Основы Ботаники.

По лекціямъ, читаннымъ въ Императорскомъ Юрьевскомъ Университетѣ.

Н. И. Кузнецова,

Профессора Императорскаго Юрьевскаго Университета и Члена-Корреспондента Императорской Академіи Наукъ.

Изданіе второе.

TARTU ÜLIKOOL
Õppurõdeelne
Õpeabimaade kogu
N. 9. N: 720.

Томъ II-й.

Съ 405 рисунками въ текстѣ.

Цѣна 3 рубля.

49042

Юрьевъ.
Типографія К. Маттисена.
1915.

4 X A
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
10680

Оглавленіе II-го тома.

Стр.

Часть четвертая. Періодъ прорастанія растеній 275
Лекція двадцатая. Сѣмя, его значеніе и строеніе. 277
Лекція двадцать первая. Условія прорастанія сѣмянъ. 296
Лекція двадцать вторая. Химическіе процессы прорастанія 311
Лекція двадцать третья. Прорастаніе сѣмянъ въ темнотѣ и въ отсутствіи питательныхъ веществъ. 324
Лекція двадцать четвертая. Дыханіе растеній. Приборы для изученія этого процесса 332
Лекція двадцать пятая. Дыханіе растеній. Энергія дыханія и зависимость дыханія отъ внѣшнихъ условій 344
Часть пятая. Періодъ возрастанія растеній 355
Лекція двадцать шестая. Общія понятія о періодѣ возрастанія растеній 357
Лекція двадцать седьмая. Наружное строеніе корня 364
Лекція двадцать восьмая. Питаніе растеній корнями 388
Лекція двадцать девятая. Водная культура. 401
Лекція тридцатая. Анатомическое строеніе корня 415
Лекція тридцать первая. Наружное строеніе стебля 430
Лекція тридцать вторая. Метаморфозы стебля. 466
Лекція тридцать третья. Анатомическое строеніе стебля 481
Лекція тридцать четвертая. Корневая сила. 500
Лекція тридцать пятая. Передача воды по стеблю 509
Лекція тридцать шестая. Наружное строеніе листа. 518
Лекція тридцать седьмая. Физіологическое значеніе листа и его анатомическое строеніе 549
Лекція тридцать восьмая. Испареніе воды листьями 567
Лекція тридцать девятая. Усвоеніе углекислоты листьями 580
Лекція сороковая. Хлорофиллъ и синтезъ крахмала листьями. . . . 589

Стр.

Лекція сорокъ первая. Усвоеніе азота растеніями 604

Лекція сорокъ вторая. Насѣкомоядныя растенія, паразиты и сапрофиты . 615

Лекція сорокъ третья. Ростъ растенія 632

Часть шестая. Періодъ плодоношенія растеній 647

Лекція сорокъ четвертая. Размноженіе низшихъ растеній. Амёбоидныя, водоросли и бактеріи 649

Лекція сорокъ пятая. Размноженіе низшихъ растеній. Грибы и лишаи 664

Лекція сорокъ шестая. Размноженіе архегоніатныхъ растеній Мхи и папоротники 679

Лекція сорокъ седьмая. Размноженіе архегоніатныхъ растеній. Плауны, хвощи и разноспоровыя папоротникообразныя 699

Лекція сорокъ восьмая. Размноженіе архегоніатныхъ растеній. Голосѣменныя растенія 712

Лекція сорокъ девятая. Размноженіе цвѣтковыхъ растеній. Цвѣты и соцвѣтія 729

Лекція пятидесятая. Размноженіе цвѣтковыхъ растеній. Плоды и соплодія 743

Часть четвертая.

Періодъ прорастанія растеній.

Лекція двадцатая.

Сѣмя, его значеніе и строеніе.

Сѣмена цвѣтковыхъ растеній имѣютъ двоякое значеніе. Они являются стадіей покоя высшихъ растеній и служатъ приспособленіемъ для распространенія растеній по земному шару. Какъ стадія покоя, сѣмена большинства растеній могутъ б. и. м. долго сохраняться въ сухомъ видѣ, не теряя своей всхожести, легко переносятъ засуху, высокія или низкія температуры и другія неблагопріятныя условія существованія, а съ наступленіемъ вновь благопріятныхъ условій сѣмена начинаютъ прорастать, и изъ нихъ постепенно вырастаетъ растеніе, похожее на то самое растеніе, которое произвело данныя сѣмена. **Всхожесть** сѣмянъ у разныхъ растеній различна. Есть растенія, какъ, напримѣръ, ива или тополь, сѣмена которыхъ очень быстро теряютъ всхожесть. Такія сѣмена не могутъ сохраняться въ сухомъ видѣ долгое время и прорастаютъ обыкновенно черезъ нѣсколько часовъ послѣ отдѣленія ихъ отъ материнскаго растенія. Максимумъ, черезъ двѣ недѣли послѣ созрѣванія сѣмена ивы и тополя совершенно теряютъ способность прорастать. Сѣмена другихъ растеній очень долгое время сохраняютъ свою всхожесть. Такъ, напримѣръ, сѣмена маслянистыхъ растеній, подсолнечника, льна, конопли и др., хорошо прорастаютъ лишь черезъ годъ послѣ созрѣванія, а затѣмъ съ каждымъ годомъ всхожесть ихъ дѣлается все слабѣе и слабѣе, и черезъ 3—4 года такія сѣмена совершенно утрачиваютъ способность прорастать. Гораздо дольше могутъ сохраняться въ сухомъ видѣ сѣмена мучнистыя, напримѣръ, гороха, бобовъ, пшеницы, овса и др. Из-

вѣстны случаи, когда сѣмена пшеницы довольно удачно прорастали послѣ 20 лѣтъ храненія въ сухомъ видѣ, а сѣмена нѣкоторыхъ растеній удавалось проращивать даже послѣ 100 лѣтъ храненія въ гербаріяхъ. Разсказывали даже, что удалось будто-бы прорасти сѣмена пшеницы, найденныя въ египетскихъ пирамидахъ и пролежавшія тамъ не менѣе 3—4 тысячъ лѣтъ. Однако, показанія эти, послѣ тщательной провѣрки, оказались невѣрными.



Рис. 246. Заросли мангрововыхъ деревьевъ по берегамъ тропическихъ морей и океановъ.

По берегамъ тропическихъ морей, въ чертѣ прилива и отлива океана, растутъ особыя древесныя породы, образующія такъ называемыя **мангрововыя заросли** по побережьямъ (см. рис. 246). Многія деревья этихъ зарослей приносятъ такъ называемые живородящіе плоды, т. е. сѣмена ихъ прорастаютъ въ плодахъ, когда послѣдніе находятся еще на материнскомъ растеніи, и выпадаютъ изъ плодовъ не въ видѣ сѣмянъ, а въ видѣ живого растущаго уже зародыша (см. рис. 247). Зародышъ этотъ, падая съ дерева, своимъ крѣпкимъ корешкомъ прямо вонзается въ илистое дно побережья и начинаетъ сейчасъ же расти дальше, такъ что у этихъ растеній нѣтъ періода покоя въ ихъ жизни.

Какъ **приспособленіе для распространенія растеній** по земному шару, сѣмена и плоды цвѣтковыхъ растеній выработали цѣлый рядъ наружныхъ морфологическихъ особенностей, облегчающихъ странствованіе растеній по землѣ

и передвиженіе ихъ иногда на очень далекое разстояніе. Многія растенія имѣютъ плоды, которые при созрѣваніи сѣмянъ выбрасываютъ или выпрыскиваютъ ихъ на значительное разстояніе, до 15 метровъ (см. рис. 248). Другія приспособили сѣмена и плоды свои къ распространенію при помощи **воды**, при помощи рѣкъ, ручьевъ, морскихъ теченій. Сѣмена и плоды нѣкоторыхъ растеній заносятся морскими теченіями на такія огромныя разстоянія, что нерѣдко попадаютъ въ чуждыя климатическія условія, гдѣ не могутъ даже прорасти. Напримѣръ, Гольфстремъ заноситъ плоды и сѣмена многихъ тропическихъ растеній въ полярныя страны, гдѣ, конечно, или сѣмена совершенно не прорастаютъ, или проростки ихъ вскорѣ гибнутъ вслѣдствіе неблаго-

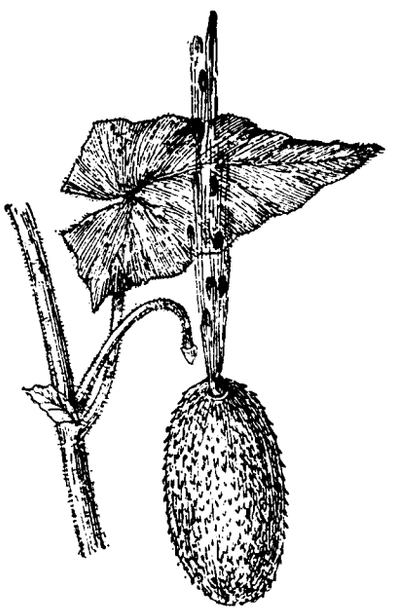


Рис. 248. Бѣшеный огурецъ (*Ecballium elaterium*), отрывающійся отъ плодоножки и подъ вліяніемъ давленія стѣнки плода выпрыскивающій сѣмена на далекое разстояніе.

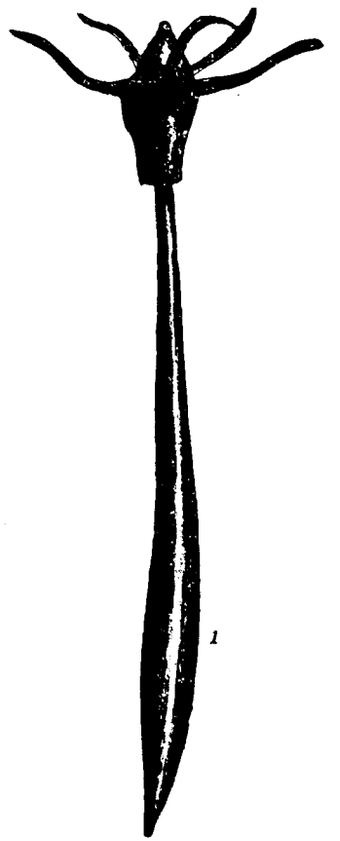


Рис. 247. Живородящій плодъ мангрововаго дерева—*Kandelia Rheedii*. Проростокъ своимъ мощнымъ зародышевымъ корнемъ пробивается изъ плода, висящаго еще на деревѣ, выпадаетъ изъ плода и вонзается въ илъ. $^3/_4$ ест. велич.

пріятныхъ климатическихъ условій арктическихъ странъ. Весьма важнымъ агентомъ въ дѣлѣ распространенія растеній по земному шару является **вѣтеръ.** У огромнаго количества растеній сѣмена и плоды снабжены различнѣйшими летательными приспособленіями, замѣчательно цѣлесообразно устроенными и переносящими сѣмена иногда на весьма далекія разстоянія отъ первоначальнаго мѣстожительства растенія.

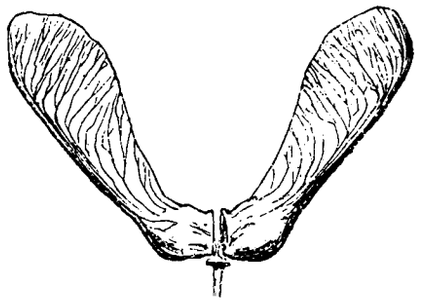


Рис. 249. Двукрылатка клена.

Описать всѣ эти остроумнѣйшія летательныя приспособленія плодовъ и сѣмянъ высшихъ растеній прямо немыслимо, такъ они разнообразны и вмѣстѣ съ тѣмъ цѣлесообразны. Плоды, напримѣръ, клена (см. рис. 249) представляютъ двукрылатку съ двумя крыловидными органами, точно у аэроплана. Маленькій плодъ березы, односѣменный тяжелый орѣшекъ, снабженъ по бокамъ своимъ двумя тонкими широкими крылышками, при помощи которыхъ плоды эти далеко заносятся вѣтромъ (см. рис. 250). У щавеля (см. рис. 251) зрѣлый плодъ обрастаетъ тремя листиками внутренняго круга околоцвѣтника, приспособленными въ видѣ трехъ крыловидныхъ отростковъ для полета плода. Особенно красивыя, изящныя и нѣжно устроенныя большія крыловидныя приспособленія имѣетъ, напримѣръ, сѣмя тропическаго растенія *Bignonia mucronata*, изображенное на рис. 252 въ естественную величину. Если у этихъ приведенныхъ здѣсь въ качествѣ примѣровъ растеній летательные органы имѣютъ видъ крыловидныхъ отростковъ, то у другихъ растеній летательные органы имѣютъ видъ волосковъ

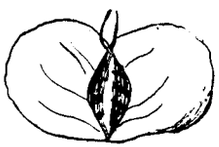


Рис. 250. Плодъ березы *Betula verrucosa*, односѣменный орѣхъ съ крылышками.



Рис. 251. Плодъ щавеля — *Rumex scutatus*, покрытый листиками внутренняго круга околоцвѣтника, приспособленными въ видѣ крыловидныхъ отростковъ для полета плода.

и волосовидныхъ парашютовъ. Для примѣра можно указать на плодъ латука изъ семейства сложноцвѣтныхъ (*Compositae*) съ летучкою (см. рис. 253) или на сѣмя ивы съ

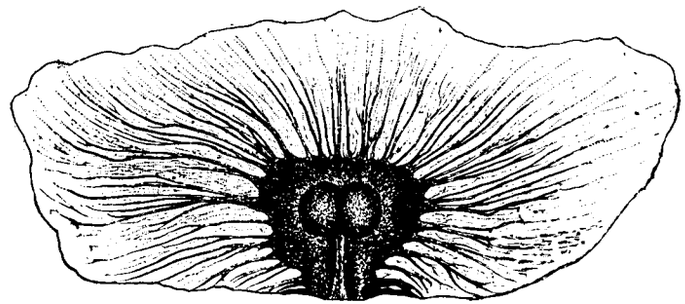


Рис. 252. Крылатое сѣмя *Bignonia mucronata*, въ натуральную величину.

пучкомъ волосковъ, отходящихъ отъ халазы сѣмени (см. рис. 254). При помощи такихъ летучекъ и волосяныхъ хохолковъ сѣмена и плоды многихъ растеній часами носятся въ воздухѣ по вѣтру, пока не попадутъ куда-либо въ почву и не начнутъ тамъ прорастать. Въ степяхъ и пустыняхъ подъ осень господствуютъ обыкновенно сильные вѣтры, иногда прямо бури. Вѣтромъ и бурями многія степныя растенія вырываются съ корнемъ изъ земли, скатываются въ б. и. м. крупные шары и въ видѣ такъ называемыхъ перекати-поле далеко разносятся по степи, разсѣивая вмѣстѣ съ тѣмъ свои сѣмена. Нѣкоторыя изъ такихъ растеній замѣчательно приспособлены къ жизни въ пустынѣ. Такъ, напримѣръ, въ пустыняхъ Африки и въ Аравіи растетъ одно растеніе изъ семейства крестоцвѣтныхъ (*Cruciferae*), извѣстное подъ именемъ іерихонской розы (*Anastatica hierochuntica*); съ настоящими розами,

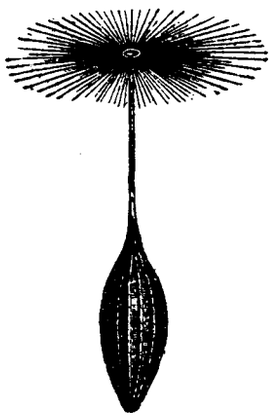


Рис. 253. Плодъ латука, съ летучкою.

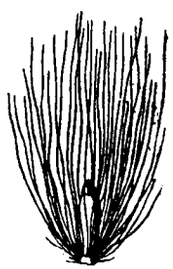


Рис. 254. Сѣмя ивы — *Salix pentandra*, съ пучкомъ волосковъ, отходящихъ отъ халазы.

однако, растеніе это ничего общаго не имѣетъ. Оно растетъ въ такихъ пустыняхъ, гдѣ дождь не выпадаетъ иногда въ теченіе цѣлаго ряда мѣсяцевъ. При этомъ поселяется маленькое растеньице это, изображенное на нашихъ рисункахъ въ натуральную величину (см. рис. 255 и 256), лишь въ болѣе пониженныхъ частяхъ пустынь, гдѣ въ рѣдкое дождливое время хоть немного собирается влаги. Растеніе это принадлежитъ къ числу однолѣтнихъ или, точнѣе говоря, такъ называемыхъ эфемерныхъ растеній. Оно имѣетъ сравнительно довольно глубокій корень, но при томъ мало развѣтвленный, а стебель его сильно вѣтвится съ самого основанія. На многочисленныхъ вѣточкахъ развиваются скоро опадающіе и на нашихъ рисункахъ не видные уже листья и въ большомъ количествѣ цвѣты. Цвѣты эти очень скоро отцвѣтаютъ, и на мѣстѣ ихъ развиваются маленькіе короткіе стручечки, разверзающіеся двумя створками, среди которыхъ имѣется много мелкихъ сѣмянъ. Все развитіе растенія происходитъ весьма быстро, въ теченіе нѣсколькихъ недѣль, и ко времени созрѣванія сѣмянъ іерихонская роза совершенно высыхаетъ и съеживается шарикомъ подъ дѣйствіемъ палящихъ лучей пустыни. Въ этомъ съеженномъ видѣ іерихонская роза представляетъ округлый растительный комочекъ (см. рис. 255), и стручки его створками своими плотно сомкнуты, такъ что сѣмена высыпаться не могутъ. Въ такомъ видѣ растеніе это легко вырывается вѣтромъ изъ сухой потрескавшейся почвы пустыни и переносится цѣликомъ вѣтромъ на далекія разстоянія, пока, наконецъ, вѣтеръ не



Рис. 255. Іерихонская роза (*Anastatica hierochuntica*) во время засухи.

загонитъ его въ какое-нибудь пониженіе или углубленіе. Если къ этому времени въ пониженіи этомъ скопится вода или даже просто сырость, то растеніе подъ вліяніемъ влаги начинаетъ распускаться. Скрученныя вѣтви его расправляются (см. рис. 256), конечно, чисто механически, подъ вліяніемъ всачиванія воды гигроскопическими тканями растенія, которое само по себѣ уже мёртво и живыхъ тканей не имѣетъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ тѣми же гигроскопическими движеніями раскрываются плотно дотолѣ сомкнутыя створки его стручечковъ, и теперь сѣмена его высыпаются наружу или вымываются струйками дождевой воды и попадаютъ какъ разъ въ благопріятныя условія какъ для своего прорастанія, такъ и для дальнѣйшаго развитія. Приспособленіе это весьма цѣлесообразно хотя бы потому, что если бы сѣмена этого растенія высыпались въ то время, когда вѣтеръ носитъ его по пустынѣ, то большинство его сѣмянъ разсѣялось бы по твердой сухой почвѣ пустыни и не нашло бы условій, благопріятныхъ для дальнѣйшаго развитія растенія. Раскрываніе самого растенія подъ вліяніемъ влаги происходитъ весьма быстро. Стоитъ на полчаса или часъ положить съежившуюся іери-



Рис. 256. Іерихонская роза (*Anastatica hierochuntica*) въ дождливое время.

хонскую розу въ стаканъ съ водой, и она за это время совершенно развернется. Но, вынутая изъ воды, она снова скручивается и съеживается, не теряя, однако, способности вновь распуститься при каждомъ новомъ смачиваніи.

Сѣмена и плоды многихъ растеній не менѣе успѣшно распространяются при помощи странствующихъ **животныхъ** и перелетныхъ **птицъ.** Многіе плоды снабжены различнаго рода зацѣпками, крючечками, иглами и другими приспособленіями, при помощи которыхъ они зацѣпляются за шерсть животныхъ и разносятся послѣдними на далекія разстоянія. Сочные вкусные плоды многихъ растеній обращаютъ на себя вниманіе своей яркой окраской или привлекаютъ къ себѣ своимъ ароматомъ и вкусомъ. Они поѣдаются птицами и животными, а сѣмена ихъ имѣютъ толстую кожуру, не перевариваемую желудочнымъ сокомъ животныхъ. Вмѣстѣ съ экскрементами млекопитающихъ и птицъ выбрасываются сѣмена эти иногда на очень далекомъ разстояніи отъ материнскаго растенія и такимъ образомъ способствуютъ распространенію растеній этихъ по земному шару. Многія водяныя растенія имѣютъ очень мелкія и гладкія сѣмена, которыя плотно пристаютъ къ илистой почвѣ водоемовъ. Иломъ этимъ легко обмазываются лапки, клювъ, даже перья водяныхъ птицъ, и въ такомъ видѣ илъ съ сѣменами разносится на далекія разстоянія и попадаетъ въ другіе сосѣдніе водоемы. Дарвинъ наскоблилъ съ лапокъ и клововъ водяныхъ птицъ $6^1/_2$ унцій сухого ила и затѣмъ смочилъ его водой. Послѣ этого въ илу оказалось 82 проросшихъ сѣмени различныхъ водяныхъ растеній.

Наконецъ, и самъ **человѣкъ** много способствуетъ распространенію различныхъ растеній по земному шару. Не только сознательно распространяетъ человѣкъ сѣмена и плоды различныхъ растеній по землѣ, культивируя многія растенія въ новыхъ климатическихъ условіяхъ, въ чуждой для даннаго растенія странѣ. Еще больше, пожалуй, безсознательно способствуетъ человѣкъ географическому распространенію растеній по землѣ, иногда перенося растенія въ видѣ сѣмянъ и плодовъ на большія пространства, изъ одного материка въ другой. Сорныя растенія распространяются по землѣ исключительно благодаря разнообразной дѣятельности человѣка. Разводя какія-либо культурныя растенія,

человѣкъ безсознательно, но неизбѣжно заноситъ въ разныя страны вмѣстѣ съ сѣменами культурныхъ растеній и различнѣйшіе сѣмена и плоды сорныхъ растеній. Вмѣстѣ съ товарами своими завозитъ человѣкъ, совершенно не думая объ этомъ, сѣмена разныхъ дикихъ растеній въ чуждыя имъ страны, гдѣ нерѣдко растенія эти находятъ второе отечество и иногда растутъ даже лучше и обильнѣе размножаются, чѣмъ у себя на родинѣ.

Вообще, сѣмена и плоды, цѣлымъ рядомъ иногда весьма сложныхъ приспособленій, обезпечиваютъ растеніямъ широкую возможность распространенія по земному шару, и, не обладая активными локомоторными органами, растенія, не хуже животныхъ, странствуютъ по землѣ и распространяются по ея поверхности. Предѣлы распространенію какого-либо растенія по земному шару кладутъ обыкновенно лишь климатическія и другія физико-географическія условія существованія даннаго растительнаго вида, а равно и борьба за существованіе, которую каждый растительный видъ ведетъ противъ другихъ видовъ растеній, предъявляющихъ къ окружающей природѣ б. и. м. одни и тѣ же требованія и запросы.

Если такимъ образомъ внѣшнее устройство сѣмянъ и плодовъ весьма разнообразно, примѣнительно къ разнообразнѣйшимъ способамъ проявленія важнѣйшей роли сѣмянъ и плодовъ—быть органами распространенія растеній по земной поверхности, то внутреннее морфологическое строеніе сѣмянъ можно свести къ очень немногимъ типамъ, съ которыми легко познакомиться на нѣсколькихъ всего примѣрахъ.

Для начала посмотримъ, какъ построены сѣмена турецкихъ бобовъ. **Сѣмя боба** имѣетъ вытянутую, выпукловогнутую, округлую, сплюснутую съ боковъ форму и одѣто довольно толстой **кожурой** бѣлаго или пестраго черно-фіолетоваго цвѣта. На вогнутой сторонѣ боба находится небольшое, какъ бы зарубцованное мѣсто, называемое **рубчикомъ** (см. рис. 257, *I*, *a*). Это то мѣсто, которымъ сѣмя боба прикрѣплялось при помощи сѣмяножки къ внутренней стѣнкѣ плода. Черезъ рубчикъ этотъ проходили въ сѣмяпочку тонкіе сосудисто-волокнистые пучки, снабжавшіе сѣмяпочку во время ея развитія питательными веществами, притекавшими къ ней изъ материнскаго растенія. Надъ рубчикомъ сѣмени имѣется

маленькое отверстіе *(б)*, называемое **сѣмявходомъ** или **микропиле**. Черезъ сѣмявходъ этотъ въ свое время произошло оплодотвореніе сѣмяпочки. Въ зрѣломъ же сѣмени черезъ сѣмявходъ, какъ единственное отверстіе въ плотной кожурѣ его, проникаетъ внутрь сѣмени вода и воздухъ. Если сухое сѣмя боба положить въ стаканъ съ водою, то у сѣмявхода вскорѣ появляется пузырекъ воздуха, выдѣленный внутреннимъ содержимымъ сѣмени. Черезъ это же отверстіе проникаетъ постепенно въ сѣмя вода, и сѣмя начинаетъ разбухать, причемъ съ такого разбухшаго сѣмени легко снимается его толстая кожура. Если снять съ сѣмени эту кожуру, то мы увидимъ, что все содержимое сѣмени боба занято зародышемъ, легко распадающимся вдоль на двѣ половинки (см. рис. 257, *II*). Половинки эти называются **сѣмядолями**, и онѣ сложены плоскими своими сторонами. Между обѣими сѣмядолями боба виднѣется снаружи какъ бы маленькій хвостикъ (см. рис. 257, *II*, *к*), верхушкою своею обращенный какъ разъ къ отверстію сѣмявхода. Это зачаточный **корешокъ зародыша.** При прорастаніи сѣмени онъ первый вершиною своею черезъ микропиле прободаетъ оболочку сѣмени и выходитъ наружу. Продолженіе корешка кверху составляетъ такъ называемая **шейка** зародыша. Къ шейкѣ съ двухъ сторонъ прикрѣплены массивныя сѣмядоли, и шейка эта представляетъ зачаточный стебель будущаго растенія (см. фиг. *III*, *с*). Между сѣмядолями, какъ бы ущемленные и спрессованные, лежатъ два первыхъ зачаточныхъ листочка зародыша (фиг. *III*, *л*), называемые

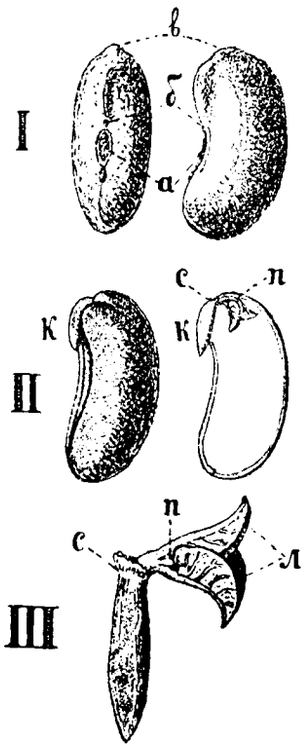


Рис. 257. Сѣмя фасоли: *I* — внѣшній видъ сѣмени, одѣтаго кожурою; *II* — сѣмя безъ кожуры; *III* — зародышъ безъ сѣмядолей: *а* — рубчикъ, *б* — микропиле, *в* — верхушка сѣмени, *к* — корешокъ зародыша, *с* — шейка или мѣсто прикрѣпленія сѣмядолей, *п* — почечка, *л* — первая пара зеленыхъ листочковъ.

пёрышкомъ, а между ними замѣтна маленькая верхушечная **почечка** (фиг. *II*, *III*, *п*).

Если посѣять сѣмя фасоли, оно начнетъ прорастать. При этомъ прежде всего, какъ уже сказано, черезъ кожуру сѣмени прободается наружу верхушка корешка зародыша, и мало-по-малу корешокъ этотъ, вытягиваясь, даетъ начало главному корню молодого растеньица (см. рис. 258). Вслѣдъ затѣмъ, разрастаясь, выходитъ изъ земли шейка зародыша. Она при этомъ сначала дугообразно изгибается *Ст*) и выноситъ изъ земли обѣ сѣмядоли съ защемленнымъ между ними пёрышкомъ зародыша которое тѣмъ временемъ успѣло уже нѣсколько вырасти и развиться дальше. Шейка зародыша вытягивается, слѣдовательно, въ главный стебель молодого растеньица и образуетъ первое его колѣно или первое междоузліе, называемое **подсѣмядольнымъ колѣномъ** (*ПК*). Когда первоначально дугообразно изогнутое подсѣмядольное колѣно окончательно выпрямится, то сѣмядоли оказываются надъ землею, освобожденныя отъ своей кожуры. Онѣ расправляются вправо и влѣво и начинаютъ слегка зеленѣть. Будучи въ сѣмени крайне твердыми и состоя изъ клѣтокъ, туго набитыхъ крахмаломъ, сѣмядоли фасоли, вынесенныя подсѣмядольнымъ колѣномъ наружу, мало-по-малу дѣлаются болѣе дряблыми. Сѣмядоли — это первая пара низовыхъ

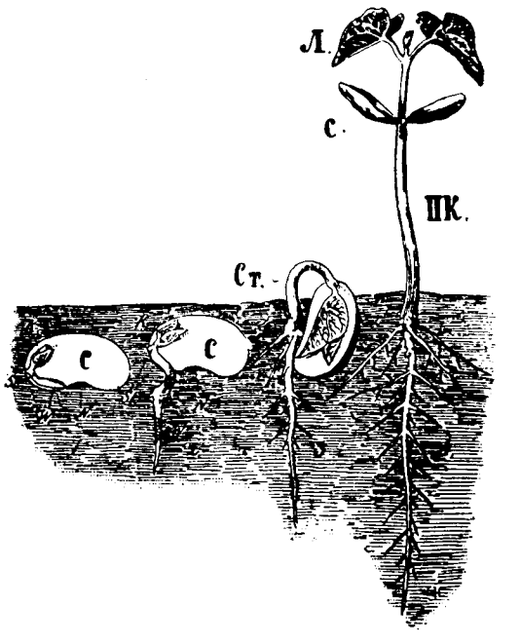


Рис. 258. Прорастаніе сѣмени фасоли: *С* — сѣмядоли, *Ст* — изогнувшійся дугой стебелекъ, *ПК* — подсѣмядольное колѣно, *Л* — первая пара зеленыхъ листьевъ проростка. У прорастающихъ сѣмянъ одна сѣмядоля удалена, чтобы лучше видѣть различныя стадіи прорастанія.

метаморфозированныхъ листьевъ растенія, обильно наполненныхъ питательными веществами, въ данномъ случаѣ, главнымъ образомъ, крахмаломъ, служащимъ пищею молодому ростку сѣмени. Пёрышко зародыша тѣмъ временемъ разрастается дальше, и оба зачаточные листочка его, расправляясь, зеленѣютъ и вырастаютъ во вторую пару листьевъ растенія, стебель же между сѣмядолями и второй парой листьевъ вытягивается, образуя первое настоящее **междоузліе.** Вторая пара листочковъ боба, вырастая изъ пёрышка зародыша, уже больше похожа на настоящіе листья этого растенія, хотя построены листья эти проще, чѣмъ послѣдующіе, которые вырастутъ современемъ изъ верхушечной почки зародыша.

Если сравнить готовое сѣмя боба съ его неоплодотворенной еще сѣмяпочкой, то мы увидимъ, что кожура сѣмени произошла изъ покрововъ сѣмяпочки, а все содержимое сѣмени съ двумя крупными сѣмядолями и другими частями зародыша произошло изъ той единственной яйцеклѣтки яйцевого аппарата зародышеваго мѣшка сѣмяпочки, которая послѣ оплодотворенія развивается въ зародышъ будущаго растенія. Отъ эндосперма, образующагося въ зародышевомъ мѣшкѣ послѣ оплодотворенія, и отъ перисперма, развивающагося изъ ядра или основы сѣмяпочки, въ сѣмени боба не осталось и слѣда. Въ готовомъ сѣмени боба тканей этихъ совершенно нѣтъ, ибо онѣ всецѣло поглотились зародышемъ сѣмени, заполнившимъ собою всю полость сѣмени. Такія сѣмена, состоящія лишь изъ кожуры и зародыша, называются **безбѣлковыми** или **безъэндоспермовыми** сѣменами. Питательныя вещества отлагаются у такихъ сѣмянъ въ сѣмядоляхъ, а потому то сѣмядоли эти здѣсь такія крупныя, массивныя и туго набиты питательными веществами, главнымъ образомъ, крахмаломъ.

Разсматривая готовый зародышъ боба, мы видимъ, что онъ состоитъ изъ всѣхъ трехъ основныхъ морфологическихъ органовъ, изъ которыхъ построено тѣло всякаго высшаго растенія, т. е. изъ корня, стебля и листа. Корень представленъ здѣсь корешкомъ зародыша, стебель его шейкой и нижней частью почечки, а листья — двумя сѣмядолями и двумя зачаточными листочками пёрышка.

Разсмотримъ теперь **сѣмя гороха** (см. рис. 259). Сѣмя гороха шаровидной формы и такъ же, какъ и сѣмя боба,

одѣто кожурою, плотно пристающею къ нему въ сухомъ видѣ, но легко снимаемою съ сѣмени послѣ вымачиванія его въ водѣ и разбуханія. На кожурѣ сѣмени мы видимъ у гороха тѣ же части, что и у боба, т. е. рубчикъ (*р*) и микропиле (*о*). Близъ микропиле черезъ кожуру сѣмени хорошо просвѣчиваетъ корешокъ зародыша (*К*). Если снять кожуру сѣмени, то и у гороха все содержимое сѣмени распадется на двѣ полушаровидныхъ части, называемыя сѣмядолями (*С*). Между обѣими сѣмядолями мы видимъ тѣ же части зародыша — корешокъ (*К*), шейку, при помощи которой соединены между собою обѣ половинки сѣмени, обѣ его сѣмядоли, и почечку или пёрышко (*п*). Если посѣять сѣмя гороха, оно прорастетъ, причемъ корешокъ развьется въ главный корень растенія (*К*), а пёрышко, выйдя изъ земли дугообразнымъ изгибомъ, дастъ начало главному стеблю и первымъ еще слабо развитымъ низовымъ листочкамъ гороха (*п*). Проростокъ гороха отличается отъ проростка фасоли лишь тѣмъ, что сѣмядоли его не выносятся изъ земли, и что, слѣдовательно, у гороха нѣтъ подсѣмядольнаго колѣна. Но, оставаясь въ своей кожурѣ и подъ землею, сѣмядоли гороха также первоначально бываютъ туго набиты крахмаломъ, который постепенно поглощается прорастающимъ растеньицемъ и идетъ на его питаніе и ростъ. Сѣмена гороха, слѣдовательно, безбѣлковыя или безъэндоспермовыя, какъ и сѣмена бобовъ; они состоятъ лишь изъ кожуры и зародыша съ двумя крупными сѣмядолями, обильно наполненными питательными веществами.

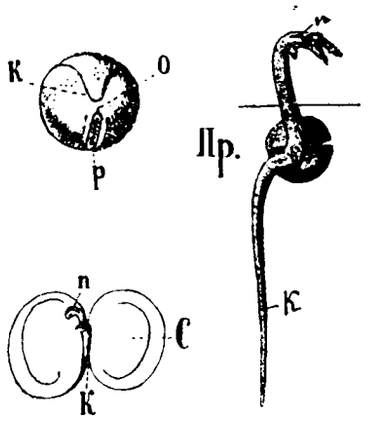


Рис. 259. Сѣмя гороха и его прорастаніе: *К* — корешокъ, *о* — микропиле, *р* — рубчикъ, *С* — сѣмядоля. *п* — почечка, *Пр* — проростокъ.

Сѣмя или, точнѣе говоря, **зерно пшеницы** построено иначе. На рис. 260, на фиг. 1, представленъ продольный разрѣзъ черезъ зерно пшеницы. Большая часть зерна этого занята особой питательной тканью — **эндоспермомъ** или **бѣлкомъ сѣмени.** Клѣтки этой бѣлковой ткани туго набиты

у пшеницы крахмаломъ. Эндоспермъ занимаетъ почти весь продольный разрѣзъ зерна пшеницы, а зародышъ ея маленькій, находится внизу зерна, косо сбоку. Этотъ зародышъ на фиг. *3* представленъ при бо̀льшемъ увеличеніи, и мы видимъ, что онъ состоитъ изъ слѣдующихъ частей: корешка (*k*), почечки или пёрышка (*n*) и шейки, связывающей корешокъ и почечку зародыша. Къ шейкѣ зародыша прилегаетъ плоскій удлиненный органъ, расположенный какъ разъ на границѣ между зародышемъ и паренхимной тканью эндосперма. Этотъ плоскій органъ называется **щиткомъ** (*щ*) и представляетъ единственную сѣмядолю зародыша пшеницы. Но въ этой сѣмядолѣ нѣтъ въ тканяхъ ея питательныхъ веществъ, какъ въ сѣмядоляхъ боба и гороха, а потому при прорастаніи зерна пшеницы сѣмядоля его играетъ другую роль, чѣмъ у боба и гороха. При прорастаніи пшеницы (фиг. *2*) корешокъ зародыша вытягивается въ корень растенія (*k*), а пёрышко (*n*), разрастаясь, даетъ первые листья и начало стебля пшеницы, сѣмядоля же или щитокъ зародыша служитъ особымъ органомъ, высасывающимъ запасныя питательныя вещества изъ эндосперма зерна пшеницы и направляющимъ вещества эти къ разрастающимся частямъ молодого растенія, къ его корню, стеблю и листьямъ.

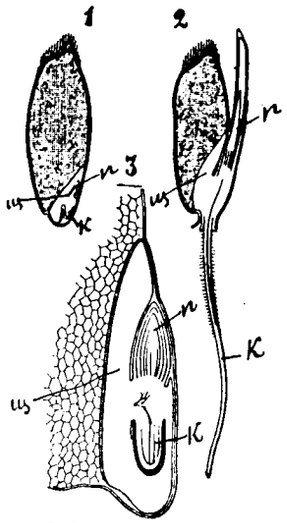


Рис. 260. Зерно пшеницы: *1* — въ продольномъ разрѣзѣ до прорастанія, *2* — то же въ продольномъ разрѣзѣ, во время прорастанія, *3* — зародышъ пшеницы и часть эндосперма при значительно бо̀льшемъ увеличеніи; *n* — почечка, *щ* — щитокъ или сѣмядоля, *к* — корешекъ зародыша.

Такъ же, какъ зерно пшеницы, построено и **зерно кукурузы** (см. рис. 261) и другихъ злаковъ (*Gramineae*). Продо̀льный разрѣзъ зерна кукурузы показываетъ намъ, что бо̀льшая часть внутренняго его содержимаго занята паренхимной тканью, туго набитой питательными веществами, главнымъ образомъ, крахмаломъ. Это эндоспермъ или бѣлковая ткань (*eg*, *ew*) зерна кукурузы. Сравнительно болѣе крупный зародышъ кукурузы занимаетъ правую треть разрѣза. Зародышъ этотъ такъ же, какъ и у пшеницы, состоитъ

изъ корешка (*w*), шейки или зачаточнаго стебля (*st*) и почечки или пёрышка (*k*). Налѣво къ шейкѣ зародыша прикрѣпляется плоское широкое тѣло — щитокъ или сѣмядоля кукурузы (*sc*, *ss*), при помощи которой зародышъ кукурузы приходитъ въ соприкосновеніе съ эндоспермомъ зерна. На границѣ между эндоспермомъ и щиткомъ находится слой вытянутыхъ перпендикулярно къ поверхности щитка паренхимныхъ клѣтокъ (*e*). Этими то клѣтками и высасываетъ щитокъ питательныя вещества изъ эндосперма и по сосудисто-волокнистымъ пучкамъ передаетъ ихъ въ разрастающіяся части зародыша. На рис. 261 видно, что часть эндосперма уже поглощена начинающимъ разрастаться зародышемъ. Часть эта обозначена на рис. 261 буквами *ew*, и она отличается болѣе рыхлыми клѣтками, чѣмъ остальная часть эндосперма (*eg*), клѣтки котораго еще туго набиты крахмаломъ.

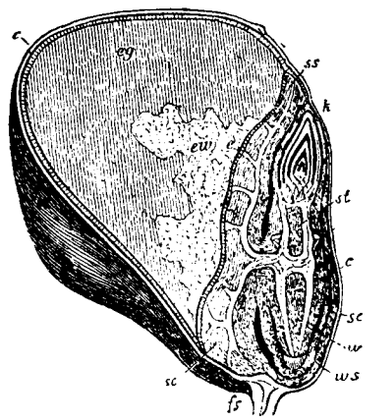


Рис. 261. Продольный разрѣзъ черезъ зерно кукурузы (*Zea Mays*): *c* — оболочка зерна, *eg* — плотная желтоватая часть эндосперма, *ew* — бѣлая рыхлая часть эндосперма, *sc* — щитокъ или сѣмядоля, *ss* — вершина щитка, *e* — поверхностный слой щитка (высасывающія клѣтки), *k* — почечка, *w* — корешокъ, *ws* — корневой чехликъ, *st* — шейка или стебелекъ, *fs* — плодоножка.

Сѣмя кедра, или другихъ сосенъ съ крупными сѣменами, одѣто очень толстой и крѣпкой деревянистой оболочкой. Если разломать эту оболочку, то мы увидимъ вторую оболочку сѣмени, бурую, тонкую, одѣвающую содержимое сѣмени. Снимемъ и эту оболочку; она очень легко сдирается съ сѣмени. Тогда передъ нами будетъ эллипсоидальное содержимое сѣмени, наощупь маслянистое, мягкое, но цѣльное и не распадающееся на двѣ половинки, какъ у бобовъ и гороха. Сдѣлаемъ продольный разрѣзъ черезъ сѣмя кедра (черезъ кедровый орѣшекъ). Содержимое сѣмени рѣжется легко вдоль, точно оно состоитъ изъ мягкаго воска или плотнаго масла. На продольномъ разрѣзѣ такого сѣмени (см. рис. 262, фиг. *I*) мы увидимъ въ серединѣ его маленькій зародышъ, со всѣхъ сторонъ окруженный вышеупомянутой восковидной мягкой массой. Зародышъ сѣмени лежитъ среди

массы этой вполнѣ свободно и легко оттуда вынимается цѣликомъ. Эта мягкая масса представляетъ бѣлковую ткань или эндоспермъ сѣмени. Клѣтки ткани этой у кедроваго орѣшка и у другихъ сосенъ обильно наполнены масломъ. Значитъ, у кедра сѣмена маслянистыя, въ противоположность бобамъ, гороху, пшеницы и кукурузы, сѣмена которыхъ мучнистыя, ибо запасное питательное вещество этихъ сѣмянъ состоитъ главнымъ образомъ изъ крахмала. Зародышъ кедра такъ же, какъ и зародышъ ранѣе разсмотрѣнныхъ растеній, состоитъ изъ корешка (*w*), шейки и нѣсколькихъ узкихъ длинныхъ первичныхъ листочковъ или сѣмядолей (*c*). При прорастаніи сѣмянъ кедра и другихъ сосенъ, корешокъ зародыша выростаетъ въ главный корень растенія (см. на рис. 262, фиг. *III*), нижняя часть шейки вытягивается въ подсѣмядольное колѣно (*hc*), выносящее подъ конецъ надъ поверхностью земли и всѣ многочисленныя узкія длинныя сѣмядоли растенія (*c*) и деревянистую кожуру сѣмени (*s*) съ остаткомъ уже опорожненнаго эндосперма, одѣтаго внутренней тонкой кожурой сѣмени (*r*).

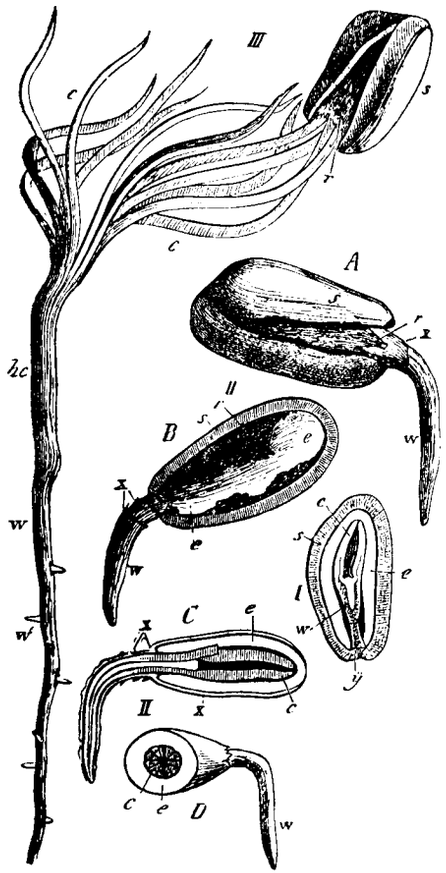


Рис. 262. Прорастаніе орѣшковъ *Pinus Pinea*: *I* — продольный разрѣзъ сѣмени; *II* — начало его прорастанія; *III* — конецъ прорастанія; сѣмядоли начинаютъ оставлять оболочки сѣмени; *s* — наружная деревянистая кожура сѣмени, *r* — внутренняя его кожура, *e* — эндоспермъ, *c* — сѣмядоли, *w* — корешокъ зародыша, *hc* — подсѣмядольное колѣно.

Итакъ, изъ этихъ примѣровъ мы видимъ, что сѣмена

растеній построены довольно однообразно. Они покрыты снаружи кожурою, представляющей дальнѣйшее развитіе оболочекъ или покрововъ сѣмяпочки, и внутри содержатъ главнымъ образомъ зародышъ будущаго растенія, у котораго уже заложены всѣ три важнѣйшіе морфологическіе органы растенія, хотя бы и въ зачаточномъ видѣ. Зародышъ растеній всегда состоитъ изъ корешка, шейки (будущаго стебля) и первыхъ листьевъ будущаго растенія. Самые первые листья зародыша называются сѣмядолями. Онѣ занимаютъ первый снизу узелъ будущаго главнаго стебля растенія, и на такомъ первомъ узлѣ можетъ сидѣть или одна всего сѣмядоля, какъ у пшеницы, кукурузы и у другихъ такъ называемыхъ однодольныхъ растеній, или двѣ сѣмядоли, какъ у боба, гороха и большинства двудольныхъ растеній, или нѣсколько сѣмядолей, какъ у кедра и другихъ сосенъ, елей и большинства хвойныхъ растеній. По количеству сѣмядолей отличаютъ сѣмена однодольныя, двудольныя и многосѣмядольныя. Кромѣ сѣмядолей, въ зародышѣ сѣмени обыкновенно намѣчены и слѣдующіе листочки растенія, и зачатокъ верхушки стебля въ видѣ почечки или пёрышка. Сѣмядоли, являясь первыми низовыми листьями растенія, представляютъ вмѣстѣ съ тѣмъ обыкновенно боковые листовые органы, сильно метаморфозированные и приспособленные для питанія молодого растенія. У многихъ растеній готовыя сѣмена заключаютъ въ кожурѣ своей лишь такой зародышъ и больше ничего. Всѣ остальныя ткани сѣмяпочки въ нихъ давно уже поглощены развившимся зародышемъ. У такихъ сѣмянъ обыкновенно сѣмядоли сильно развиты, занимаютъ почти всю полость сѣмени, и клѣтки сѣмядолей туго набиты питательными веществами (крахмаломъ, масломъ, алейроновыми зернами). Такія сѣмена называются **безбѣлковыми** (напримѣръ, сѣмена гороха, бобовъ, подсолнечника и многихъ другихъ растеній). Но немало есть и такихъ растеній, у которыхъ зародышъ маленькій, сѣмядоли зародыша слабо развиты, и зародышъ помѣщается сбоку, внутри или вокругъ особой паренхимной ткани, клѣтки которой плотно набиты тогда питательными веществами, напримѣръ, крахмаломъ или масломъ. Такія сѣмена называются **бѣлковыми**, а питательная ткань эта называется **бѣлковой тканью**. Бѣлковая ткань по своему происхожденію, какъ мы

уже знаемъ, можетъ быть либо перисмермомъ, если она произошла изъ ядра сѣмяпочки, или эндоспермомъ, если она произошла изъ зародышеваго мѣшка. У нѣкоторыхъ растеній бѣлковая ткань можетъ состоять частью изъ эндосперма, частью изъ перисмерма, напримѣръ, у чернаго перца (см. рис. 263), у желтой кувшинки (*Nuphar*) (см. рис. 264) и у др. растеній.

Итакъ, сѣмена, представляя стадію покоя высшихъ растеній, приспособлены къ перенесенію неблагопріятныхъ условій существованія и къ распространенію растеній по земному шару. Въ сѣменахъ, въ зародышевомъ состояніи имѣется уже будущее растеньице со всѣми основными органами, съ зачаточнымъ корнемъ, стеблемъ и листьями. Имѣется въ сѣменахъ растеній и запасъ питательныхъ веществъ, отложенный въ сѣмени еще материнскимъ растеніемъ. Этотъ запасъ готовыхъ питательныхъ веществъ, необходимый молодому зародышу сѣмени при первыхъ шагахъ его жизни, отлагается въ сѣменахъ либо въ бѣлковой ткани, либо въ сѣмядоляхъ и состоитъ изъ важнѣйшихъ органическихъ соединеній, которыя нужны для питанія каждаго растенія и каждаго животнаго, а именно, изъ углеводовъ (крахмала или клѣтчатки), изъ жировъ и изъ бѣлковыхъ азотистыхъ соединеній, встрѣчающихся въ сѣменахъ обыкновенно въ видѣ алейроновыхъ зеренъ. Хотя въ сѣменахъ имѣются въ видѣ запаса всѣ три разряда органическихъ соединеній, т. е. и углеводы, и жиры, и азотистыя бѣлковыя соединенія, но въ разныхъ сѣменахъ преобладаетъ обыкновенно какое-нибудь одно запасное органическое соединеніе. Если въ сѣменахъ (въ бѣлковой ткани ихъ или въ сѣмядоляхъ) преобладаетъ крахмалъ, мы называемъ такія **сѣмена мучнистыми** (напримѣръ, горохъ, бобы, пшеница, кукуруза); если питательныя вещества отложены въ бѣлковой ткани сѣ-

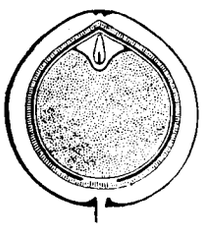


Рис. 263. Продольный разрѣзъ черезъ плодъ перца (*Piper nigrum*). Перисперм обозначенъ пунктиромъ, эндоспермъ оставленъ бѣлымъ, и въ немъ лежитъ небольшой зародышъ съ двумя сѣмядолями.

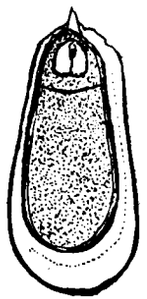


Рис. 264. Продольный разрѣзъ сѣмени *Nuphar* съ перисперомъ, эндоспермомъ и зародышемъ.

мени главнымъ образомъ въ видѣ клѣтчатки, то такія сѣмена называются **роговыми** (сѣмена многихъ пальмъ, кофе и др.). Если же въ бѣлковой ткани сѣмянъ или въ ихъ сѣмядоляхъ питательное вещество главнымъ образомъ отложено въ видѣ масла, то такія сѣмена мы называемъ **маслянистыми** (напримѣръ, кедръ, ленъ, конопля, касторка и др.). Но это не значитъ, что въ маслянистыхъ сѣменахъ запасное питательное вещество отложено исключительно въ видѣ масла, а въ сѣменахъ мучнистыхъ исключительно въ видѣ крахмала. Въ мучнистыхъ сѣменахъ всегда имѣется, кромѣ крахмала, небольшое количество масла, а въ маслянистыхъ сѣменахъ небольшое количество углеводовъ, напримѣръ, крахмала. А кромѣ того, во всѣхъ сѣменахъ, и въ мучнистыхъ, и въ маслянистыхъ, и въ роговыхъ, имѣется всегда, хотя и въ небольшомъ количествѣ, про запасъ, азотистое бѣлковое вещество, обыкновенно отлагаемое въ клѣткахъ сѣмядолей или бѣлковой ткани, въ видѣ алейроновыхъ зеренъ (см. рис. 278, 279 на стр. 315 и 316).

Такимъ образомъ сѣмена представляютъ, въ сущности, отдѣлившіеся отъ материнскаго тѣла растенія маленькіе зародыши со всѣми основными частями будущаго растенія и съ запасомъ важнѣйшихъ питательныхъ веществъ для перваго времени существованія будущаго растеньица, пока оно не окрѣпнетъ и не будетъ въ состояніи само добывать себѣ пищу изъ окружающей его природы.

Лекція двадцать первая.

Условія прорастанія сѣмянъ.

На прошлой лекціи мы видѣли, что въ сѣменахъ растеній, хотя и въ зародышевомъ состояніи, но заложены всѣ основныя части будущаго растенія, а именно, корешекъ, стебелекъ и первые его листья; въ сѣменахъ же растеній имѣется въ готовомъ видѣ запасъ питательныхъ веществъ, въ эндоспермѣ сѣмени или въ сѣмядоляхъ зародыша, и этотъ запасъ питательныхъ веществъ, нужный молодому зародышу на первыхъ порахъ его жизни и заботливо отложенный въ сѣмени материнскимъ растеніемъ, состоитъ изъ всѣхъ трехъ основныхъ органическихъ соединеній, изъ которыхъ строится тѣло любого растенія или животнаго, а именно, изъ углеводовъ, жировъ и азотистыхъ бѣлковыхъ соединеній. Мы видѣли также, что въ такомъ видѣ сѣмена многихъ растеній могутъ пролежать, не обнаруживая жизни, иногда весьма долгое время, цѣлые годы и даже десятки лѣтъ. Никакихъ жизненныхъ процессовъ, повидимому, сѣмена въ это время не проявляютъ, но, по мѣрѣ лежанія ихъ въ сухомъ видѣ, постепенно уменьшается всхожесть сѣмянъ, т. е. способность ихъ прорастать при опредѣленныхъ благопріятныхъ условіяхъ. Условій, переводящихъ сѣмена изъ состоянія скрытой жизни въ жизнедѣятельное состояніе, не много. Такими условіями прорастанія сѣмянъ, кромѣ ихъ **всхожести** (внутренняго условія), будутъ лишь слѣдующія внѣшнія условія — **кислородъ** воздуха, опредѣленная **температура** и **влага.** Если сѣмена смочить, положивъ ихъ въ воду или въ сырую почву, то, при наличности въ окружающей средѣ обычнаго количества

кислорода воздуха и при нормальной температурѣ, этого совершенно достаточно, чтобы сѣмена начали **прорастать**, т. е. изъ состоянія скрытой жизни переходить въ жизнедѣятельное состояніе, выражающееся въ томъ, что черезъ кожуру сѣмени начинаетъ прежде всего прободаться корешокъ зародыша и выростать въ будущій корень растенія, а черезъ нѣсколько времени начинаетъ выбиваться изъ сѣмени и изъ земли почечка зародыша, выносясь на поверхность земли первые низовые листья растенія и вытягиваясь въ будущій его стебель (см. рис. 265). Каждый изъ васъ знаетъ, конечно, что всѣ растенія весьма требовательны къ почвѣ, и что произрастать они могутъ лишь на почвѣ питательной, изъ которой корнями добываютъ себѣ пищу. Точно такъ же каждый изъ васъ знаетъ, что растенія для своего развитія нуждаются въ свѣтѣ. Въ темнотѣ могутъ расти и развиваться лишь нѣкоторыя безхлорофильныя растенія, но растенія зеленыя, снабженныя хлорофилломъ, безъ свѣта нормально развиваться никакъ не могутъ. Сѣмена для своего прорастанія не требуютъ однако ни плодородной почвы, ни свѣта. Ихъ можно посѣять и выращивать въ темнотѣ,

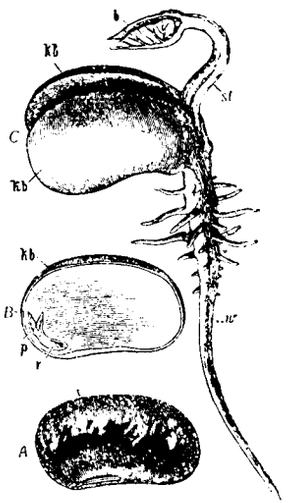


Рис. 265. *A* — сѣмя фасоли, *B* — оно же послѣ снятія кожуры и удаленія одной сѣмядоли, *C* — прорастаніе этого сѣмени: *b* — первые листья, *kb* — сѣмядоли, *st* — главный стебель, *w* — главный корень, *p* — пёрышко, *r* — корешокъ зародыша.



Рис. 266. Два проростка бѣлой горчицы *(Sinapis alba)* одинаковаго возраста: *E* — выращенный въ темнотѣ, этиолированный, *N* — выращенный при обыкновенномъ освѣщеніи.

и они такъ же скоро прорастутъ въ темнотѣ, какъ и на свѣту, и первое время проростки сѣмянъ въ темнотѣ растутъ даже скорѣе, чѣмъ на свѣту. Правда, выращенные въ темнотѣ проростки сѣмянъ отличаются отъ выращенныхъ на свѣту тѣмъ, что они, во-первыхъ, желтые, а не зеленые, и, во-вторыхъ, болѣе вытянутые. Рис. 266 показываетъ два проростка горчицы, выращенныхъ при совершенно одинаковыхъ условіяхъ, но одинъ проростокъ выросъ въ темнотѣ (*E*), а

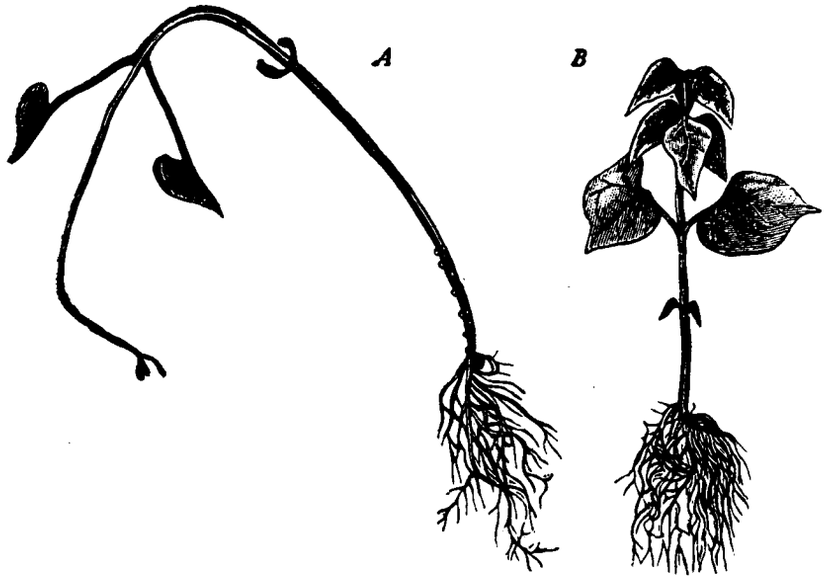


Рис. 267. Фасоль, выращенная въ темнотѣ (*A*) и на свѣтѣ (*B*).

другой на свѣту, и мы видимъ, что у перваго проростка сильно вытянуто подсѣмядольное колѣно, а первые листочки (сѣмядоли) еще сложены и не распустились, тогда какъ у нормальнаго выращеннаго на свѣтѣ проростка (*N*) подсѣмядольное колѣно короткое, но болѣе плотное, и обѣ сѣмядоли хорошо развернулись, развились и позеленѣли, такъ же какъ и подсѣмядольное колѣно, тогда какъ проростокъ *E* совершенно желтый. Такіе лишенные хлорофилла желтые вытянутые проростки называются **этіолированными.** Рис. 267 показываетъ два проростка фасоли: первый проростокъ (*A*) выращенъ въ темнотѣ, второй (*B*) на свѣтѣ. И здѣсь хорошо видна разница между этіолированнымъ, выращеннымъ въ темнотѣ (*A*) и нормальнымъ проросткомъ (*B*). Первый

(*A*) желтый, совершенно лишенъ зеленой окраски, съ очень вытянутыми, но дряблыми междоузліями и подсѣмядольнымъ колѣномъ, съ длинными листовыми черешками и плохо развитыми неразвернувшимися листовыми пластинками Второй же проростокъ, выросшій на свѣтѣ (*B*), короткій, съ укороченными междоузліями и подсѣмядольнымъ колѣномъ, но съ нормально развитыми и хорошо расправленными зелеными листьями. И хотя такимъ образомъ наблюдается существенная разница между растеньицами, выращенными изъ сѣмянъ въ темнотѣ и на свѣтѣ, тѣмъ не менѣе свѣтъ не нуженъ для прорастанія сѣмянъ. Сѣмена отлично могутъ прорастать въ темнотѣ, прорастаніе въ темнотѣ начинается тогда же, какъ и на свѣтѣ, только получаются этіолированные проростки, которые, однако, очень легко переходятъ въ нормальное состояніе и легко растутъ дальше, если вынести такіе этіолированные проростки на свѣтъ. Вынесенные на свѣтъ, этіолированные проростки черезъ день-два зеленѣютъ, принимаютъ нормальную зеленую окраску, а характеръ дальнѣйшаго роста ихъ измѣняется: позеленѣвшіе плохо развитые листочки начинаютъ расти правильно, расправляются и вырастаютъ до нормальной величины, а послѣдующія междоузлія не вытягиваются уже такъ сильно и дѣлаются плотнѣе, пріобрѣтая вполнѣ нормальный видъ, свойственный данному растенію. Развитіе этіолированныхъ проростковъ въ темнотѣ имѣетъ однако свой предѣлъ. Лишь до тѣхъ поръ могутъ расти проростки сѣмянъ въ темнотѣ, пока въ эндоспермѣ сѣмени или въ его сѣмядоляхъ имѣется запасъ органическихъ питательныхъ веществъ. А такъ какъ у разныхъ сѣмянъ имѣется различное количество запаснаго питательнаго вещества, то и этіолированные проростки могутъ развиваться у однихъ сѣмянъ дольше, у другихъ болѣе короткое время. Послѣ истощенія всего запаснаго питательнаго вещества, имѣвшагося въ сѣмени, дальнѣйшій ростъ этіолированныхъ проростковъ прекращается, и они погибаютъ, такъ сказать, съ голода.

Взрослыя растенія въ отсутствіи свѣта совсѣмъ расти не могутъ и въ темнотѣ очень скоро погибаютъ. Лишь такія растенія могутъ расти въ темнотѣ и давать этіолированные побѣги, которыя, подобно сѣменамъ, имѣютъ въ своихъ тканяхъ запасъ питательныхъ органическихъ веществъ. Такъ, напримѣръ, если посадить клубни картофеля, клѣтки кото-

рыхъ обильно наполнены запасными питательными веществами, въ особенности крахмаломъ, обильнѣе даже, чѣмъ многія сѣмена, и выращивать одинъ клубень въ темнотѣ, другой на свѣтѣ (см. рис. 268), то первый клубень (лѣвый на нашемъ рисункѣ) дастъ этіолированный побѣгъ, а второй (правый) — побѣгъ нормальный. И здѣсь этіолированные побѣги отъ нормальныхъ отличаются тѣми же признаками, что и проростки сѣмянъ, т. е. этіолированные побѣги желтые, а не зеленые, съ очень вытянутыми междоузліями и съ очень слабо развитыми, почти атрофированными листьями. Такъ же, какъ и этіолированные проростки, этіолированные побѣги имѣютъ очень слабо развитую механическую ткань внутри стебля, а потому такіе стебли дряблые, мягкіе, неустойчивые. Но стоитъ вынести на свѣтъ этіолированные побѣги картофеля, какъ дальнѣйшіе междоузлія и листья начнутъ развиваться нормально, и все растеніе черезъ два-три дня позеленѣетъ. Этіолированные побѣги картофеля могутъ развиваться очень долго, дольше, чѣмъ этіолированные проростки сѣмянъ. Но это и понятно, ибо въ клубнѣ картофеля запасено огромное количество крахмала и другихъ питательныхъ веществъ. И лишь послѣ истощенія всего запаса питательныхъ веществъ въ клубнѣ прекращается ростъ этіолированныхъ побѣговъ картофеля, и они погибаютъ.



Рис. 268. Нормальный (зеленый) побѣгъ картофеля, выросшій изъ клубня на свѣтѣ (справа), и такой же этіолированный побѣгъ, выросшій въ темнотѣ (слѣва). На обоихъ рисункахъ цифры обозначаютъ узлы побѣга.

Итакъ, свѣтъ нуженъ для правильнаго развитія проростковъ, но совершенно не нуженъ для прорастанія сѣмянъ. Свѣтъ не является причиной прорастанія, и при прочихъ равныхъ условіяхъ онъ не замедляетъ и не ускоряетъ начала прорастанія растенія.

Не нужно для прорастанія сѣмянъ и питательной почвы, хотя въ питательной почвѣ, какъ каждому извѣстно, растенія растутъ скорѣе и лучше, чѣмъ въ почвѣ безплодной. Сѣмена можно проращивать въ хорошо промытомъ и очищенномъ отъ какихъ бы то ни было органическихъ примѣсей и растворимыхъ минеральныхъ соединеній пескѣ, въ толченомъ стеклѣ, въ опилкахъ, на войлокѣ, на ватѣ, на гигроскопической бумагѣ, поливая ихъ при томъ же дистиллированной водой. И сѣмена въ такой безплодной почвѣ такъ же прорастаютъ, какъ и въ хорошей плодородной почвѣ, и даже первое время ростки растутъ почти съ одинаковою скоростью и развиваются почти нормально, какъ и ростки, выращенные въ плодородной почвѣ. Лишь современемъ, по мѣрѣ развитія растенія, ростки, выращенные въ плодородной почвѣ, опережаютъ своимъ развитіемъ ростки, выращенные въ почвѣ безплодной и поливаемые дистиллированной водой. Проростки сѣмянъ могутъ расти въ безплодной почвѣ, не принимая ничего извнѣ, кромѣ чистой воды, лишь до тѣхъ поръ, пока въ эндоспермѣ или въ сѣмядоляхъ имѣется запасъ питательныхъ веществъ. Но когда запасъ этотъ приходитъ къ концу, ростки начинаютъ расти хуже и, наконецъ, погибаютъ отъ истощенія, опять таки какъ бы отъ голода, какъ и проростки этіолированные. На рис. 269 изображено проращиваніе сѣмени гороха на булавкѣ. Въ стеклянномъ сосудѣ къ одной вертикальной его стѣнкѣ придѣлана пробка, и къ этой пробкѣ на булавкѣ прикрѣплена прорастающая горошина. Корень проростка нижнимъ концомъ опущенъ въ дистиллированную воду, и сосудъ покрытъ стеклянной пластинкой,

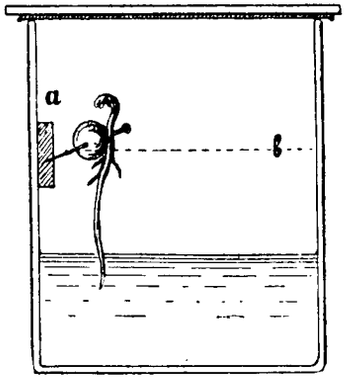


Рис. 269. Прорастаніе сѣмени гороха на булавкѣ во влажной камерѣ.

дабы воздухъ въ сосудѣ сохранялся влажнымъ, и дабы въ сосудъ не проникало ничего изъ окружающей атмосферы. И такая горошина будетъ первое время такъ же нормально прорастать, посаженная на булавку, какъ если бы она проращивалась въ плодородной почвѣ. Лишь когда истощится весь запасъ питательныхъ веществъ, имѣющихся въ сѣмядоляхъ, дальнѣйшій ростъ проростка такой горошины прекратится, и проростокъ погибнетъ.

Итакъ, для прорастанія сѣмянъ ни свѣтъ, ни питательныя вещества абсолютно не нужны. И не нужны они именно потому, что въ сѣменахъ всегда имѣется запасъ готовыхъ питательныхъ веществъ. Проростки сѣмянъ, выращенные въ темнотѣ, въ отсутствіи питательной почвы и поливаемые дистиллированной водой, растутъ хотя и не совсѣмъ нормально, но все же растутъ. И ростъ, и развитіе ихъ можетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока молодой проростокъ не поглотитъ всѣ запасныя вещества сѣмени. Періодъ развитія зародыша сѣмени, начиная отъ момента прорастанія и кончая моментомъ, когда поглотятся всѣ запасныя вещества сѣмени, называется **періодомъ прорастанія растеній**. Во время періода прорастанія молодыя растеньица могутъ обходиться безъ питательной пищи извнѣ и даже безъ свѣта.

Главнѣйшее условіе прорастанія — **влага.** Если мы смочимъ сухія сѣмена, находящіяся въ состояніи покоя, то они начнутъ прорастать, если только не утеряли своей всхожести. При смачиваніи сѣмена прежде всего разбухаютъ и притомъ иногда весьма сильно. Если узкогорлую банку плотно набить, напримѣръ, горохомъ и налить въ нее воды, то вода эта быстро всосется сѣменами, и горошины начнутъ разбухать. Подливая дальше все новой и новой воды, мы можемъ довести дѣло то того, что банка, распираемая изнутри сильно набухающими сѣменами, лопнетъ. Разбухать могутъ и сѣмена, утерявшія свою всхожесть, сѣмена мертвыя. Разбуханіе сѣмянъ не есть еще ихъ прорастаніе. Разбухшія въ водѣ мертвыя сѣмена въ концѣ концовъ начинаютъ гнить, не прорастая. Но сѣмена живыя, послѣ разбуханія, начинаютъ прорастать, и мы уже знаемъ, что процессъ прорастанія сѣмянъ начинается выходомъ изъ кожуры сѣмени сначала корешка зародыша, а потомъ и его пёрышка. Различныя сѣмена прорастаютъ не съ одинаковой скоростью. Нѣкоторыя сѣмена, разбухши въ водѣ, вскорѣ послѣ этого даютъ уже корешокъ зародыша, а затѣмъ выходитъ наружу и пёрышко. Но сѣмена другихъ растеній требуютъ очень долгаго времени, иногда нѣсколькихъ мѣсяцевъ, прежде чѣмъ появится наружу зародышъ. Такъ, напримѣръ, сѣмена многихъ пальмъ должны долгое время пролежать въ сыромъ видѣ, прежде чѣмъ появится на свѣтъ ихъ зародышъ.

Хотя вода, влага является первой причиной прорастанія сѣмянъ растеній, но, кромѣ влаги, для прорастанія необходимъ **кислородъ воздуха.** Если мы положимъ сѣмена въ прокипяченую воду, лишенную кислорода, то сѣмена эти, хотя и разбухнутъ, но не прорастутъ. Не прорастаютъ сѣмена, хотя бы и совершенно всхожія, если мы посѣемъ ихъ глубоко въ плотную, напримѣръ, глинистую почву, трудно пропускающую воздухъ. Вотъ почему передъ посѣвомъ сѣмянъ разрыхляютъ почву. Этимъ разрыхленіемъ достигается лучшее провѣтриваніе почвы, болѣе легкій доступъ къ прорастающимъ сѣменамъ кислорода. Обильно поливаемыя, но лежащія кучей сѣмена начинаютъ прорастать, но затѣмъ загниваютъ; причина — плохой доступъ къ скученнымъ прорастающимъ сѣменамъ кислорода воздуха и накопленіе выдѣляемой ими углекислоты, газа, крайне вреднаго какъ для жизни животныхъ, такъ и растеній. Нечего и говорить, что если мы посѣемъ сѣмена въ закупоренномъ сосудѣ, лишивъ воздухъ сосуда кислорода или замѣнивъ нормальный воздухъ какимъ-нибудь хотя бы и безвреднымъ, но непригоднымъ для дыханія газомъ, напримѣръ, чистымъ азотомъ или водородомъ, то сѣмена эти никогда не прорастутъ, какъ бы ни были благопріятны для прорастанія прочія условія.

Итакъ, для прорастанія сѣмянъ безусловно нужны вода и кислородъ воздуха. Третье и послѣднее внѣшнее условіе, вызывающее прорастаніе сѣмянъ и благопріятствующее росту проростка, это **опредѣленная температура.** Сѣмена разныхъ растеній прорастаютъ при разной температурѣ. Если мы станемъ держать разбухшія и снабженныя водой и воздухомъ сѣмена на холоду (при температурѣ $+1^0$ Ц. и ниже) или, наоборотъ, при очень высокой температурѣ (около 45^0 Ц. и выше), то ни одно сѣмя растенія не прорастетъ. Это минимальная и максимальная температуры, препятствующія прорастанію сѣмянъ. Но среди этихъ двухъ предѣльныхъ

температуръ температура наиболѣе благопріятствующая и наилучше вызывающая прорастаніе сѣмянъ весьма различна у различныхъ растеній. Такъ, наши сѣверные хлѣбные злаки, напримѣръ, рожь или ячмень, начинаютъ прорастать уже при температурѣ въ 3—4° Ц. Но при этихъ низкихъ температурахъ прорастаніе сѣмянъ идетъ очень медленно, и нужно больше недѣли, чтобы показался, наконецъ, хотя бы маленькій ростокъ этихъ растеній. При болѣе высокихъ температурахъ сѣмена ржи и ячменя прорастаютъ скорѣе, и при 20—25° Ц. прорастаніе идетъ наиболѣе быстро—въ однѣ сутки. Если мы будемъ, однако, проращивать рожь или ячмень при еще болѣе высокихъ температурахъ, то прорастаніе замедляется, а при 40° Ц. сѣмена эти совершенно не прорастаютъ. Такимъ образомъ мы можемъ для сѣмянъ ржи и ячменя установить наименьшую температуру прорастанія (minimum) — 3—4° Ц., наивысшую (maximum) — 40° Ц. и наивыгоднѣйшую температуру прорастанія (optimum) 20—25° Ц. Такія же minimum, maximum и optimum температуры прорастанія можно опытнымъ путемъ установить для другихъ растеній, и эти температурные предѣлы различны для разныхъ растеній и зависятъ отъ того, къ какому климату привыкло то или иное растеніе. Такъ, сѣмена огурцовъ, дыни, арбуза начинаютъ прорастать лишь при температурѣ въ 14° Ц. и наиболѣе быстро прорастаютъ при температурѣ въ 28° Ц. Горохъ и фасоль при температурѣ ниже 10° прорастаютъ очень медленно, выше 10° прорастаютъ они лучше, а при 28° могутъ прорасти въ однѣ сутки. Сѣмена многихъ пальмъ начинаютъ прорастать при еще высшей температурѣ. У большинства растеній optimum температуры прорастанія находится между 25 и 30° Ц., выше 30° въ большинствѣ случаевъ происходитъ задержка прорастанія, а при 42°—45° сѣмена уже совсѣмъ не прорастаютъ. Но, хотя максимальная температура прорастанія сѣмянъ находится при 45° Ц., сухія сѣмена могутъ безъ вреда для себя и для своей всхожести выдерживать и высшія температуры, чѣмъ 45° Ц., а равно и низшія температуры, чѣмъ 0°. Если разбухшія уже сѣмена обдать кипяткомъ, то они погибнутъ и прорастать не могутъ, но сухія сѣмена можно держать нѣкоторое время даже при 100° Ц. безъ особаго для нихъ вреда. Точно такъ же сухія сѣмена выдерживаютъ безъ вреда значительное

пониженіе температуры, губительно дѣйствующее на сѣмена разбухшія или начавшія прорастать. Замерзаніе клѣточнаго сока въ растеніи происходитъ не при 0°, а нѣсколько ниже нуля, такъ какъ въ клѣткахъ растеній находится не чистая вода, а растворы. При этомъ ледъ образуется между клѣтками, ибо изъ клѣтокъ выдѣляется вода въ межклѣтныя пространства и тамъ замерзаетъ, а протоплазма клѣтки при этомъ, теряя воду, сгущается и даже можетъ высохнуть. Прежде думали, что растеніе гибнетъ отъ холода не при замерзаніи его сока, а лишь при оттаиваніи, и что, смотря по тому, быстро или медленно происходитъ это оттаиваніе, растеніе или гибнетъ, или можетъ вернуться къ жизни. Но

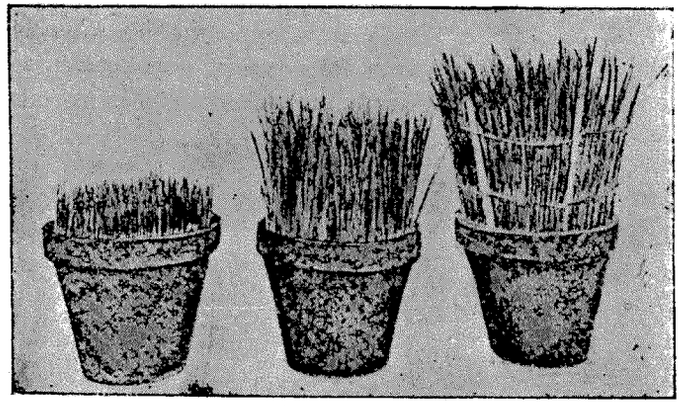


Рис. 270. Молодые восьмидневные проростки овса, выросшіе при температурахъ въ 8° (слѣва), 15° (въ серединѣ) и 25° Ц. (справа).

въ настоящее время доказано, что скорость оттаиванія тканей не имѣетъ при этомъ значенія. Повидимому, все дѣло сводится къ тому, сколько воды теряютъ клѣтки при дѣйствіи низкихъ температуръ, а количество это тѣмъ значительнѣе, чѣмъ сильнѣе и продолжительнѣе морозъ. Поэтому надо отличать **замерзаніе** сѣмянъ и вообще растительныхъ тканей отъ ихъ **вымерзанія.** При замерзаніи происходитъ образованіе въ межклѣтникахъ льда, и растительныя клѣтки при этомъ не гибнутъ. Въ сухихъ сѣменахъ въ клѣткахъ воды мало, а потому они могутъ выдерживать замерзаніе при очень низкихъ температурахъ и, оттаивая, возвращаться къ жизни. При вымерзаніи растеніе или сѣмена гибнутъ

отъ холода окончательно и къ жизни не возвращаются. Чѣмъ меньше воды въ растительныхъ тканяхъ, тѣмъ труднѣе такія ткани замерзаютъ, чѣмъ сочнѣе растеніе, тѣмъ чувствительнѣе оно къ холоду. Покоющіяся сѣмена могутъ поэтому переносить большіе морозы, а сѣмена, начавшія прорастать, легко повреждаются даже слабыми заморозками.

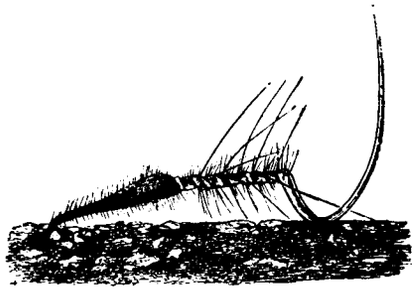


Рис. 271. Самозарывающійся плодъ *Pelargonium*.

Различныя температуры не только обусловливаютъ начало или наилучшій ходъ прорастанія разныхъ сѣмянъ, но различно дѣйствуютъ и на дальнѣйшій ростъ молодыхъ проростковъ. На рис. 270 изображены молодые восьмидневные

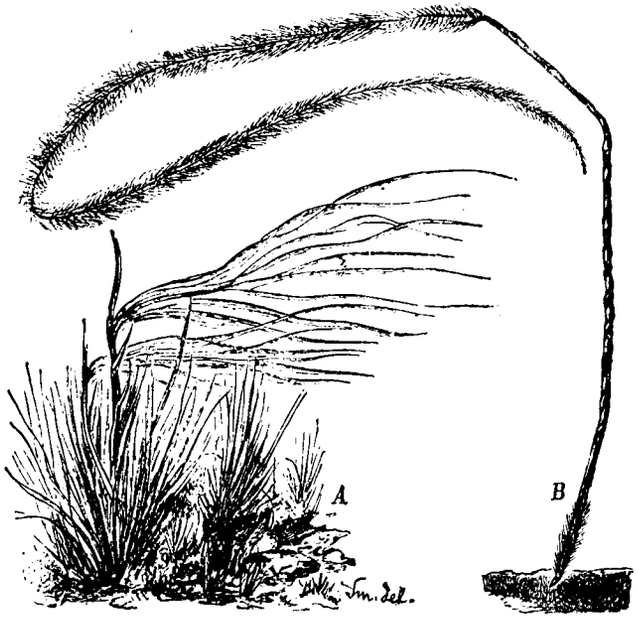


Рис. 272. *A* — степной ковыль; *B* — плодъ ковыля, самъ собою зарывающійся въ плотную степную почву особыми винтовыми приспособленіями.

проростки овса, выращенные при температурахъ въ 8° Ц. (слѣва), при 15° (въ серединѣ) и при 25° Ц. (справа). Рисунокъ этотъ ясно показываетъ вліяніе температуры на ростъ

проростковъ овса, отлично растущихъ при 25° Ц. и весьма слабо при температурѣ въ 8° Ц.

Кромѣ указанныхъ здѣсь трехъ важнѣйшихъ внѣшнихъ условій прорастанія — влаги, тепла и кислорода воздуха, на успѣшный ходъ прорастанія вліяютъ и нѣкоторыя побочныя условія, напримѣръ, прикрѣпленіе сѣмянъ къ ложу прорастанія и легкое высвобожденіе изъ кожуры сѣмени молодого проростка. У различныхъ сѣмянъ имѣется цѣлый рядъ весьма остроумныхъ приспособленій, обезпечивающихъ имъ лучшее прикрѣпленіе къ ложу прорастанія и наиболѣе легкое высвобожденіе зародыша изъ кожуры сѣмени и изъ земли. Такъ, напримѣръ, у нѣкоторыхъ сѣмянъ оболочки легко ослизняются, и слизью этой сѣмена плотно склеиваются съ частицами почвы и такимъ образомъ имѣютъ хорошую точку опоры при первоначальномъ внѣдреніи молодого корешка сѣмени въ почву и при выходѣ пёрышка изъ земли. Другія растенія цѣлымъ рядомъ механическихъ приспособленій зарываютъ сѣмена и плоды въ почву, закрѣпляя ихъ тамъ наиболѣе прочнымъ образомъ (самозарывающіеся плоды и сѣмена) (см. рис. 271, 272, 273). Сѣмядоли или подсѣмядольное колѣно нѣкоторыхъ сѣмянъ имѣютъ утолщенія (см. рис. 274, *W*), механически вскрывающія плотную кожуру сѣмени и дѣйствующія на подобіе рычага при вытягиваніи зародыша изъ толстой сѣменной кожуры.



Риз. 273. Самозарывающіеся плоды бобоваго растенія, называемаго китайскимъ орѣхомъ (*Arachis hypogaea*).

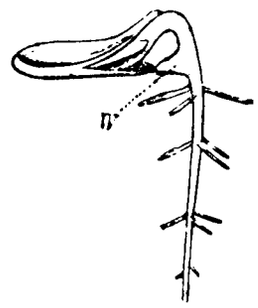


Рис. 274. Прорастаніе сѣмени тыквы. На нижней сторонѣ подсѣмядольнаго колѣна образовался наростъ *W*, который помогаетъ разрыванію сѣменной кожуры и высвобожденію изъ нея сѣмядолей.

Зародышъ сѣмени, при прорастаніи и во время прорастанія, питается исключительно или почти исключительно готовыми органическими соединеніями, заложенными въ сѣмени. Питаніе прорастающаго растенія весьма похоже на питаніе любого животнаго, ибо для питанія животнаго необходимы троякаго рода органическія соединенія: **углеводы** (крахмалъ), **жиры** и **бѣлковыя вещества**; это своего рода тартинка, состоящая изъ хлѣба (крахмалъ), масла и мяса (бѣлковыя вещества). Такой же готовой тартинкой или бутербродомъ питается и молодой проростокъ сѣмени, ибо и углеводы, и жиры, и бѣлковыя соединенія всегда въ видѣ запасныхъ питательныхъ веществъ заложены въ сѣмени, въ его эндоспермѣ или въ сѣмядоляхъ. Если питательныя вещества эти заложены въ сѣмядоляхъ, то сѣмядоли являются непосредственными органами питанія прорастающаго зародыша, и изъ нихъ готовая пища разносится по всему растущему проростку. Если же питательныя вещества отложены въ эндоспермѣ, то сѣмядоли все же играютъ роль питающихъ органовъ. Но въ этомъ случаѣ онѣ не сами доставляютъ нужную пищу молодому проростку, а при помощи особыхъ вытянутыхъ въ длину высасывающихъ клѣтокъ по-

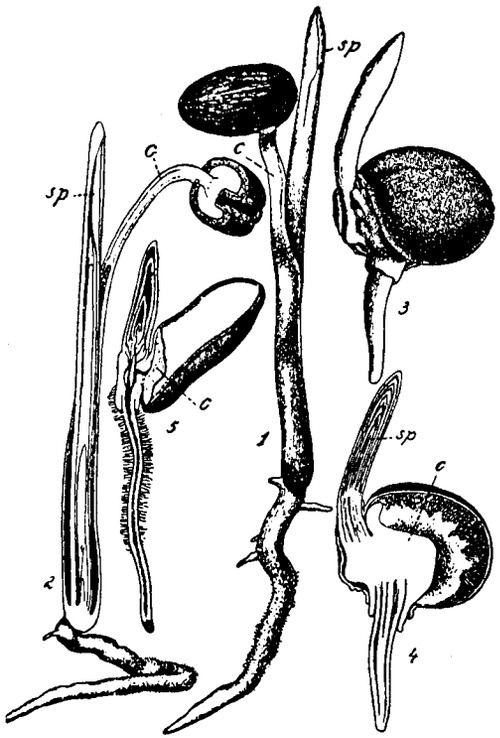
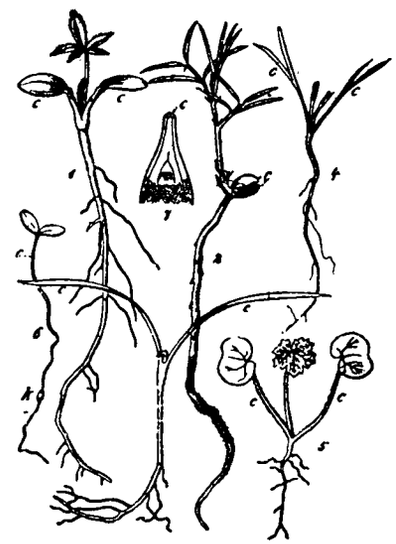


Рис. 275. Проростки и форма сѣмядолей у однодольныхъ: *1* — проростокъ *Phoenix canariensis*, *2* — тотъ же проростокъ, въ продольномъ разрѣзѣ, *3* — проростокъ *Zea Mays*, *4* — тотъ же проростокъ въ продольномъ разрѣзѣ, *5* — проростокъ *Triticum vulgare* въ продольномъ разрѣзѣ; на всѣхъ фигурахъ *c* — означаетъ сѣмядолю, *sp* — стебель; фиг. *1—2* въ естеств. велич., фиг. *3—5* увеличены.

степенно поглощаютъ питательныя вещества изъ окружающей бѣлковой ткани, изъ эндосперма. Такія высасывающія клѣтки имѣются, напримѣръ, у щитка злаковъ, на границѣ между щиткомъ сѣмени и его эндоспермомъ. Поэтому щитокъ злаковъ, эта единственная ихъ сѣмядоля, играетъ роль высасывающаго органа (см. рис. 275, *5*, *c*). У нѣкоторыхъ растеній, напримѣръ, у кукурузы (см. рис. 275, *4*, *c*) и въ особенности у пальмъ (рис. 275, *2*, *c*), щитокъ по мѣрѣ роста проростка самъ растетъ и все глубже и глубже внѣдряется въ ткань эндосперма, высасывая питательныя вещества все изъ болѣе глубокихъ слоевъ бѣлковой ткани.

При прорастаніи сѣмянъ, какъ мы уже видѣли, сѣмядоли или остаются внутри кожуры сѣмени, подъ землею, или въ концѣ концовъ выносятся частью (см. рис. 275, *1*, *2*, *c*) или цѣликомъ наружу, надъ землею. Въ послѣднемъ случаѣ, постепенно лишаясь своихъ питательныхъ запасовъ, сѣмядоли эти вмѣстѣ съ тѣмъ зеленѣютъ и обращаются въ первые зеленые листочки молодого растеньица (см. рис. 276). Форма позеленѣвшихъ сѣмядолей весьма различна у разныхъ растеній, какъ видно на прилагаемомъ рис. 276. Но въ общемъ надо замѣтить, что позеленѣвшія сѣмядоли, вынесенныя наружу проростками и обращенныя въ первые низовые листья молодого растеньица, имѣютъ очень простую форму, по сравненію съ слѣдующими листьями того же растенія. Изученіе различныхъ формъ листовидныхъ сѣмядолей весьма интересно, ибо показываетъ намъ, что весьма сложная форма листьевъ многихъ современныхъ растеній есть явленіе новѣйшей гео-


c
c
c

логической эпохи. И сложную форму листвы растенія наши выработали лишь постепенно, въ теченіе огромнаго количества вѣковъ, протекшихъ со времени появленія цвѣтковыхъ растеній на земномъ шарѣ. Первоначально высшія растенія имѣли гораздо болѣе простую форму листьевъ, и эта то большая простота, эта большая примитивность строенія листа находитъ свое выраженіе въ сѣмядоляхъ растеній, по наслѣдству отъ давно прошедшихъ временъ сохранившихъ въ себѣ до нашихъ дней простоту формы и строенія первичныхъ низовыхъ листьевъ современныхъ растеній. Съ филогенетической точки зрѣнія изученіе морфологическаго и анатомическаго строенія сѣмядолей представляетъ поэтому огромный интересъ, хотя въ этомъ отношеніи до сихъ поръ сдѣлано еще очень немного.

Лекція двадцать вторая.

Химическіе процессы прорастанія.

Химическій анализъ растеній показываетъ, что тѣло растенія слагается главнымъ образомъ изъ четырехъ такъ называемыхъ **органогенныхъ элементовъ**, а именно, изъ углерода (C), водорода (H), кислорода (O) и азота (N). Но, кромѣ того, въ составъ растенія входятъ сѣра (S), фосфоръ (Ph), калій (K), магній (Mg), кальцій (Ca), желѣзо (Fe) и нѣкоторые другіе элементы. Элементы эти никогда въ тѣлѣ растенія не встрѣчаются въ свободномъ состояніи, а всегда въ видѣ химическихъ соединеній и при томъ б. ч. въ видѣ соединеній весьма сложныхъ, называемыхъ органическими соединеніями. Лишь H и O встрѣчаются въ тѣлѣ растенія въ видѣ довольно простого неорганическаго соединенія — воды (H_2O), но и эти два элемента входятъ, кромѣ того, всегда въ составъ почти всѣхъ сложныхъ органическихъ соединеній, изъ которыхъ строится тѣло растенія. Вода составляетъ по вѣсу главную составную часть живого растенія. Она не только заполняетъ бо̀льшую часть живыхъ взрослыхъ клѣтокъ растеній, но пропитываетъ протоплазму, стѣнки клѣтокъ и всѣ органическія образованія. Если высушить растеніе при 110—120° Ц., то изъ растенія удаляются послѣдніе слѣды воды, и тогда остается одно лишь сухое вещество, котораго обыкновенно очень немного въ растеніяхъ и которое состоитъ изъ перечисленныхъ выше элементовъ. Деревянистыя части растенія имѣютъ сравнительно мало воды, и вѣсъ сухого вещества ихъ послѣ полнаго высушиванія составляетъ около 50% общаго вѣса растенія; слѣдовательно, въ деревянистыхъ частяхъ на долю

воды приходится половина общаго вѣса растенія, т. е. остальные 50%. Но обыкновенно въ растеніяхъ воды гораздо больше, и, напримѣръ, у травянистыхъ растеній сухое вещество составляетъ всего 20—30% общаго вѣса растенія, у такъ называемыхъ суккулентныхъ (сочныхъ) растеній (напримѣръ, у кактусовъ, у *Crassulaceae* и др.) и въ сочныхъ плодахъ сухое вещество составляетъ всего 5—10%, а у водяныхъ растеній, въ особенности у водорослей, оно равно только 1—5% общаго вѣса въ свѣжемъ видѣ; все остальное — **вода**.

Остающееся послѣ полнаго высушиванія сухое вещество растенія главнымъ образомъ состоитъ изъ органическихъ соединеній, а именно: изъ 1) **бѣлковыхъ** или **азотистыхъ соединеній**, изъ которыхъ построена плазма и вообще живое содержимое растительныхъ клѣтокъ (цитоплазма, ядро, пластиды и т. д.); 2) изъ **углеводовъ**, встрѣчающихся въ растеніи главнымъ образомъ въ видѣ клѣтчатки или крахмала, но также и въ видѣ другихъ соединеній, напримѣръ, въ видѣ инулина, сахаристыхъ веществъ и проч.; клѣточныя оболочки построены главнымъ образомъ изъ углевода — клѣтчатки; и 3) изъ **жировъ** и **маселъ**. Жиры и масла, равно и углеводъ — крахмалъ, встрѣчаются въ растительныхъ клѣткахъ въ видѣ мертвыхъ включеній. Если сжечь сухое вещество растенія, то большинство его улетучится въ видѣ продуктовъ сжиганія бѣлковыхъ соединеній, углеводовъ и жировъ, и остается очень небольшой несгораемый остатокъ, составляющій **золу** растеній. Такая зола накапливается, напримѣръ, въ печахъ послѣ сжиганія дровъ. Среднее количество золы въ сухомъ веществѣ растеній равно, по Кнопу, 5% всего сухого вещества, а, слѣдовательно, относительно общаго вѣса всего растенія въ свѣжемъ его видѣ зола составляетъ самую ничтожную часть. Въ золѣ растеній найдены: сѣра, фосфоръ, хлоръ, кремній, калій, магній, кальцій, желѣзо и нѣкоторые другіе элементы. Органогенныхъ элементовъ — C, H, O и N, въ золѣ не имѣется, ибо они нацѣло улетучиваются при сжиганіи сухого вещества растенія.

Приблизительно такой же химическій составъ представляетъ и тѣло животнаго. Въ живыхъ растительныхъ и животныхъ клѣткахъ сложныя органическія соединенія, изъ

которыхъ слагаются эти клѣтки, находятся въ очень неустойчивомъ химическомъ равновѣсіи; они постоянно разлагаются и снова возстановляются, при чемъ часть соединеній въ видѣ отбросовъ, продуктовъ распада сложныхъ органическихъ соединеній, постоянно выдѣляется изъ клѣтокъ и организма. Поэтому для поддержанія жизни организма необходимъ постоянный притокъ къ нему извнѣ новаго матеріала, въ видѣ пищи. Но пища животнымъ и растеніямъ необходима не только для возстановленія распадающихся въ живыхъ клѣткахъ сложныхъ органическихъ соединеній, а также для роста и размноженія организмовъ. Размноженіе организма по существу своему есть тотъ же ростъ, но болѣе спеціализированный и болѣе сложный. Ростъ же организма сводится главнымъ образомъ къ дѣленію клѣтокъ и къ образованію путемъ такого дѣленія новыхъ клѣтокъ и тканей. Образованіе новыхъ клѣтокъ и тканей требуетъ затраты питательнаго вещества, пищи. Слѣдовательно, пища нужна организму, все равно животному или растительному, для двухъ цѣлей: для роста и новообразованія тканей и для возстановленія новыхъ частицъ живыхъ клѣтокъ, для возстановленія или регенераціи тѣхъ органическихъ составныхъ частей клѣтокъ, которыя ежеминутно и ежесекундно разрушаются въ живомъ организмѣ вслѣдствіе неустойчиваго химическаго равновѣсія сложныхъ органическихъ соединеній, изъ которыхъ построенъ любой организмъ. Это ежеминутное разрушеніе, распаденіе сложнаго органическаго вещества, изъ котораго построено тѣло животнаго или растенія, имѣетъ однако огромное значеніе для жизни организмовъ. Ибо при этомъ обмѣнѣ веществъ постоянно происходитъ выдѣленіе свободной энергіи, проявляющейся въ организмахъ въ видѣ дыханія, выдѣленія свободной теплоты и въ видѣ всѣхъ тѣхъ жизненныхъ процессовъ, которые характеризуютъ живые организмы и отличаютъ ихъ отъ мертвой природы. Слѣдствіемъ неустойчиваго равновѣсія органическихъ соединеній, входящихъ въ составъ любого организма, и постояннаго ихъ распада является дыханіе, движеніе, чувствованіе, ростъ, размноженіе организмовъ.

Итакъ, сущность питанія организмовъ состоитъ въ притокѣ извнѣ къ организму все новаго и новаго строительнаго матеріала, необходимаго для построенія новыхъ клѣтокъ и

тканей въ организмѣ и для пополненія той траты органическаго вещества, которая постоянно происходитъ въ живыхъ клѣткахъ организма. А такъ какъ при тратѣ этой распадаются и тратятся не только самыя сложнѣйшія и наименѣе устойчивыя бѣлковыя азотистыя соединенія, но также углеводы и жиры, это во-первыхъ, и такъ какъ, во-вторыхъ, для построенія новыхъ клѣтокъ и тканей также прежде всего нужны, кромѣ воды, углеводы, жиры и бѣлки, то, слѣдовательно, и пища, воспринимаемая организмомъ, должна состоять изъ бѣлковъ, углеводовъ и жировъ. И, изучая пищу, воспринимаемую различными животными, мы легко придемъ къ заключенію, что животныя питаются готовыми органическими соединеніями и неорганическими химическими соединеніями питаться не могутъ, и что для правильнаго питанія животнаго ему необходимо воспринимать извнѣ всѣ три рода органическихъ соединеній, т. е. бѣлки, нужные для построенія или регенераціи протоплазмы, и углеводы и жиры, нужные для построенія клѣточной оболочки и, какъ вскорѣ увидимъ, для процесса дыханія. Иначе говоря, животное питается бутербродомъ, состоящимъ изъ хлѣба (углеводы), намазаннаго масломъ (жиры) и покрытаго кусочкомъ мяса (бѣлковыя соединенія), и посыпаннаго немного солью (элементы золы).

На прошлой лекціи мы видѣли, что молодые проростки сѣмянъ питаются совершенно такъ же, какъ и животныя, тѣмъ же бутербродомъ изъ хлѣба, масла и мяса, да вдобавокъ тоже слегка посыпаннаго солью, ибо въ сѣменахъ имѣются въ небольшомъ количествѣ и зольныя вещества. Правда, животныя при питаніи добываютъ свой бутербродъ извнѣ, изъ окружающей среды, питаясь либо другими животными, либо растеніями. Молодые же проростки, кромѣ воды, извнѣ могутъ ничего не получать и питаются готовыми запасными питательными веществами, отложенными материнскимъ растеніемъ либо въ его сѣмядоляхъ, либо въ эндоспермѣ.

Запасными питательными веществами въ сѣмени являются гл. обр.: 1) **крахмалъ**, отложенный въ живыхъ клѣткахъ сѣмени часто въ большомъ количествѣ въ видѣ крахмальныхъ зеренъ, въ водѣ однако нерастворимыхъ (см. рис. 277 и рис. 278, *am*); 2) **масло** или **жиръ**, нерѣдко встрѣчающійся въ живыхъ клѣткахъ сѣмени въ видѣ капель, не просачивающихся однако черезъ клѣточныя перепонки; и 3) **бѣлковыя вещества**, встрѣчающіяся въ живыхъ клѣткахъ сѣмени главнымъ образомъ въ видѣ алейроновыхъ зеренъ (см. рис. 279) или совмѣстно съ крахмаломъ, или въ особыхъ клѣткахъ, туго набитыхъ такими алейроновыми зернами, какъ видно, напримѣръ, на рис. 278, *al*, представляющемъ поперечный разрѣзъ черезъ наружную часть зерна пшеницы, черезъ его эндоспермъ. Въ этомъ эндоспермѣ зерна пшеницы большинство клѣтокъ наполнены запаснымъ крахмаломъ (*am*), но наружный слой клѣтокъ исключительно наполненъ алейроновыми зернами (*al*). Алейроновыя зерна и вообще запасные бѣлки также въ водѣ нерастворимы. Самое бо́льшее, что можетъ быть, это запасныя бѣлковыя соединенія могутъ быть въ клѣткахъ въ полужидкомъ, коллоидальномъ состояніи. Но и коллоидальныя вещества такъ же не могутъ просачиваться черезъ растительныя перепонки, какъ капли масла и жира.

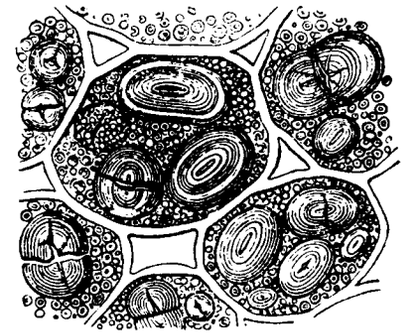


Рис. 277. Клѣтки сѣмядолей фасоли, заполненныя крахмальными зернами; увелич. 500 разъ.

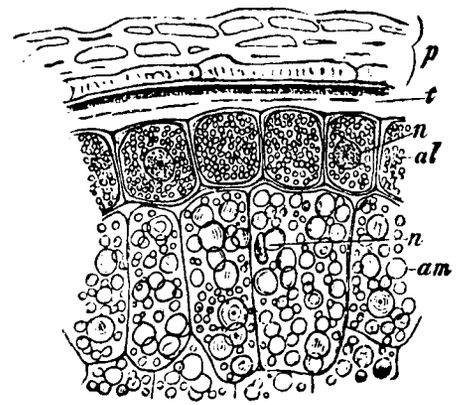


Рис. 278. Наружная часть поперечнаго разрѣза зерна пшеницы (*Triticum vulgare*): *p* — околоплодникъ, *t* — кожура сѣмени. Къ сѣменной кожурѣ примыкаетъ ткань, называемая эндоспермомъ; въ этой ткани находятся алейроновыя зерна (*al*) и зерна крахмала (*am*); *n* — клѣточное ядро; увел. 240 разъ.

Итакъ, хотя въ эндоспермѣ сѣмени или въ его сѣмядоляхъ и заложены важнѣйшія питательныя вещества, которыми долженъ питаться проростокъ, а именно, углеводы, жиры и бѣлки, однако вещества эти въ сухомъ сѣмени находятся въ состояніи, непригодномъ для непосредственнаго воспріятія ихъ растеніемъ, ибо вещества

эти находятся либо въ нерастворимомъ твердомъ состояніи (крахмалъ, алейроновыя зерна), либо въ состояніи коллоидальномъ (жиры, полурастворенные бѣлки), т. е. въ такомъ состояніи, когда они не могутъ просачиваться или диффундировать черезъ клѣточныя перегородки. Это то же самое, что и у животныхъ. Питаніе животныхъ не состоитъ въ поглощеніи пищи извнѣ въ видѣ готовыхъ органическихъ соединеній ротовыми частями животнаго. Это не есть еще питаніе, это только воспріятіе пищи. Изъ ротовой полости пища животнаго поступаетъ въ желудокъ и кишки, гдѣ переваривается, т. е. обрабатывается различными **ферментами** или **энзимами** и переводится въ растворимое въ водѣ состояніе. Въ такомъ растворенномъ видѣ пища изъ пищеварительныхъ органовъ поступаетъ въ кровеносную систему, разносится по всему организму и изъ кровеносной системы черезъ проницаемыя для растворовъ клѣточныя оболочки просачивается или диффундируетъ въ тѣ именно клѣтки, которыя нуждаются въ притокѣ новаго строительнаго матеріала. Переваренная жидкая пища животнаго состоитъ тоже изъ соединеній бѣлковыхъ, углеводистыхъ и жировыхъ, но соединенія эти, благодаря перевариванію, находятся въ другомъ состояніи и въ другихъ составахъ, тѣмъ въ принятой извнѣ пищи, въ состояніи, растворимомъ въ водѣ и могущемъ просачиваться черезъ клѣточныя оболочки.

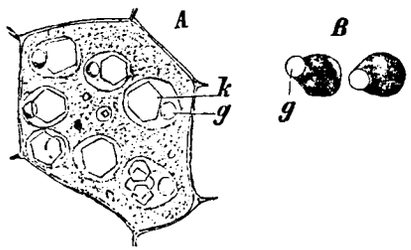


Рис. 279. Клѣтка (*A*) изъ сѣмени касторки или клещевины (*Ricinus communis*), заполненная алейроновыми зернами (*B*): *k* — бѣлковые кристаллы, *g* — глобоидъ; увелич. 540 разъ.

То же самое нужно однако и растенію. Молодому проростку, чтобы доставить питательныя вещества въ нарастающія части изъ эндосперма или сѣмядолей, нужно перевести недиффундирующія черезъ клѣточныя перегородки запасныя питательныя вещества въ растворимое состояніе, и это у растеній достигается тѣмъ же путемъ, какъ и у животныхъ, т. е. при помощи особыхъ перевариваюшихъ пищу ферментовъ или энзимовъ. Правда, у растеній нѣтъ ротовыхъ органовъ, воспринимающихъ пищу, нѣтъ особыхъ пищеварительныхъ органовъ, перевариваюшихъ ее, нѣтъ особой кровеносной системы, разносящей по тѣлу переваренную пищу, но сущность пищеваренія и усвоенія пищи растеніями та же, что и у животныхъ. Химическіе процессы, при этомъ происходящіе, тѣ же, только происходятъ процессы эти не въ особыхъ для этого приспособленныхъ органахъ, а все въ той же растительной клѣткѣ.

Въ покоющихся сѣменахъ запасъ питательной пищи будущаго растенія готовъ, но онъ находится въ клѣткахъ сѣмени въ неудобоусвояемомъ видѣ. Въ покоющихся сѣменахъ не имѣется и ферментовъ, могущихъ перевести питательныя вещества сѣмени въ растворъ. Ферменты эти появляются въ сѣменахъ лишь съ момента ихъ прорастанія. Результатомъ смачиванія сѣмянъ при доступѣ кислорода воздуха и опредѣленной температурѣ является прежде всего образованіе въ живой плазмѣ клѣтокъ ферментовъ, дѣйствующихъ на запасныя питательныя вещества и переводящихъ ихъ въ другое состояніе, въ другой составъ и при томъ въ состояніе легкой растворимости въ водѣ, въ клѣточномъ сокѣ, и легкаго просачиванія изъ одной клѣтки въ другую черезъ ея непроницаемыя для твердыхъ и коллоидальныхъ тѣлъ перегородки. Особенностью ферментовъ является, во-первыхъ, то, что нужно очень небольшое количество какого-либо фермента, чтобы перевести данное органическое соединеніе изъ нерастворенаго состоянія въ растворенное; и, во-вторыхъ, особенностью фермента является то, что самъ ферментъ при этомъ въ химическую реакцію не входитъ. Онъ дѣйствуетъ на ферментируемое органическое соединеніе лишь своимъ присутствіемъ, какъ выражаются, каталитически. Въ настоящее время извѣстно много чисто химическихъ процессовъ, которые идутъ гораздо скорѣе въ присутствіи какого-либо третьяго соединенія, не входящаго непосредственно въ химическую реакцію, но способствующаго данной химической реакціи однимъ своимъ присутствіемъ, т. е. каталитически. **Катализъ** — это ускореніе медленно идущей химической реакціи вслѣдствіе присутствія посторонняго соединенія. Такъ, напримѣръ, извѣстно, что при дѣйствіи сѣрной кислоты на цинкъ должна происходить реакція, состоящая въ образованіи сѣрнокислаго цинка и въ выдѣленіи свободнаго водорода. Но если

дѣйствовать химически чистой сѣрной кислотой на химически чистый цинкъ, то эта простая химическая реакція идетъ крайне медленно; водородъ при этомъ почти не выдѣляется или выдѣляется весьма слабо. Стоитъ однако прибавить одну лишь каплю раствора хлорной платины, и начинается бурное выдѣленіе водорода. Обыкновенно, если полить цинкъ сѣрной кислотой, водородъ выдѣляется довольно обильно. Но въ этомъ послѣднемъ случаѣ мы имѣемъ либо не совсѣмъ чистый цинкъ, либо не совсѣмъ чистую сѣрную кислоту. Во всѣхъ этихъ случаяхъ примѣсь одной капли хлорной платины или другихъ какихъ-либо постороннихъ примѣсей въ небольшомъ количествѣ къ сѣрной кислотѣ или цинку дѣйствуетъ на реакцію каталитически. Ни хлорная платина, ни другія примѣси, обусловливающія неполную чистоту сѣрной кислоты или цинка, непосредственно въ данную химическую реакцію не входятъ, ибо сама реакція протекаетъ по формулѣ:

$$SO_4H_2 + Zn = SO_4Zn + H_2.$$

Но хлорная платина или другія примѣси дѣйствуютъ на реакцію лишь своимъ присутствіемъ, каталитически. Совершенно также дѣйствуютъ и органическіе ферменты или энзимы однимъ лишь своимъ присутствіемъ на сложныя органическія соединенія, находящіяся въ видѣ запасныхъ питательныхъ веществъ въ сѣмени. Крахмалъ, находящійся въ сѣмени, въ водѣ не растворимъ. Но отъ дѣйствія фермента, называемаго **діастазомъ**, крахмалъ переводится въ сахаристое вещество — глюкозу, легко растворимую въ водѣ и легко диффундирующую черезъ клѣточныя перепонки. Небольшого количества фермента при этомъ совершенно достаточно, чтобы перевести въ растворимое соединеніе очень большое количество крахмала. Одна вѣсовая часть діастаза можетъ перевести 2000 частей крахмала въ растворенную глюкозу.

Діастазъ легко добывается изъ такъ называемаго солода. Въ сухихъ сѣменахъ діастаза нѣтъ. Но если, напримѣръ, проращивать въ тепломъ мѣстѣ ячменныя зерна и затѣмъ, когда они выпустятъ корешокъ, подсушить ихъ, то въ нихъ окажется діастазъ, а такія подсушенныя проросшія зерна ячменя называются солодомъ. Составъ діастаза не

извѣстенъ, но это тотъ же самый ферментъ, который встрѣчается въ слюнѣ животныхъ или въ желудочномъ сокѣ и также перевариваетъ въ животныхъ крахмалъ, обращая его въ растворимую въ водѣ глюкозу. Если солодъ обильно смочить водой или хорошенько размѣшать въ водѣ и затѣмъ профильтровать такую воду черезъ фильтровальную бумагу, то въ растворѣ у насъ будетъ діастазъ. Подѣйствовавъ на растворъ діастаза спиртомъ, мы можемъ осадить его изъ раствора въ видѣ бѣлыхъ нѣжныхъ хлопьевъ. Мы можемъ собрать этотъ бѣлый аморфный осадокъ въ фильтровальной бумажной воронкѣ, обдать осадокъ этотъ дистиллированной водой, и онъ снова растворится въ водѣ. Осаждая нѣсколько разъ діастазъ изъ раствора спиртомъ и растворяя его въ дистиллированной водѣ, мы можемъ получить діастазъ въ совершенно химически чистомъ видѣ. Діастазъ, слѣдовательно, и есть тотъ ферментъ, который растворяетъ въ прорастающихъ сѣменахъ крахмалъ и переводитъ его въ сахаръ или глюкозу. При растореніи крахмальныхъ зеренъ въ клѣткахъ сѣмянъ при помощи діастаза, крахмальныя зерна растворяются далеко неравномѣрно; на нихъ появляются характерныя фигуры разъѣданія. На рис. 280, фиг. *A* изображаетъ одну клѣтку изъ эндосперма покоющагося зерна кукурузы. Клѣтка эта туго набита крахмальными зернами, и зерна эти совершенно цѣльныя, нетронутыя. Внизу того же рисунка буквами *a*—*g* обозначены крахмальныя зерна изъ такой же клѣтки эндосперма кукурузы, но послѣ прорастанія зерна. Крахмальныя зерна начинаютъ растворяться и разъѣдаться подъ вліяніемъ незначительнаго количества діастаза, образовавшагося въ прорастающемъ

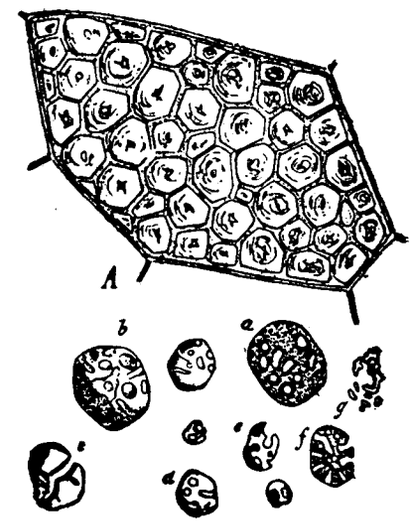


Рис. 280. *A* — клѣтка изъ эндосперма кукурузы съ цѣльными крахмальными зернами; *a*—*g* — послѣдовательныя стадіи распаденія и растворенія крахмальныхъ зеренъ кукурузы подъ вліяніемъ діастаза.

зернѣ, и буквами *a—g* обозначены послѣдовательныя стадіи распаденія и растворенія такихъ крахмальныхъ зеренъ подъ вліяніемъ діастаза.

Баранецкій, изучая дѣйствіе діастаза на крахмалъ, добылъ однажды химически чистый діастазъ и сталъ растворомъ діастаза дѣйствовать на отдѣльныя крахмальныя зерна, положенныя на предметное стеклышко микроскопа. Ему хотѣлось подъ микроскопомъ изучить ближе и подробнѣе эти фигуры разъѣданія крахмальныхъ зеренъ подъ вліяніемъ діастаза. Однако, къ его удивленію, крахмальныя зерна въ слабомъ растворѣ чистаго діастаза не растворялись, и фигуры выѣданія не получались. Тогда Баранецкій догадался прибавить къ раствору немного соляной кислоты, и діастазъ сталъ дѣйствовать. Получились весьма красивыя фигуры разъѣданія крахмальныхъ зеренъ, изображенныя на рис. 281. Такимъ образомъ діастазъ дѣйствуетъ переваривающимъ образомъ лишь въ кислой средѣ.

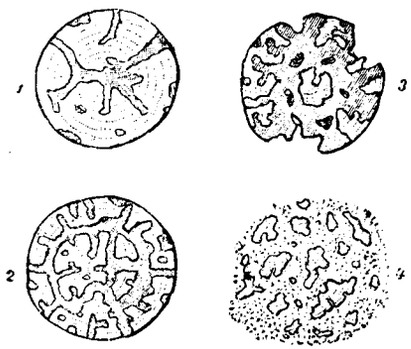


Рис. 281. Крахмальныя зерна прорастающаго ячменя, подвергнутыя дѣйствію діастаза: *1—4* — послѣдовательныя стадіи растворенія, встрѣчающіяся обыкновенно рядомъ, и характерныя фигуры разъѣданія крахмала подъ вліяніемъ діастаза.

Дѣйствіе діастаза на крахмалъ можно демонстрировать еще иначе. Если изъ крахмала приготовить жидкій клейстеръ и налить клейстеръ этотъ въ пробирки, то достаточно прибавленія одной капли іода въ каждую пробирку, чтобы крахмальный клейстеръ окрасился въ синій, иногда темно-синій, почти черный цвѣтъ. Но если мы теперь въ одну изъ пробирокъ прибавимъ немного самаго слабаго раствора діастаза, то постепенно синяя реакція крахмальнаго клейстера начнетъ исчезать, ибо подъ вліяніемъ діастаза крахмалъ переходитъ въ сахаръ, а сахаръ отъ іода въ синій цвѣтъ не окрашивается. По скорости исчезновенія синей окраски и постепенному ея блѣднѣнію можно судить о ходѣ и быстротѣ реакціи превращенія крахмала въ сахаръ.

Въ настоящее время извѣстно, кромѣ діастаза, мно-

жество другихъ ферментовъ, переводящихъ тѣ или иныя органическія нерастворимыя въ водѣ или коллоидальныя соединенія въ соединенія, въ водѣ растворимыя и диффундирующія черезъ клѣточныя оболочки. При этомъ ферментируемыя соединенія обыкновенно расщепляются на болѣе химически простыя соединенія, которыя одновременно гидрогенезируются, т. е. къ которымъ присоединяется одна или нѣсколько частицъ воды. Сами ферменты, такъ же какъ и діастазъ, при этомъ въ реакцію не вступаютъ и дѣйствуютъ на реакцію лишь каталитически.

Ферменты б. ч. тѣла аморфныя, бѣлаго цвѣта; химическій составъ ихъ въ точности не извѣстенъ, но извѣстно, что ферменты содержатъ въ своемъ составѣ азотъ (N) и близки по составу къ бѣлковымъ соединеніямъ; таниномъ они однако не осаждаются, іодомъ и азотной кислотой въ желтый цвѣтъ не окрашиваются, какъ большинство бѣлковыхъ соединеній, но зато легко растворяются въ водѣ и осаждаются изъ воды спиртомъ въ видѣ бѣлой хлопчатой массы. Нынѣ извѣстны различные ферменты, **эмульсирующіе** жиры и масла и переводящіе ихъ въ растворимое состоянія; таковы, напримѣръ, эмульсинъ, мирозинъ, липаза и др. энзимы, дѣйствующія на жиры. Извѣстны также различные ферменты, переводящіе въ растворимое состояніе бѣлковыя соединенія. Такъ, напримѣръ, нерастворимые въ водѣ бѣлки подъ вліяніемъ ферментовъ переходятъ въ растворимые **альбумины**, химическая формула которыхъ такова:

$$C_{240}\ H_{387}\ N_{68}\ O_{75}\ S_3.$$

Кромѣ альбуминовъ, при этомъ образуются еще болѣе простые продукты распада бѣлковъ, а именно аспарагинъ, тирозинъ, лейцинъ, глютаминъ. Эти продукты распада бѣлковъ принадлежатъ къ простѣйшимъ органическимъ азотистымъ соединеніямъ, такъ называемымъ амидосоединеніямъ. У растеній амидо-соединенія легко вступаютъ въ обратную реакцію съ углеводами и возстановляютъ или регенерируютъ сложную бѣлковую частицу. Въ этомъ крупная разница въ обмѣнѣ веществъ между животными и растеніями. Животныя постоянно выдѣляютъ продукты распада бѣлковъ въ видѣ амидо-соединеній изъ организма; таковы, напримѣръ, моча или потъ животныхъ. Растенія, наоборотъ, очень бережно обращаются

съ своими бѣлковыми соединеніями. Во время ежечаснаго обмѣна веществъ, происходящаго въ растительной клѣткѣ такъ же, какъ и въ животной, и сопровождаемаго продуктами распада бѣлковъ, и въ растительныхъ клѣткахъ накапливаются амидо-соединенія, эти простѣйшія азотистыя соединенія. Но изъ растительныхъ клѣтокъ амидо-соединенія не выдѣляются наружу и не накапливаются въ большомъ количествѣ въ клѣткѣ; ибо амидосоединенія эти, въ родѣ аспарагина, тирозина и др., соединяясь съ новыми углеводистыми частицами, вновь регенерируютъ сложную бѣлковую частицу. Вотъ почему растенія, по сравненію съ животными, могутъ обходиться гораздо меньшимъ количествомъ азотистой пищи, но зато имъ особенно нужны для питанія углеводы (крахмалъ) или жиры, которые въ свою очередь легко могутъ доокисляться до углеводовъ, ибо жиръ въ химическомъ отношеніи отличается отъ углевода главнымъ образомъ меньшимъ количествомъ кислорода.

Хотя въ настоящее время извѣстно уже очень много различныхъ растительныхъ ферментовъ или энзимъ, но попытки получить ихъ въ чистомъ видѣ остаются мало успѣшными, и химическій составъ ихъ точно не извѣстенъ. Поэтому заключаютъ о присутствіи въ растительной клѣткѣ того или иного фермента по его работѣ. При этомъ, чтобы имѣть право сказать, что данная работа произведена въ клѣткѣ ферментомъ, а не живою плазмою, нужно предварительно убить плазму, не разрушая фермента; этого можно достигнуть различными способами, напримѣръ, измельченіемъ растенія, высушиваніемъ его при температурѣ 40—50° или замораживаніемъ при низкихъ температурахъ.

Въ общемъ надо сказать, что большинство, а, можетъ быть, и всѣ химическіе процессы, совершающіеся въ растеніяхъ или животныхъ, должны быть сведены къ ферментативнымъ процессамъ.

Изучая работу ферментовъ въ живыхъ и убитыхъ клѣткахъ, мы видимъ, что хотя въ убитыхъ клѣткахъ ферменты и продолжаютъ свою работу, но работа эта уже не та. Въ убитыхъ клѣткахъ наблюдается отсутствіе согласованія между отдѣльными работниками-ферментами; далѣе, въ убитыхъ клѣткахъ наблюдается истребленіе однихъ ферментовъ другими и, наконецъ, въ

убитыхъ клѣткахъ ферменты беззащитны отъ вреднаго вліянія какъ ядовъ, такъ и бактерій.

На основаніи весьма обстоятельнаго изученія ферментовъ Палладинъ приходитъ къ слѣдующему интересному выводу: „Всѣ извѣстные опыты надъ ферментами показываютъ, что, сведя химическія реакціи, совершающіяся въ живой клѣткѣ, къ разнообразнымъ ферментативнымъ процессамъ, мы еще далеки отъ познанія сущности жизни. Въ живой клѣткѣ дѣятельность ферментовъ регулируется. Наступающая въ клѣткѣ, послѣ ея убиванія, безтолковая работа ферментовъ показываетъ, что они являются, такъ сказать, низшимъ служебнымъ персоналомъ протоплазмы. Протоплазму никакъ нельзя разсматривать только какъ сумму ферментовъ. Ферменты — это чернорабочіе протоплазмы, ею производимые и ею выпускаемые на работу по мѣрѣ надобности и затѣмъ неумолимо запираемые или уничтожаемые, когда ей въ этой работѣ нѣтъ надобности. Когда ферменты становятся ненужны, они при помощи особыхъ антиферментовъ снова превращаются въ недѣятельное состояніе, какъ бы запираются на ключъ до новой потребности въ нихъ. Когда въ нихъ является надобность, они снова переводятся въ дѣятельное состояніе, изъ стадіи профермен-товъ, **активаторами** или **киназами** (возбудителями). Итакъ, различные активаторы или киназы, съ одной стороны, и антиферменты, съ другой, — вотъ тѣ ближайшіе посредники между ферментами и протоплазмой въ ея регулирующей дѣятельности химизма клѣтки.

„Кромѣ активаторовъ (киназъ) и антиферментовъ, принимающихъ непосредственное участіе въ регулированіи дѣятельности ферментовъ, въ животныхъ организмахъ найдены еще особыя вещества, вызывающія къ дѣятельности не одинъ какой-либо ферментъ, а регулирующія правильную работу цѣлыхъ органовъ или даже вызывающія развитіе новыхъ органовъ. Эти вещества, образовавшись въ одной части организма, посылаются въ другую часть его, иногда лежащую на значительномъ разстояніи, гдѣ и вызываютъ цѣлый рядъ соотвѣтствующихъ химическихъ реакцій. Для такихъ веществъ, являющихся типичными химическими посланниками, предложено Стэрлингомъ названіе **гормоновъ**“.

Лекція двадцать третья.

Прорастаніе сѣмянъ въ темнотѣ и въ отсутствіи питательныхъ веществъ.

Чтобы еще глубже проникнуть въ интимную сторону химическихъ процессовъ питанія, совершающихся въ прорастающихъ сѣменахъ, и оцѣнить процессы эти не только съ качественной, но и съ количественной стороны, намъ надо обратиться теперь къ классическимъ опытамъ Буссенго, произведеннымъ имъ еще во второй половинѣ прошлаго столѣтія и опубликованнымъ въ 1868 году, т. е. почти 50 лѣтъ назадъ. Буссенго производилъ изслѣдованія свои надъ различными **мучнистыми сѣменами,** высѣвая ихъ въ безплодную почву, поливая дистиллированной водой и проращивая въ полной темнотѣ. Такимъ образомъ, онъ, кромѣ химически чистой воды и кислорода воздуха, ничего проросткамъ извнѣ не давалъ для ихъ обмѣна веществъ. Опыты при этомъ производились такимъ образомъ, что всегда брались двѣ порціи по возможности совершенно одинаковыхъ сѣмянъ; первая порція высушивалась при температурѣ 100° Ц., затѣмъ взвѣшивался вѣсъ оставшагося сухого вещества сѣмени, и производился химическій количественный анализъ этихъ сѣмянъ. Другая же порція соотвѣтствующихъ сѣмянъ высѣвалась и проращивалась въ темнотѣ и въ отсутствіи какихъ-либо питательныхъ веществъ, и, когда проростки достигали опредѣленной величины, они вынимались цѣликомъ изъ почвы, тщательно вычищались отъ ея частицъ и высушивались тоже при температурѣ въ 100° Ц. Такимъ образомъ опредѣлялся вѣсъ сухого вещества выросшихъ проростковъ, и затѣмъ производился количественный химическій анализъ этого сухого вещества, чтобы опредѣлить, какія измѣненія

произошли въ химическомъ составѣ выросшихъ проростковъ по сравненію съ химическимъ составомъ сѣмянъ. Первою задачею Буссенго было опредѣлить, происходитъ ли при прорастаніи убыль въ вѣсѣ сухого вещества растенія или прибыль его. Вотъ непосредственныя цифровыя данныя, полученныя Буссенго:

1-ый опытъ:

10 сѣмянъ гороха (высушен. при 100° Ц.) вѣсили.	2,237 гр.
10 выросшихъ проростковъ вѣсили	1,076 „
Потеря въ вѣсѣ =	1,161 гр., т. е. 51,9%.

2-ой опытъ:

46 сѣмянъ пшеницы вѣсили . . .	1,665 гр.
46 выросшихъ проростковъ . . .	0,712 „
Потеря въ вѣсѣ =	0,953 гр., т. е. 57%.

3-ій опытъ:

Сѣмя маиса вѣсило	0,5292 гр.
Выросшій проростокъ	0,2900 „
Потеря въ вѣсѣ =	0,2392 гр., т. е. 45%.

4-ый опытъ:

Сѣмя боба вѣсило	0,926 гр.
Выросшій проростокъ	0,566 „
Потеря въ вѣсѣ =	0,360 гр., т. е. ок. 30%.

Изъ этихъ опытовъ мы видимъ, что при прорастаніи сѣмянъ въ темнотѣ и въ отсутствіи питательныхъ веществъ въ почвѣ происходитъ не прибыль, а убыль въ вѣсѣ сухого вещества растенія, и убыль эта не маленькая, достигающая въ среднемъ, какъ видно изъ приведенныхъ цифровыхъ данныхъ, до 50%. Половина сухого вещества сѣмени куда-то теряется при прорастаніи сѣмянъ. На первый взглядъ, результатъ этотъ можетъ показаться абсурднымъ. Если растеніе при прорастаніи ничего извнѣ, изъ почвы, кромѣ воды не

получаетъ, то еще можно понять, что вѣсъ сухого вещества растенія не увеличится, несмотря на то, что прорастающее растеніе растетъ и къ концу прорастанія занимаетъ объемъ иногда во много разъ бо̀льшій, чѣмъ то сѣмя, изъ котораго растеніе выросло. Разъ не откуда взять новаго вещества, то понятно, что трудно ожидать прибыли въ вѣсѣ сухого вещества проростка, и хотя объемъ его сильно увеличивается при прорастаніи, можно объяснить увеличеніе этого объема обильнымъ поглощеніемъ воды во время прорастанія и, слѣдовательно, тѣмъ, что то же самое сухое вещество, сгущенное въ сѣмени, менѣе плотно распредѣляется въ разросшихся и обильно пропитавшихся водою проросткахъ. Не надо упускать также изъ виду, что при прорастаніи растетъ собственно маленькій зародышъ сѣмени на счетъ питательныхъ веществъ, отложенныхъ въ сѣмядоляхъ или въ эндоспермѣ, что объемъ сѣмядолей или эндосперма къ концу прорастанія значительно уменьшается, но зато увеличивается объемъ самого зародыша. Очевидно, что вещество сѣмени перекочевываетъ въ зародышъ, и если бы мы такимъ же образомъ взвѣсили до опыта, напримѣръ, 10 лишь зародышей сѣмени гороха, безъ сѣмядолей, набитыхъ питательнымъ веществомъ, и затѣмъ, послѣ опыта, взвѣсили при тѣхъ же условіяхъ, т. е. предварительно высушивъ до 100° Ц., 10 проростковъ гороха, но тоже безъ сѣмядолей, то мы вправѣ были бы ожидать не убыль въ вѣсѣ сухого вещества при концѣ прорастанія, а прибыль его. Но такіе опыты не дѣлались, вслѣдствіе техническихъ трудностей совершенно точно количественно поставить опыты въ такомъ именно видѣ. Во всякомъ случаѣ, въ томъ видѣ, какъ поставлены были опыты Буссенго, понять отсутствіе прибыли въ вѣсѣ сухого вещества проростковъ не трудно. Но мы имѣемъ здѣсь дѣло не съ отсутствіемъ прибыли въ вѣсѣ сухого вещества проростковъ, а съ убылью въ вѣсѣ, и при томъ съ убылью весьма значительной, до 50% и больше. Значитъ, при прорастаніи сѣмянъ въ темнотѣ и въ отсутствіи питательныхъ веществъ извнѣ, несмотря на ростъ проростковъ и значительное увеличеніе объема ихъ, проростки все же половину запасного питательнаго сухого вещества куда-то тратятъ, теряютъ.

Чтобы понять, куда именно при прорастаніи теряется половина вѣса сухого вещества сѣмени, надо путемъ количественнаго анализа опредѣлить, что именно тратится при прорастаніи, какое именно вещество идетъ при этомъ на убыль. Это можно опредѣлить двоякимъ путемъ: произвести элементарный количественный химическій анализъ сѣмянъ до ихъ прорастанія и такой же элементарный анализъ выросшихъ изъ подобныхъ же сѣмянъ проростковъ, и произвести вѣсовой органическій анализъ сѣмянъ и ихъ проростковъ. То и другое сдѣлалъ Буссенго. Прилагаемая таблица I представляетъ результатъ элементарнаго анализа сѣмянъ и ихъ проростковъ.

Таблица I.	Вѣсъ	C	H	O	N	Зола
1-ый опытъ: 10 сѣм. гороха . .	2,237	1,040	0,137	0,897	0,094	0,069
10 проростковъ . .	1,076	0,473	0,065	0,397	0,072	0,069
Разность	1,161	0,567	0,072	0,500	0,022	**0,000**
2-ой опытъ: 46 сѣмянъ пшеницы.	1,665	0,758	0,095	0,718	0,057	0,058
46 проростковъ . .	0,712	0,293	0,043	0,282	0,057	0,058
Разность	0,953	0,465	0,052	0,436	**0,000**	**0,000**
3-ій опытъ: 1 сѣмя кукурузы . .	0,5292	0,2355	0,0337	0,2422	0,0086	0,0096
1 проростокъ . . .	0,2900	0,1448	0,0195	0,1350	0,0087	0,0100
Разность	0,2392	0,0907	0,0142	0,1070	**0,0001**	**0,0004**
4-ый опытъ: 1 сѣмя боба . . .	0,926	0,4069	0,0563	0,3762	0,0413	0,0456
1 проростокъ . . .	0,566	0,2484	0,0331	0,1911	0,0408	0,0456
Разность	0,360	0,1585	0,0232	0,1781	**0,0005**	**0,0000**

Изъ этой таблицы мы видимъ, что убыль сухого вещества падаетъ у проростковъ мучнистыхъ (крахмалистыхъ) сѣмянъ на **углеродъ**, **водородъ** и **кислородъ**, и притомъ послѣднихъ двухъ элементовъ въ той же вѣсовой пропорціи, какъ если бы элементы эти находились въ водѣ, составляли бы воду, т. е. въ пропорціи H_2O. Азотъ и минеральныя вещества (зола) остались безъ измѣненія, какъ ясно показываетъ таблица. Только въ первомъ опытѣ замѣчается довольно значительная убыль и азота, до 25% (0,022 на 0,094 азота, бывшаго въ 10 сѣменахъ гороха), но Буссенго объясняетъ убыль азота въ первомъ опытѣ неточной постановкой самого опыта; по его же

TRU Raamatukogu

словамъ, онъ въ этомъ опытѣ недостаточно хорошо освободилъ кончики корешковъ проростковъ отъ почвы, недостаточно тщательно выдернулъ ихъ изъ почвы, такъ что часть корешковъ осталась въ почвѣ; отсюда, по его мнѣнію, и убыль азота въ проросткахъ. Послѣдующіе опыты произведены были гораздо тщательнѣе, и вездѣ мы видимъ, что азотъ и зола остались безъ перемѣны, такъ какъ наблюдаемыя разницы въ количествѣ нѣсколькихъ десятитысячныхъ не могутъ быть принимаемы во вниманіе и лежатъ въ предѣлахъ погрѣшностей самихъ вычисленій.

Итакъ, элементарный химическій анализъ проростковъ мучнистыхъ сѣмянъ показываетъ намъ, что проростки эти, теряя при прорастаніи своемъ до 50 % въ вѣсѣ сухого вещества, теряютъ именно углеродъ и водородъ и кислородъ въ пропорціи H_2O, а азотъ и зольныя (минеральныя) вещества остаются въ нихъ безъ измѣненія. Сколько ихъ было до прорастанія въ сѣменахъ, столько же осталось и послѣ прорастанія.

Вторая таблица Буссенго даетъ результаты химическаго количественнаго органическаго анализа сѣмянъ и ихъ проростковъ.

Таблица II.	Вѣсъ сухого вещества	Крахмалъ и декстринъ	Глюкоза и сахаръ	Масло	Клѣтчатка	Бѣлковыя соединенія	Минеральныя части	Вещества неопредѣленныхъ составовъ
I-ый оп.: 22 сѣм. маиса	8,636	6,386	—	0,463	0,516	0,880	0,156	0,235
22 проростка	4,529	0,777	0,953	0,150	0,316	0,880	0,156	0,297
Разница	—4,107	**—5,609**	*+0,953*	*—0,313*	*+0,800*	0,000	0,000	+0,062
2-ой оп.: 1 сѣм. маиса	0,489	0,362	—	0,026	0,029	0,050	0,009	0,013
1 проростокъ	0,300	—	0,129	0,005	0,090	0,050	0,009	0,017
Разница	—0,189	**—0,362**	*+0,129*	*—0,021*	*+0,061*	**0,000**	**0,000**	+0,004

Изъ этой таблицы мы видимъ, что при прорастаніи мучнистыхъ сѣмянъ въ темнотѣ и въ отсутствіи питательныхъ веществъ происходитъ значительная убыль въ вѣсѣ крахмала и декстрина, а также убыль масла, котораго, впрочемъ, въ мучнистыхъ сѣменахъ немного. Зато происходитъ новообразованіе глюкозы и сахара, которыхъ совершенно нѣтъ въ сѣменахъ, и значительное увеличеніе количествъ клѣтчатки. Бѣлковыя соединенія и минеральныя вещества остались безъ измѣненія: сколько ихъ было въ сѣменахъ, столько же оказалось и въ выросшихъ изъ такихъ же сѣмянъ проростковъ. Результаты эти довольно понятны. Мы знаемъ, что при прорастаніи сѣмянъ крахмалъ подъ вліяніемъ фермента, діастаза, обращается въ сахаръ и, передаваясь такимъ образомъ изъ клѣтки въ клѣтку, служитъ матеріаломъ для построенія клѣточныхъ оболочекъ, клѣтчатки. Отсюда сильная убыль крахмала, отчасти масла, доокисляющагося до крахмала, и новообразованіе глюкозы, сахара и клѣтчатки. Далѣе мы знаемъ, что растенія очень бережно обращаются со своими бѣлковыми соединеніями; что хотя бѣлки въ живыхъ клѣткахъ постоянно распадаются, но продукты распада ихъ — аспарагинъ, тирозинъ и др., соединяясь съ крахмаломъ, вновь возстановляютъ бѣлковыя частицы. Такимъ образомъ бѣлки хотя и постоянно разлагаются, но вновь регенерируются, а потому въ проросткахъ бѣлковыя соединенія не убываютъ и не прибываютъ, а ровно и азотъ, что ясно видно изъ обѣихъ таблицъ Буссенго и хорошо вяжется съ тѣмъ, что мы уже раньше говорили про превращенія бѣлковыхъ соединеній въ растительныхъ клѣткахъ.

Но если мы сложимъ убыль крахмала и масла и вычтемъ изъ этой убыли прибыль сахара и клѣтчатки, то увидимъ, что все же убыль вещества значительно превышаетъ прибыль, и убыль эта падаетъ на крахмалъ, т. е. на $C_6 H_{10} O_5$, иначе говоря, на углеродъ и водородъ и кислородъ въ пропорціи H_2O, что мы уже видѣли и изъ элементарнаго анализа (см. табл. I).

Итакъ, при прорастаніи мучнистыхъ сѣмянъ въ темнотѣ и въ отсутствіи питательныхъ веществъ, происходитъ значительная потеря крахмала. Часть его идетъ на образованіе сахара и клѣтчатки, часть потребляется на регенерацію бѣлковъ во время ихъ распада, значительная же часть тратится проростками куда-то совершенно. Мучнистыя сѣмена обильно

заполнены запаснымъ крахмаломъ. При прорастаніи они теряютъ около 50% вѣса своего сухого вещества, и потеря эта, какъ мы теперь видимъ, падаетъ на крахмалъ. Крахмалъ во время прорастанія идетъ не только на питаніе, на новообразованіе глюкозы, сахара, клѣтчатки, на регенерацію бѣлковъ, но и совершенно тратится проростками, выдѣляется въ видѣ какихъ-то соединеній изъ организма. Этимъ-то и объясняется сильная потеря въ вѣсѣ сухого вещества при прорастаніи, достигающая 50 %. Таковы точные и классическіе опыты Буссенго, произведенные имъ почти 50 лѣтъ назадъ.

Опыты эти повторены были впослѣдствіи и надъ другими сѣменами. Такъ, напримѣръ, Шульце произвелъ аналогичные опыты надъ **бѣлковыми сѣменами** лупина, которыя можно такъ назвать потому, что въ нихъ имѣется, кромѣ крахмала, большой запасъ бѣлковыхъ соединеній. Вотъ результаты анализа Шульце сѣмянъ и проростковъ *Lupinus luteus*:

	Сухое вещество	Бѣлковыя вещества	Аспарагинъ	Остальныя азотистыя вещества	Глюкоза	Клѣтчатка
Сѣмена . .	100	45,07	—	11,66	—	3,24
Проростки .	81,70	11,66	18,22	23,97	2,10	6,47
Разность въ %	—18,30	—33,41	+18,22	+12,31	+2,10	+3,23

Трата вещества и здѣсь падаетъ на углеродъ, водородъ и кислородъ. Но здѣсь количество бѣлковыхъ веществъ сильно уменьшается, зато появляются въ большомъ количествѣ аспарагинъ и другіе амиды. Изъ безазотистыхъ веществъ появляется глюкоза и значительно увеличивается количество клѣтчатки. При прорастаніи бѣлковыхъ сѣмянъ, какъ побочный продуктъ при распаденіи бѣлковыхъ веществъ, появляется также сѣрная кислота, количество которой увеличивается по мѣрѣ прорастанія, какъ видно изъ слѣдующей таблицы:

Въ сѣменахъ *Lupinus* . .	0,385	гр. сѣрной кислоты
На 7-й день прорастанія .	0,610	— — —
— 15-й — — .	1,323	— — —

При прорастаніи **маслянистыхъ сѣмянъ** замѣчается также убыль сухого вещества, но убыль эта падаетъ здѣсь только на углеродъ и водородъ, тогда какъ количество кислорода при прорастаніи маслянистыхъ сѣмянъ не только не уменьшается, а, наоборотъ, значительно увеличивается. Это увеличеніе кислорода объясняется тѣмъ, что жиры значительно бѣднѣе кислородомъ, чѣмъ углеводы, а между тѣмъ при прорастаніи маслянистыхъ сѣмянъ замѣчается убыль жировъ и накопленіе крахмала, что возможно лишь при условіи поглощенія кислорода извнѣ и окисленія жировъ. Какъ показали изслѣдованія, при прорастаніи маслянистыхъ сѣмянъ въ тканяхъ проростковъ увеличивается количество жирныхъ кислотъ, превращающихся затѣмъ при дальнѣйшемъ окисленіи въ углеводы. Такъ, напримѣръ, въ 20 граммахъ сѣмянъ мака было 8,915 граммовъ жировъ и 0,975 гр. свободныхъ жирныхъ кислотъ. Послѣ четырехдневнаго прорастанія въ проросткахъ мака оказалось свободныхъ жирныхъ кислотъ уже 3,770 грамма, а жировъ всего 3,900 гр. Азотъ остается безъ измѣненія и при прорастаніи маслянистыхъ сѣмянъ.

Слѣдующая таблица указываетъ химическія превращенія, происходящія при прорастаніи маслянистыхъ сѣмянъ подсолнечника. 100 вѣсовыхъ частей сѣмянъ дали послѣ прорастанія 88,98 вѣсовыхъ частей проростковъ, т. е. убыль сухого вещества равна здѣсь всего 11,02 %.

	Въ 100 частяхъ сѣмянъ	Въ 88,98 частяхъ проростковъ
Бѣлковыя вещества	24,06	13,34
Нуклеинъ и пластинъ . . .	0,96	4,05
Аспарагинъ и глютаминъ . . .	—	3,60
Лецитинъ	0,44	0,71
Жиры	55,32	21,82
Сахароза и др.	3,78	13,12
Раств. огранич. кислоты . . .	0,56	2,16
Клѣтчатка	2,54	10,25
Гемицеллюлёза	—	3,41

Т. е., при прорастаніи сѣмянъ подсолнечника сильная убыль вещества падаетъ на бѣлковыя соединенія и жиры, и наблюдается значительная прибыль нуклеина, амидо-соединеній, сахарозы, жирныхъ кислотъ и въ особенности клѣтчатки.

Лекція двадцать четвертая.

Дыханіе растеній. Приборы для изученія этого процесса.

На прошлой лекціи мы видѣли, что при прорастаніи мучнистыхъ сѣмянъ въ темнотѣ и въ отсутствіи питательныхъ веществъ происходитъ значительная убыль въ вѣсѣ сухого вещества, падающая на C, H и O, и что при этомъ происходитъ весьма значительная трата крахмала. Эта убыль въ вѣсѣ сухого вещества объясняется ничѣмъ инымъ, какъ процессомъ дыханія. **Дыханіе** растеній, такъ же какъ и дыханіе животныхъ, состоитъ въ поглощеніи изъ окружающей атмосферы кислорода и выдыханіи углекислоты. Животныя имѣютъ особые дыхательные органы, легкія или жабры, при помощи которыхъ они вдыхаютъ изъ воздуха кислородъ и выдыхаютъ углекислоту. Но такъ же, какъ и питаніе, дыханіе животныхъ состоитъ въ сущности не изъ вдыханія кислорода дыхательными органами и выдыханія углекислоты, а дышутъ всѣ живыя клѣтки животнаго, къ которымъ кислородъ воздуха изъ легкихъ или жабръ доставляется кровеносной системой. Такъ же и у растеній всѣ живыя клѣтки его постоянно дышутъ, постоянно нуждаются въ притокѣ кислорода и взамѣнъ его выдѣляютъ углекислоту. Растенія не имѣютъ спеціальныхъ органовъ дыханія, какъ животныя, а потому они дышутъ всей поверхностью своего тѣла, поглощая кислородъ воздуха либо прямо молодыми своими тканями (конусами нарастанія), либо дыхательными устьицами и чечевичками. Дыханіе любого организма грубо, схематически можно сравнить съ горѣніемъ. Организмъ живыми клѣтками своими

поглощаетъ кислородъ воздуха. Этотъ послѣдній внутри клѣтки соединяется съ легко окисляемымъ веществомъ клѣтки, каковымъ является крахмалъ. Крахмалъ окисляется кислородомъ, иначе говоря, сгораетъ, по формулѣ:

$$C_6H_{10}O_5 + 6O_2 = 6CO_2 + 5H_2O,$$

причемъ выдѣляется углекислота и вода, а равно и свободная энергія. При сжиганіи крахмала въ кислородѣ воздуха выдѣляется энергія — тепло и пламя. При медленномъ сгораніи частицы крахмала въ живой клѣткѣ въ процессѣ дыханія также выдѣляется свободная энергія, но не въ видѣ пламени или тепла, а въ видѣ той энергіи, которую когда то называли жизненной силой, и которая проявляетъ себя различными жизненными явленіями — чувствительностью, движеніями, ростомъ, размноженіемъ и прочими жизненными актами. Вотъ почему безъ дыханія не мыслима жизнь, и вотъ почему одно изъ первыхъ условій жизни растеній и животныхъ — присутствіе кислорода въ окружающей атмосферѣ. Теперь намъ понятно, почему одно изъ важнѣйшихъ условій прорастанія сѣмянъ — присутствіе кислорода воздуха, ибо проростокъ дышетъ и только благодаря дыханію можетъ расти, слѣдовательно, прорастать, производить различныя жизненныя функціи, вырабатывать ферменты, питаться и проч. Теперь намъ понятна также значительная убыль въ вѣсѣ сухого вещества сѣмянъ при прорастаніи ихъ въ темнотѣ и въ безплодной почвѣ. Половина сухого вещества сѣмени при прорастаніи сжигается въ процессѣ дыханія. Но сжиганіе это не безполезно организму. Ибо, сжигая половину запасного питательнаго вещества своего въ процессѣ дыханія, растенія при этомъ добываютъ ту свободную энергію, которая имъ необходима для всѣхъ ихъ жизненныхъ функцій. Растенія при дыханіи не просто безцѣльно прожигаютъ жизнь и запасенные въ нихъ огромные капиталы, а такъ же сжигаютъ свои капиталы, какъ какія-нибудь фабрики и заводы ежедневно сжигаютъ массу дровъ или каменнаго угля не на вѣтеръ, такъ сказать, а для полученія той рабочей энергіи, которая приводитъ въ движеніе различные сложные механизмы фабрикъ и производитъ огромную полезную работу. Такъ и въ организмахъ: выдѣляемая при сжиганіи углеводовъ энергія превращается

во всю ту сумму полезной работы, которую постоянно въ теченіе всей своей жизни производитъ организмъ. И чѣмъ энергичнѣе живетъ организмъ, тѣмъ, слѣдовательно, энергичнѣе должно идти его дыханіе, тѣмъ больше въ единицу времени должно быть сожжено въ его тѣлѣ, въ его живыхъ клѣткахъ запасного питательнаго вещества. Безъ доступа кислорода, иначе говоря, безъ дыханія, не только невозможно прорастаніе сѣмянъ: всѣ жизненныя явленія останавливаются, какъ только мы прекратимъ доступъ кислорода къ организму. Движеніе протоплазмы прекращается въ отсутствіи кислорода. Мимоза теряетъ свою чувствительность и перестаетъ реагировать на механическія раздраженія въ отсутствіи кислорода. Въ безкислородной средѣ прекращаются не только ростъ и движеніе растеній, но прекращается и питаніе ихъ. Однимъ словомъ, останавливаются всѣ функціи.

Понятно намъ также теперь, почему, при прорастаніи мучнистыхъ сѣмянъ въ темнотѣ и въ отсутствіи питательныхъ веществъ, убыль сухого вещества падаетъ именно на C, H и O, и притомъ H и O въ той пропорціи, какъ они имѣются въ водѣ, ибо по формулѣ дыханія

$$C_6H_{10}O_5 + 6O_2 = 6CO_2 + 5H_2O$$

сгораетъ крахмалъ, состоящій изъ C, H и O и выдѣляется вода, т. е. H и O въ пропорціи воды (H_2O). При этомъ происходитъ слѣдующій обмѣнъ газовъ: сколько по объему поглощается кислорода (6 объемовъ), столько же по объему выдѣляется и углекислоты (6 объемовъ), какъ видно изъ формулы дыханія.

Изучать процессъ дыханія можно при помощи различныхъ приборовъ, причемъ можно изучать количество поглощаемаго при дыханіи кислорода, или количество выдѣляемой углекислоты, или одновременно учитывать количество того и другого газа, вдыхаемаго и выдыхаемаго. Принимая, что объемы обмѣниваемыхъ газовъ при дыханіи равны, намъ въ сущности безразлично, которому изъ этихъ газовъ вести количественный учетъ. Но такъ какъ, какъ увидимъ далѣе, не всегда въ дѣйствительности объемы эти равны между собою, то, конечно, самое цѣлесообразное имѣть такіе приборы, которые позволяли бы вести учетъ каждаго обмѣниваемаго газа отдѣльно.

Наиболѣе простой приборъ для изученія процесса дыханія представляетъ такъ называемая **эвдіометрическая трубка** (см. рис. 282). Это стеклянная трубка, открытая съ одной стороны и наглухо запаянная съ другой, раздѣленная черточками на равные объемы. Въ эту трубку, въ которой имѣется обыкновенный воздухъ, состоящій, какъ извѣстно, изъ 4 объемныхъ частей азота и одного объема кислорода, помѣщаютъ растеніе или часть растенія, дыханіе котораго мы желаемъ изучить, напримѣръ, прорастающую горошину, какъ видно на нашемъ рисункѣ (см. рис. 282). Трубку открытымъ концомъ поворачиваютъ внизъ, опускаютъ въ ртутную ванну и затѣмъ, при помощи каучуковой трубочки, высасываютъ изъ нея немного воздуха. Ртуть слегка подымается въ трубкѣ, и мы отмѣчаемъ то дѣленіе, на которомъ стоитъ теперь ртуть, и ставимъ приборъ нашъ въ темную комнату. Вообще, или всѣ опыты съ дыханіемъ растеній производятся въ темнотѣ, или берутся для изученія дыханія безхлорофильныя растенія (напримѣръ, грибы) или части растенія, и тогда можно производить опыты съ дыханіемъ и на свѣтѣ. Черезъ нѣсколько времени, при помощи пипетки, вводимъ въ эвдіометрическую трубку растворъ ѣдкаго кали или ѣдкаго натра. Растворъ этотъ поглощаетъ выдохнутую за этотъ промежутокъ времени углекислоту, ртуть въ трубкѣ поднимается, и, по разности стоянія ртути въ трубкѣ послѣ опыта и до опыта, мы можемъ судить о количествѣ выдѣленной во время опыта углекислоты.

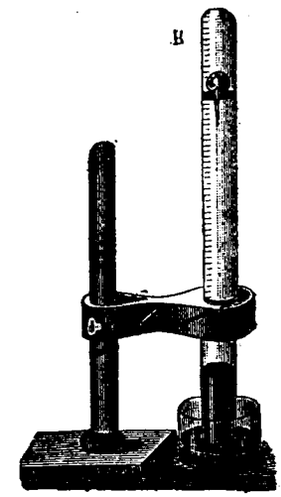


Рис. 282. Эвдіометрическая трубка или приборъ для изученія дыханія растеній.

При помощи того же прибора мы можемъ опредѣлить количество поглощеннаго въ данное время растеніемъ кислорода. Тогда растворъ ѣдкой щелочи вводятъ въ эвдіометрическую трубку въ самомъ началѣ опыта, при установкѣ эвдіометрической трубки, и ставятъ весь приборъ въ темноту. Растеніе дышетъ, выдѣляетъ углекислоту, но она тотчасъ

же поглощается ѣдкой щелочью и въ трубкѣ не накапливается. Вмѣстѣ съ тѣмъ растеніе все время поглощаетъ кислородъ, замкнутый въ трубкѣ, и, слѣдовательно, воздухъ въ трубкѣ разрѣжается, отчего ртуть постепенно поднимается въ трубкѣ. Разность въ стояніи ртути въ концѣ опыта и въ началѣ опыта укажетъ намъ теперь количество поглощенное въ теченіе опыта кислорода въ объемныхъ единицахъ эвдіометрической трубки.

Наконецъ, при помощи этого прибора можно опредѣлить и количество поглощеннаго въ данную единицу времени кислорода, и количество выдохнутой въ то же время углекислоты. Для этого заряжаютъ эвдіометрическую трубку такъ же, какъ въ первомъ опытѣ, и ставятъ ее на нѣсколько времени въ темноту, скажемъ, на два часа. По прошествіи этого времени вводятъ въ эвдіометрическую трубку растворъ ѣдкаго кали, который поглотитъ всю выдѣленную за два часа растеніемъ углекислоту. Ртуть въ трубкѣ подымется, и мы можемъ опредѣлить такимъ образомъ объемъ выдохнутой за два часа угрекислоты. Теперь при помощи все той же пипетки введемъ въ эвдіометрическую трубку растворъ пирогалловой кислоты. Пирогалловая кислота съ оставшимся ѣдкимъ кали образуетъ пирогалловокислое кали, жадно поглощающее кислородъ. Оставшійся въ трубкѣ кислородъ весь поглотится этимъ соединеніемъ, и ртуть въ трубкѣ снова подымется на нѣсколько дѣленій. Это второе поднятіе ртути укажетъ намъ объемъ оставшагося въ трубкѣ кислорода. А такъ какъ объемъ бывшаго въ трубкѣ кислорода намъ приблизительно извѣстенъ — это пятая часть всего газа, бывшаго въ трубкѣ до опыта, то, вычитая полученный объемъ оставшагося къ концу опыта въ трубкѣ кислорода изъ первоначальнаго его объема, мы получимъ объемъ кислорода, вдохнутый растеніемъ во время опыта. Изслѣдованія показываютъ, что если дыханіе идетъ на счетъ углеводовъ (напримѣръ, крахмала), то дѣйствительно объемы обмѣниваемыхъ газовъ при дыханіи равны, какъ то и слѣдуетъ по химической формулѣ дыханія.

Опыты съ эвдіометрической трубкой весьма просты и наглядны, но опыты эти не точны. Неточность ихъ заключается, во-первыхъ, въ томъ, что дыханіе идетъ въ спертомъ

воздухѣ, гдѣ постепенно мѣняется относительное количество кислорода къ азоту, гдѣ кислорода дѣлается все меньше или, какъ выражаются, уменьшается парціальное давленіе кислорода, что само по себѣ должно отражаться на дыханіи. Во-вторыхъ, если мы вводимъ ѣдкую щелочь въ эвдіометрическую трубку послѣ опыта (какъ въ опытахъ первомъ и третьемъ), то, кромѣ того, въ теченіе опыта накопляется въ трубкѣ углекислый газъ, самъ по себѣ очень вредный и дѣйствующій на растенія, какъ ядъ, если его накапливается много въ атмосферѣ. Наконецъ, въ-третьихъ, эвдіометрическая трубка очень узка и высока, и мы можемъ изслѣдовать въ ней лишь небольшія растенія или небольшія ихъ части, и не всегда самую трубку можемъ во все время опыта поддерживать при одинаковыхъ внѣшнихъ, напримѣръ, температурныхъ условіяхъ, а внѣшнія условія, какъ увидимъ, сильно вліяютъ на ходъ дыхательнаго процесса.

Вслѣдствіе всѣхъ указанныхъ недостатковъ этого прибора нѣкоторыми изслѣдователями построены были различные другіе приборы, болѣе точные, но и болѣе сложные, при помощи которыхъ изучался процессъ дыханія. Не имѣя намѣренія излагать здѣсь устройство всѣхъ такихъ приборовъ, я разскажу вамъ въ краткихъ словахъ лишь нѣкоторые классическіе болѣе старинные приборы, при помощи которыхъ были добыты важнѣйшіе результаты, касающіеся газоваго обмѣна въ растеніи при процессѣ дыханія.

Приборъ Волкова и Мейера построенъ такимъ образомъ (см. рис. 283). Это V-образно-изогнутая трубка; одно колѣно (лѣвое) этой трубки широкое, и въ немъ помѣщается сосудъ (*b*) съ растеніями или ихъ частями, дыханіе которыхъ хотятъ изучить, другое же (правое) колѣно узкое, градуированное, т. е. раздѣленное поперечными черточками на равные объемы. Оба конца этой трубки открыты, но широкій конецъ ея (лѣваго колѣна) герметически замыкается пришлифованной стеклянной пластинкой. Прежде чѣмъ, однако, замкнуть широкое колѣно этой стеклянной пластинкой, въ него вводятъ снизу стаканчикъ съ ѣдкой щелочью и лишь тогда герметически закрываютъ широкое колѣно и оба конца трубки опускаютъ въ ртутную ванну. Весь приборъ ставятъ затѣмъ на треножникѣ въ широкій стеклянный сосудъ *A*, наполненный водою, и затѣмъ все это помѣщаютъ на песоч-

ную ванну B, въ свою очередь установленную на довольно высокомъ треножникѣ, и затѣмъ помѣщаютъ весь составленный такимъ образомъ приборъ въ темную комнату. Въ сосудѣ A на штативѣ e помѣщенъ въ воду термометръ t. Воду въ сосудѣ A или можно нагрѣвать до желаемой температуры газовой горѣлкой, поставленной подъ песочной ванной B, или охлаждать снѣгомъ или льдомъ. Такимъ образомъ можно вести опыты надъ дыханіемъ растеній при любой желаемой температурѣ и выяснить вліяніе температуры на процессъ дыханія. Растеніе, замкнутое въ V-образной трубкѣ, дышетъ, выдѣляетъ углекислоту, тотчасъ поглощаемую растворомъ ѣдкой щелочи, и вдыхаетъ кислородъ замкнутаго въ V-образной трубкѣ пространства. Отъ этого въ замкнутомъ пространствѣ воздухъ разрѣжается, и ртуть въ узкомъ колѣнѣ прибора подымается. По поднятію ртути можно весьма точно опредѣлить количество кислорода, вдохнутое растеніемъ въ единицу времени.

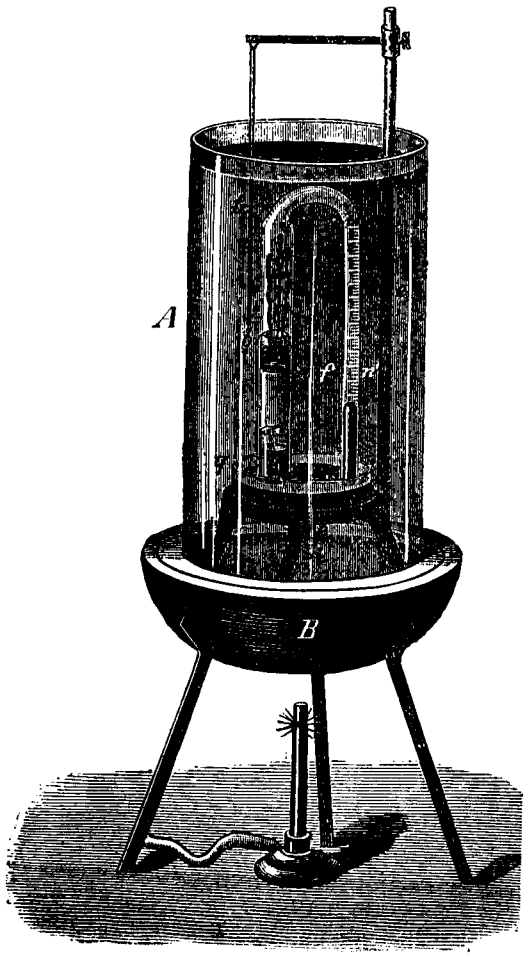


Рис. 283. Приборъ Волкова и Мейера для изученія дыханія растеній.

Хотя въ приборѣ Волкова и Мейера дыханіе происходитъ тоже въ спертомъ воздухѣ, и парціальное давленіе кислорода постепенно уменьшается, но преимущества этого прибора, по сравненію съ эвдіометрической трубкой, слѣдующія: 1) здѣсь не накапливается вредная для жизни растенія углекислота, ибо она все время поглощается растворомъ ѣдкой щелочи въ стаканчикѣ c; 2) широкое колѣно прибора даетъ возможность помѣщать для изслѣдованія болѣе крупныя растенія или ихъ части, а узкое градуированное колѣно даетъ возможность точнѣе опредѣлить количество вдохнутаго кислорода; 3) помѣщеніе V-образной трубки въ сосудъ A съ водою и прочія приспособленія прибора даютъ возможность весьма точно регулировать температуру вокругъ V-образной трубки, и, слѣдовательно, при помощи этого прибора можно удобно изучать вліяніе температуры на дыханіе. При помощи прибора Волкова и Мейера можно изучать лишь одну сторону дыханія, а именно, количество поглощаемаго кислорода, и основной недостатокъ эвдіометрической трубки — спертость воздуха въ замкнутомъ пространствѣ — здѣсь все же не устраненъ.

Приборъ Сакса построенъ на другомъ совершенно принципѣ. А именно, въ его приборѣ растеніе все время дышетъ нормальнымъ воздухомъ. Растеніе помѣщается въ постоянной струѣ свѣжаго воздуха, и цѣлымъ рядомъ приспособленій, во-первыхъ, стараются очистить пропускаемую черезъ приборъ съ растеніемъ струю воздуха отъ углекислоты и другихъ постороннихъ примѣсей и дать растенію чистый воздухъ, состоящій изъ $^4/_5$ азота и $^1/_5$ кислорода, и, во-вторыхъ, другими приспособленіями стараются уловить и учесть количество выдохнутой растеніемъ углекислоты. При помощи прибора Сакса можно количественно опредѣлить тоже только одну фазу дыханія, а именно, точно учесть количество выдѣленной углекислоты. Но преимущество этого прибора заключается въ томъ, что растеніе дышетъ не спертымъ воздухомъ и все время находится въ постоянномъ токѣ нормальнаго воздуха. Рис. 284 изображаетъ не самъ приборъ Сакса, который построенъ сложнѣе, но принципъ, на которомъ устроенъ этотъ приборъ. Растенія, дыханіе которыхъ хотятъ изучить, помѣщаютъ въ сосудъ $Б$, напримѣръ, прорастающія сѣмена, и черезъ сосудъ $Б$ пропускаютъ при помощи аспиратора ($Г$) постоянный токъ воздуха. Аспираторъ ($Г$) состоитъ изъ боль-

шой бутыли, плотно замкнутой наверху пробкой, наполненной водой и имѣющей внизу кранъ (*к*), черезъ который вода изъ бутыли *Г* постепенно выливается. Поэтому въ верхней части бутыли образуется разрѣженный воздухъ, высасывающій нормальный воздухъ изъ сосуда *Б* черезъ трубки *4*, *5*, *6* и *7*, а въ сосудъ *Б* свѣжій воздухъ входитъ черезъ трубки *1*, *2*, *3*. На пути между внѣшнимъ воздухомъ и сосудомъ *Б* съ сѣменами помѣщается стклянка *А* съ растворомъ ѣдкой щелочи. Внѣшній воздухъ черезъ *1*-ю длинную трубку входитъ въ стклянку *А* и пузырьками проходитъ черезъ растворъ ѣдкой щелочи, очищаясь отъ малѣйшихъ примѣсей

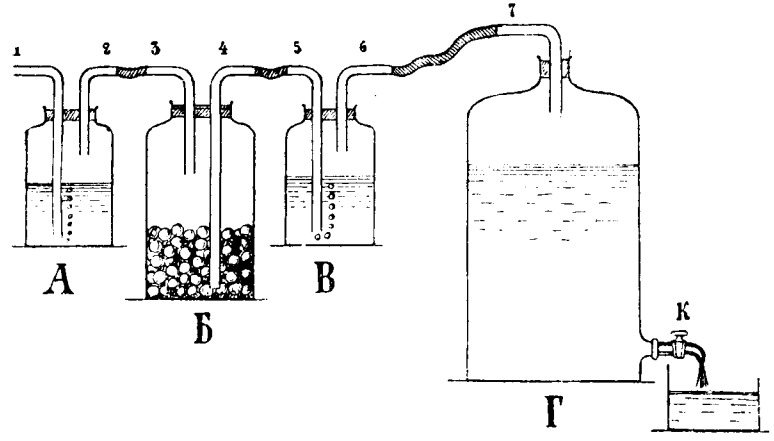


Рис. 284. Приборъ для изученія дыханія растеній съ постояннымъ токомъ воздуха (упрощенный приборъ системы Сакса).

углекислоты, всегда имѣющейся въ незначительномъ количествѣ въ обыкновенномъ воздухѣ. Черезъ короткія трубки *2* и *3* очищенный отъ углекислоты воздухъ входитъ въ сосудъ *Б*. Здѣсь, вслѣдствіе дыханія прорастающихъ сѣмянъ, очищенный воздухъ снова загрязняется выдыхаемой сѣменами углекислотой и черезъ *4*-ю трубку выходитъ изъ сосуда *Б*. Черезъ длинную *5*-ю трубку онъ попадаетъ въ стклянку *В* съ растворомъ ѣдкой щелочи, гдѣ снова начисто очищается отъ углекислоты, выдѣленной дыханіемъ сѣмянъ, и черезъ трубки *6* и *7*-ю проходитъ совершенно очищеннымъ отъ углекислаго газа въ аспираторъ (*Г*). Взвѣшивая стклянку *В* до опыта и послѣ опыта, можно опредѣлить путемъ прибыли вѣса въ стклянкѣ *В* количество выдохнутаго

въ теченіе опыта углекислаго газа. Его можно опредѣлить также путемъ титрованія ѣдкой щелочи въ стклянкѣ *В* послѣ опыта. Дыханіе при такой постановкѣ опыта идетъ при нормальныхъ условіяхъ, такъ какъ растенія или сѣмена все время находятся въ постоянномъ токѣ свѣжаго очищеннаго воздуха.

Остроумный **приборъ** для одновременнаго опре-

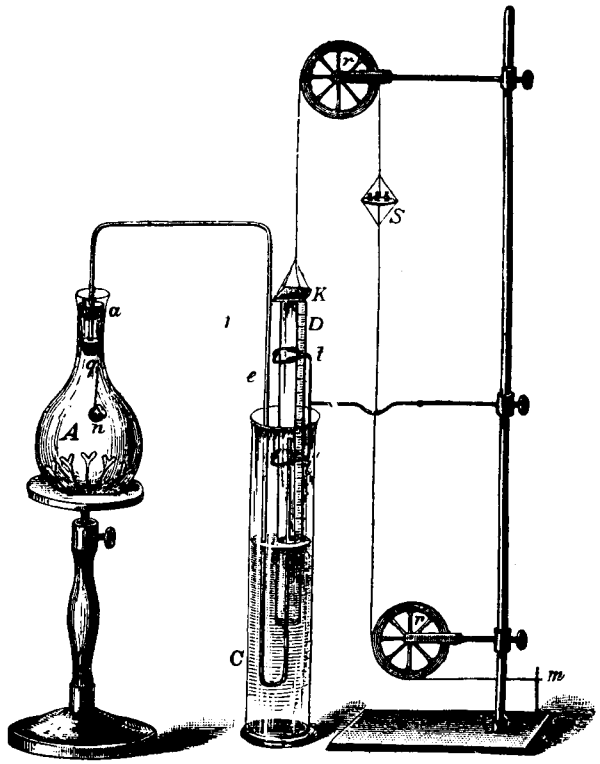


Рис. 285. Приборъ Годлевскаго для изученія дыханія растеній.

дѣленія количества вдыхаемаго кислорода и выдыхаемой углекислоты придуманъ былъ **Годлевскимъ** (см. рис. 285). Принципъ прибора этого слѣдующій. Въ колбу *А* помѣщаются проростки сѣмянъ, дыханіе которыхъ хотятъ изучить, и колбу эту герметически закупориваютъ каучуковой плотной пробкой *a*. Къ этой пробкѣ на проволокѣ прикрѣпляется маленькій стаканчикъ *n* съ растворомъ ѣдкаго кали или натра, въ теченіе всего опыта поглощающ-

щаго выдыхаемую проростками углекислоту. Количество выдѣленной углекислоты опредѣляется либо взвѣшиваніемъ стаканчика n до опыта и послѣ опыта, либо титрованіемъ. Вслѣдствіе поглощенія углекислоты воздухъ въ герметически замкнутой колбѣ A разрѣжается, ибо растенія поглощаютъ изъ атмосферы, наполняющей колбу, кислородъ, а выдѣляемая ими углекислота немедленно удаляется изъ колбы стаканчикомъ n. Черезъ гутаперчевую пробку a колбы проведена изогнутая стеклянная трубка e. Эта трубка однимъ концомъ просунута черезъ пробку a въ колбу A, но нижній открытый конецъ ея замкнутъ маленькой ртутной ванной q, подвѣшенной къ пробкѣ a. Другимъ длиннымъ изогнутымъ концомъ трубка эта сообщается съ эвдіометромъ D, наполненнымъ чистымъ кислородомъ. Эвдіометръ открытымъ концомъ своимъ опущенъ въ стеклянный цилиндръ C, наполненный ртутью. Конечно, эвдіометръ черточками точно градуированъ на опредѣленные объемы и поддерживается въ вертикальномъ положеніи штативомъ t. Передъ опытомъ эвдіометръ устанавливается такъ, чтобы ртуть въ эвдіометрѣ и въ сосудѣ C стояла на одномъ уровнѣ, т. е., иначе говоря, чтобы кислородъ, наполняющій эвдіометръ, былъ подъ атмосфернымъ давленіемъ. По мѣрѣ разрѣженія воздуха въ колбѣ A измѣняется разность давленія атмосферы между атмосферой въ колбѣ A и атмосферой въ трубкѣ e и въ эвдіометрѣ. Въ этомъ послѣднемъ и въ трубкѣ e давленіе кислорода равно атмосферному давленію, а въ колбѣ A давленіе воздуха постепенно дѣлается ниже атмосфернаго, а потому кислородъ изъ трубки e черезъ замыкающую ее ртуть въ ванночкѣ q пузырьками проникаетъ въ колбу A и замѣняетъ вдохнутый проростками кислородъ. Вслѣдстіе этого ртуть въ эвдіометрѣ поднимается. Но мы ее поддерживаемъ на прежнемъ уровнѣ, т. е. на одинаковомъ уровнѣ съ ртутью въ сосудѣ C, перекладывая гирьки съ площадки S на площадку K. Площадка K прикрѣплена къ вершинѣ эвдіометра, отъ нея проведена шелковинка черезъ блокъ r къ площадкѣ S, удерживаемой въ своемъ положеніи продолженіемъ той же шелковинки, перекинутой черезъ нижній блокъ r и укрѣпленной въ точкѣ m. Перекладывая гирьки съ площадки S на площадку K, мы заставляемъ эвдіометръ погружаться все глубже въ ртуть сосуда C, при чемъ убывающій

постепенно изъ эвдіометра кислородъ остается подъ атмосфернымъ давленіемъ. Количество выбывшаго изъ эвдіометра во время опыта кислорода можно опредѣлить по разности погруженія эвдіометра въ ртуть до и послѣ опыта, что можно отсчитать по дѣленіямъ на эвдіометрической трубкѣ. Это количество кислорода, выбывшаго во время опыта изъ эвдіометра и перешедшаго черезъ трубку e и ртутную ванночку q въ колбу A, соотвѣтствуетъ кислороду, вдохнутому проростками въ колбѣ A, и, слѣдовательно, показываетъ количество кислорода, поглощеннаго при дыханіи во время опыта. Дыханіе идетъ въ этомъ опытѣ все время въ нормальной атмосферѣ, и мы одновременно, но независимо другъ отъ друга, опредѣляемъ и количество выдохнутой углекислоты и количество вдохнутаго кислорода.

Опыты, поставленные съ приборомъ Годлевскаго, подтвердили весьма точно, что количества вдыхаемаго кислорода и выдыхаемой углекислоты равны между собою, какъ то и требуется по формулѣ дыханія:

$$C_6H_{10}O_5 + 6O_2 = 6CO_2 + 5H_2O.$$

Однако оказалось, что равенство это наблюдается лишь въ томъ случаѣ, если опыты производятся надъ проростками мучнистыхъ сѣмянъ, т. е. надъ такими проростками, дыханіе которыхъ идетъ на счетъ углевода, въ данномъ случаѣ крахмала. Если же взять для опыта проростки маслянистыхъ сѣмянъ, то такія сѣмена гораздо больше поглощаютъ кислорода, чѣмъ выдѣляютъ углекислоты. И это вполнѣ понятно, ибо жиры и масла содержатъ въ себѣ меньше кислорода, чѣмъ углеводы, а при дыханіи они въ конечномъ результатѣ даютъ ту же углекислоту и воду, что и крахмалистыя сѣмена.

Лекція двадцать пятая.

Дыханіе растеній. Энергія дыханія и зависимость дыханія отъ внѣшнихъ условій.

Энергіей дыханія называется количество вдохнутаго въ единицу времени (напримѣръ, въ одинъ часъ или въ однѣ сутки) кислорода или выдохнутой углекислоты. Энергія дыханія растеній зависитъ отъ внѣшнихъ условій, но отношеніе выдохнутой углекислоты къ вдохнутому кислороду, т. е. $\frac{CO_2}{O_2}$, отъ внѣшнихъ условій не зависитъ, какъ показали опыты Годлевскаго, Муасана и Макена и другихъ изслѣдователей. Отношеніе $\frac{CO_2}{O_2}$, иначе говоря **коэффиціентъ дыханія**, зависитъ отъ того питательнаго матеріала, на счетъ котораго происходитъ дыханіе, т. е., напримѣръ, отъ состава сѣмянъ. Мучнистыя сѣмена имѣютъ коэффиціентъ дыханія, равный единицѣ, иначе говоря, у мучнистыхъ сѣмянъ

$$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{6}{6} = 1,$$

такъ какъ дыханіе ихъ происходитъ на счетъ углевода, крахмала, и формула дыханія будетъ:

$$C_6H_{10}O_5 + 6O_2 = 6CO_2 + 5H_2O,$$

при чемъ на шесть объемовъ поглощаемаго кислорода выдѣляется шесть же объемовъ углекислоты. Если помѣстить проростки мучнистыхъ сѣмянъ въ эвдіометрическую трубку и замкнуть эвдіометрическую трубку эту ртутью (см. рис. 286), то, пока въ трубкѣ есть кислородъ, ртуть будетъ во все время опыта стоять на одномъ и томъ же уровнѣ; она не будетъ ни понижаться, ни повышаться. Въ спертомъ воздухѣ эвдіометрической трубки составъ газа будетъ во время дыханія измѣняться. Кислородъ будетъ убывать, а углекислота — накапливаться. Но объемъ газовъ останется тотъ же, ибо каждыя шесть частицъ кислорода, убывающаго изъ трубки, будутъ замѣщаться шестью частицами углекислоты, занимающими тотъ же объемъ. Ртуть не измѣнитъ своего положенія въ трубкѣ.

Но если мы будемъ дѣлать опыты съ проростками маслянистыхъ сѣмянъ и также замкнемъ ихъ ртутью въ эвдіометрической трубкѣ, то замѣтимъ, что, по мѣрѣ дыханія, ртуть въ трубкѣ будетъ подниматься все выше и выше (см. рис. 286). Маслянистыя сѣмена при дыханіи, какъ мы уже знаемъ, больше поглощаютъ кислорода, чѣмъ выдыхаютъ въ то же время углекислоты. Коэффиціентъ ихъ дыханія или отношеніе

$$\frac{CO_2}{O_2} < 1,$$

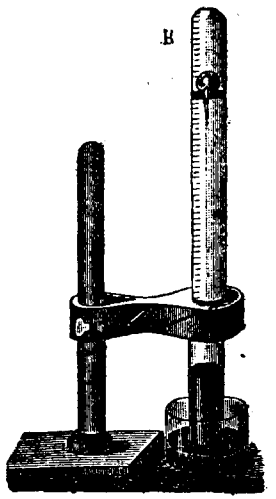


Рис. 286. Приборъ для изученія дыханія растеній — эвдіометрическая трубка.

а потому ртуть въ трубкѣ будетъ въ этомъ случаѣ подниматься. Обратно, по поведенію ртути въ эвдіометрической трубкѣ мы можемъ судить, на счетъ какого матеріала идутъ дыхательные процессы. Если ртуть все время не измѣняетъ своего положенія, то дыханіе идетъ на счетъ углеводовъ, если же ртуть постепенно поднимается, значитъ, дыханіе идетъ на счетъ жировъ и масловъ. При изслѣдованіи дыханія побѣговъ, получаемыхъ проращиваніемъ различныхъ клубней, корневищъ или луковицъ, обыкновенно ртуть въ эвдіометрической трубкѣ остается на томъ же уровнѣ. Значитъ, дыханіе этихъ побѣговъ происходитъ на счетъ крахмала или другихъ углеводовъ (сахара, инулина и др.). И анатомическое изслѣдованіе вполнѣ это подтверждаетъ. То же самое обыкновенно получается при изученіи дыханія

распускающихся почекъ деревьевъ, бутоновъ цвѣтовъ, при созрѣваніи плодовъ. Вообще, гораздо чаще дыханіе идетъ на счетъ углеводовъ.

Энергія дыханія, т. е. количество выдѣленной въ единицу времени углекислоты (или количество поглащеннаго кислорода въ ту же единицу времени) всецѣло зависитъ отъ внѣшнихъ условій. Прежде всего наблюдается зависимость энергіи дыханія отъ **температуры**, и зависимость эта прямо пропорціональная, какъ показали изслѣдованія Волкова и Мейера, а также Бородина. Чѣмъ выше температура, тѣмъ болѣе выдѣляетъ растеніе въ единицу времени углекислоты, и это усиленіе энергіи дыханія идетъ пропорціонально почти до предѣльной температуры, при которой можетъ жить данное растеніе. Въ этомъ отношеніи процессъ дыханія отличается отъ процесса роста, хотя дыханіе и зависитъ отъ роста. Усиленно растущія части растенія дышатъ сильнѣе, чѣмъ части растенія не растущія или растущія медленно. Но ростъ растенія, какъ увидимъ современемъ, при повышеніи температуры сначала увеличивается до извѣстной оптимальной температуры, дальнѣйшее же возвышеніе температуры снова задерживаетъ ростъ, тогда какъ энергія дыханія продолжаетъ увеличиваться почти до максимальной температуры, которую выноситъ данное растеніе. Если мы зависимость дыханія и роста отъ температуры изобразимъ графически соотвѣтствующими кривыми, обозначивъ на вертикальной оси координатъ увеличеніе энергіи дыханія или роста, а на горизонтальной оси температуры, то кривая роста будетъ дугообразная, а кривая дыханія будетъ все время восходящей. Кривая роста сначала будетъ подниматься кверху до оптимальной температуры и затѣмъ постепенно спускаться до максимальной температуры. Кривая дыханія будетъ все время подниматься довольно равномѣрно не только до optimum'а температуры, но и до ея maximum'а.

Свѣтъ мало вліяетъ на энергію дыханія, слегка ослабляя ее. Грибы или непозеленѣвшіе еще ростки выдѣляютъ на свѣтѣ и въ темнотѣ почти одинаковое количество углекислоты, при условіи, если температура поддерживается одна и та же въ обоихъ опытахъ.

Зато энергія дыханія ясно зависитъ отъ количества **запасныхъ** питательныхъ **веществъ** въ растеніи. Если, какъ дѣлалъ это Бородинъ, изучать дыханіе отрѣзанныхъ вѣтвей деревьевъ въ темнотѣ, то, при прочихъ равныхъ условіяхъ, мы замѣтимъ, что энергія дыханія такихъ отрѣзанныхъ вѣтвей постепенно падаетъ, что зависитъ отъ того, что запасы питательныхъ веществъ (напримѣръ, крахмала) постепенно поглощаются дыхательнымъ процессомъ, а притока новыхъ питательныхъ веществъ въ отрѣзанныхъ вѣтвяхъ не имѣется. Но если черезъ нѣсколько времени, когда энергія дыханія понизилась, вынести такія вѣтви на свѣтъ и, продержавъ ихъ на свѣту достаточно времени, снова поставить въ темноту и изслѣдовать энергію ихъ дыханія, то мы увидимъ, что количество выдѣляемой углекислоты опять увеличится, энергія дыханія снова повысится. Объясняется это слѣдующимъ образомъ: на свѣту отрѣзанныя вѣтви деревьевъ изготовляютъ въ своихъ листьяхъ крахмалъ. Какъ бы наголодавшись въ темнотѣ, онѣ снова упитываются на свѣту и запасаются новыми питательными веществами, крахмаломъ. И, поставленныя теперь въ темноту, онѣ проявляютъ бо̀льшую энергію дыханія, чѣмъ раньше, ибо въ нихъ теперь больше запаса питательныхъ веществъ.

Уже давно было извѣстно, что въ темнотѣ зеленыя растенія портятъ воздухъ, выдѣляя углекислоту, а на свѣтѣ очищаютъ его. Дѣйствительно, на свѣтѣ происходитъ обратный процессу дыханія обмѣнъ газовъ. На свѣтѣ зеленыя растенія поглощаютъ углекислоту и выдѣляютъ кислородъ, и этотъ обратный газовый обмѣнъ ничего общаго съ дыханіемъ не имѣетъ. Это, какъ увидимъ современемъ, процессъ питанія, процессъ синтеза крахмала изъ углекислоты и воды. Хотя процессъ этотъ происходитъ на свѣтѣ въ зеленыхъ частяхъ растенія весьма энергично, это не значитъ, однако, что на свѣтѣ зеленыя растенія перестаютъ дышать. На свѣтѣ растенія дышатъ такъ же, какъ и въ темнотѣ, но рядомъ съ процессомъ дыханія на свѣту идетъ обратный процессъ ассимиляціи углекислоты или питанія, и этотъ послѣдній процессъ, происходя съ гораздо бо̀льшей силой, чѣмъ процессъ дыханія, замаскировываетъ его. Что зеленыя растенія дышатъ и днемъ, видно, между прочимъ,

изъ слѣдующаго: при очень слабомъ освѣщеніи зеленыя растенія не очищаютъ, а портятъ воздухъ, но выдѣляютъ меньше углекислоты, чѣмъ въ темнотѣ, такъ какъ обратный процессъ очищенія воздуха на слабомъ свѣтѣ настолько идетъ медленно, что только отчасти покрываетъ порчу воздуха черезъ дыханіе.

Энергія дыханія зависитъ также отъ **возраста растенія**. Особенно много выдѣляется углекислоты при началѣ прорастанія сѣмянъ или при распусканіи цвѣтовъ. Затѣмъ энергія дыханія падаетъ. Старинные опыты Соссюра показали, что даже различныя части одного и того же растенія дышатъ не одинаково. Такъ,

мужскіе	цвѣты	тыквы	поглот.	въ теч.	10	час.	7,6	ед. кислорода
женскіе	„	„	„	„ „	10	„	3,5	„ „
тычинки		„	„	„ „	10	„	11,7	„ „
рыльца		„	„	„ „	10	„	4,7	„ „

Мы видимъ изъ этихъ цифровыхъ данныхъ, что мужскіе цвѣты и мужскіе органы тыквы (*Cucurbita Melo-Pepo*) дышатъ гораздо энергичнѣе, больше чѣмъ въ два раза, женскихъ цвѣтовъ и женскихъ органовъ того же растенія.

Энергія дыханія зависитъ отъ **парціальнаго давленія** кислорода въ окружающей растеніе атмосферѣ. Напримѣръ, если кислорода въ атмосферѣ меньше, чѣмъ $^1/_5$, какъ въ обычномъ воздухѣ, то энергія дыханія падаетъ, хотя бы запасныхъ питательныхъ веществъ было много, и температура окружающей среды нормальная.

Дыханіе находится въ тѣснѣйшей связи со всѣми другими процессами, совершающимися въ организмѣ и его клѣткахъ. Мы уже видѣли, что при прорастаніи маслянистыхъ сѣмянъ отношеніе $\frac{CO_2}{O_2} < 1$. Вмѣстѣ съ тѣмъ мы знаемъ, что при прорастаніи маслянистыхъ сѣмянъ убыль сухого вещества падаетъ только на углеродъ и водородъ, кислорода же не только не убываетъ, какъ въ сѣменахъ мучнистыхъ, но кислорода при этомъ дѣлается больше. Я уже говорилъ вамъ, что оба эти явленія объясняются химическимъ составамъ жировъ, въ которыхъ кислорода меньше, чѣмъ въ углеводахъ, но которые при окисленіи окисляются такъ же

полностью до CO_2 и H_2O, какъ и углеводы. Для этого жиры должны затратить однако больше кислорода, чѣмъ углеводы. Такъ, напримѣръ, при окисленіи жира тріолеина мы имѣемъ слѣдующую химическую реакцію:

$$C_3H_5O_3(C_{18}H_{33}O)_3 + 80O_2 = 57CO_2 + 52H_2O.$$

Значитъ, дыхательный коэффиціентъ въ этомъ случаѣ выразится такъ:

$$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{57}{80} < 1$$

Но если маслянистыя сѣмена культивировать на растворѣ сахарозы, какъ это дѣлалъ Половцовъ, то они начинаютъ питаться сахаромъ, т. е. углеводомъ, и дыхательный коэффиціентъ ихъ становится равнымъ единицѣ.

Совсѣмъ иной видъ принимаетъ дыхательный коэффиціентъ во время дыханія созрѣвающихъ плодовъ съ маслянистыми сѣменами, когда въ нихъ начинаетъ вырабатываться и отлагаться масло. Образованіе масла изъ продуктовъ усвоенія углерода, изъ крахмала, напримѣръ, можетъ идти только подъ условіемъ выдѣленія избытка кислорода, ибо въ маслѣ кислорода меньше, чѣмъ въ углеводахъ. Въ этомъ случаѣ при дыханіи больше выдѣляется углекислоты, чѣмъ поглощается кислорода, какъ показали изслѣдованія Годлевскаго надъ созрѣваніемъ плодовъ мака. Созрѣвающіе плоды мака въ опредѣленное время

поглотили кислорода	21,72	куб. сантим.,
выдѣлили углекислоты . . .	32,62	„ „

Такимъ образомъ коэффиціентъ дыханія въ этомъ случаѣ будетъ такой:

$$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{32{,}62}{21{,}72} = 1{,}5 > 1.$$

Дыхательный процессъ растеній есть процессъ, какъ мы видѣли, окислительный. Дыханіе есть, иначе говоря, горѣніе. При дыханіи сгораетъ или частица углевода (крахмала), или частица жира. Горѣніе сопровождается выдѣленіемъ теплоты, и мы знаемъ, что теплокровныя животныя при дыханіи выдѣляютъ теплоту, имѣютъ свою собственную температуру, которая выше температуры окружающей среды.

Растенія, подобно холоднокровнымъ животнымъ, не имѣютъ однако собственной постоянной температуры тѣла, несмотря на дыханіе. Это объясняется отчасти огромной поверхностью тѣла растенія и большой потерей теплоты тѣломъ растенія, какъ черезъ лучеиспусканіе, такъ и при испареніи воды листьями. Но что и въ растеніяхъ при дыханіи выдѣляется **теплота**, можно видѣть хотя бы при прорастаніи большого количества скученныхъ сѣмянъ. При приготовленіи солода, когда проращиваютъ зерна ячменя массою, замѣтно нагрѣваніе этихъ сѣмянъ, и термометръ показываетъ при этомъ повышеніе температуры на 10° болѣе окружающей среды. Сильное самонагрѣваніе наблюдается также при распусканіи початковъ нѣкоторыхъ цвѣтущихъ ароидныхъ растеній. Иногда у растеній наблюдается не только повышеніе температуры при дыханіи, но и **свѣченіе**; такъ, напримѣръ, извѣстны свѣтящіеся въ темнотѣ бактеріи и грибы. Ихъ свѣченіе, равно и самонагрѣваніе растеній, моментально прекращается, какъ только мы прекратимъ доступъ кислорода къ растенію, иначе говоря, какъ только мы прекратимъ дыханіе.

Если лишить растеніе кислорода воздуха, то прекращается нормальное дыханіе, а вмѣстѣ съ тѣмъ прекращается ростъ растенія, его чувствительность, движеніе и прочія жизненныя явленія. Но, съ прекращеніемъ всѣхъ этихъ явленій, не прекращается однако тотчасъ же выдѣленіе углекислоты. Если растеніе или какую-либо часть его ввести въ атмосферу, лишенную кислорода, но для растенія безвредную, напримѣръ, въ атмосферу водорода или азота, то дыханіе прекращается, но вмѣсто дыханія начинается **броженіе** или такъ называемое **интрамолекулярное дыханіе.** Углекислота продолжаетъ выдѣляться, но безъ поглощенія кислорода извнѣ. При этомъ продолжается разрушеніе углеводовъ. Но если при нормальномъ дыханіи углеводъ, окисляясь кислородомъ воздуха, даетъ въ конечномъ итогѣ углекислоту и воду, то при интрамолекулярномъ дыханіи или броженіи углеводъ образуетъ также углекислоту и спиртъ, который содержитъ въ себѣ еще меньше кислорода, чѣмъ углеводъ; слѣдовательно, необходимый для образованія углекислоты кислородъ, не находимый растеніемъ въ окружающей средѣ, отнимается теперь отъ самого углевода, углеводъ раскисляется и обращается въ спиртъ. Недостающій кислородъ организмъ беретъ отъ своихъ же молекулъ, отсюда и названіе — интрамолекулярное дыханіе. Химическая формула спиртового броженія, съ которымъ обыкновенно сравниваютъ интрамолекулярное дыханіе, будетъ слѣдующая:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_6O + 2CO_2.$$
(виноградный сахаръ) (винный спиртъ)

При интрамолекулярномъ дыханіи, какъ показали изслѣдованія Вортмана, вначалѣ интенсивность выдѣленія углекислоты та же, что и при нормальномъ дыханіи. Но вскорѣ интенсивность эта падаетъ, и въ безкислородной средѣ растеніе выдѣляетъ все менѣе и менѣе углекислоты, а въ тканяхъ растенія при этомъ накапливается спиртъ, какъ показалъ Пастёръ. Чѣмъ больше въ растеніи было углеводовъ, въ особенности сахара, тѣмъ большее количество спирта накапливается при интрамолекулярномъ дыханіи. Если лишеніе растенія кислорода продолжается всего нѣсколько часовъ, то, доставляя ему снова кислородъ, можно вернуть растеніе къ нормальному дыханію. При этомъ возобновляется остановившійся было ростъ растенія, а спиртъ изъ его тканей исчезаетъ. Но при болѣе продолжительномъ отсутствіи кислорода, растеніе въ концѣ концовъ умираетъ, и тогда окончательно прекращается выдѣленіе углекислоты. Интрамолекулярное дыханіе или броженіе замѣняетъ, слѣдовательно, растенію на нѣкоторое время дыханіе нормальное, пока въ растеніи не утратилась окончательно способность жить. Броженіе есть жизнь безъ кислорода, какъ выразился Пастёръ. Нѣкоторые микроорганизмы усвоили однако себѣ эту способность — жить безъ кислорода. Будучи сами крайне простыми по своей организаціи, такіе микроорганизмы могутъ цѣлую жизнь прожить безъ кислорода воздуха, добывая себѣ кислородъ изъ различныхъ соединеній и производя явленія броженія. Такіе микроорганизмы называются **анаэробными** (или безкислородными), и **дыханіе** ихъ называется **анаэробнымъ** или **интрамолекулярнымъ.** Таковы, напримѣръ, дрожжи (см. рис. 179), производящія спиртовое броженіе и обращающія виноградный сахаръ въ винный спиртъ съ выдѣленіемъ углекислоты безъ посредства кислорода воздуха. Къ анаэробному дыханію, какъ мы видѣли, способны отчасти и высшія растенія.

Мы уже знаемъ, что всѣ химическіе процессы, совершающіеся въ растеніяхъ, можно свести къ ферментативнымъ процессамъ. Дыханіе растеній, по мнѣнію Палладина (см. рис. 287), есть тоже процессъ ферментативный, и даже это рядъ ферментативныхъ процессовъ, въ которыхъ принимаютъ участіе открытые Палладинымъ

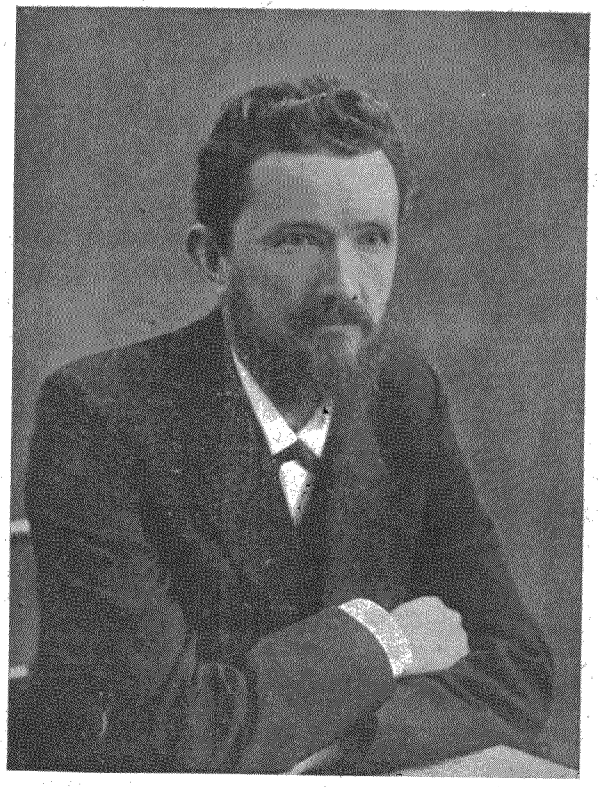


Рис. 287. Проф. В. И. Палладинъ (недавно выбранный Академикомъ Имп. Академіи Наукъ въ Петроградѣ).

дыхательные хромогены. Функція дыхательныхъ хромогеновъ состоитъ въ удаленіи освобождающагося во время дыханія водорода въ видѣ воды.

Броженіе представляетъ въ сущности реакцію распада сложныхъ органическихъ соединеній на болѣе простыя, безъ участія кислорода воздуха, а дыханіе — это въ конечномъ результатѣ реакція окисленія. Но между обоими этими процессами несомнѣнно существуетъ генетическая связь, какъ это уже давно высказалъ Пфлюгеръ. „Во всѣхъ организмахъ, говоритъ Палладинъ, какъ въ животныхъ, такъ и въ растеніяхъ, идутъ разнообразные процессы распаденія и окисленія кислородомъ воды органическихъ веществъ на болѣе простыя, при содѣйствіи находящихся внутри ихъ клѣтокъ разнообразныхъ ферментовъ. У однихъ организмовъ этимъ дѣло и оканчивается. Это микроорганизмы, вызывающіе различныя броженія. Продуктовъ распада они не окисляютъ далѣе или потому, что живутъ въ безкислородной средѣ, или потому, что не имѣютъ вовсе или въ достаточномъ количествѣ окислительныхъ ферментовъ. Водородъ, образующійся при окисленіи на счетъ воды, или выдѣляется наружу, какъ при маслянокисломъ броженіи, или же тратится на редукцію промежуточныхъ продуктовъ броженія, какъ при спиртовомъ броженіи. Этотъ водородъ при нормальномъ дыханіи на воздухѣ окисляется до воды. Если же растенія лишить кислорода, то въ нихъ продолжаютъ идти только реакціи броженія. Слѣдовательно, реакціи броженія — первичныя реакціи, свойственныя всѣмъ растеніямъ".

При дыханіи сгораютъ молекулы углеводовъ (или жировъ); а между тѣмъ дышетъ собственно живая плазма, и при томъ только живая. „Процессъ дыханія есть самое первое и самое фундаментальное проявленіе жизненныхъ явленій въ протоплазмѣ" — такъ давно уже высказался нѣмецкій физіологъ Саксъ. По его мнѣнію, не кислородъ производитъ дыханіе, а въ протоплазмѣ совершается постоянно разложеніе бѣлковой молекулы, сопровождаемое выдѣленіемъ CO_2, кислородъ же возстановляетъ молекулу бѣлка, пользуясь углеводами. Вотъ почему при дыханіи происходитъ потеря углеводовъ. Если схематически мы выражаемъ дыханіе окислительной формулой углевода, то на самомъ дѣлѣ процессъ этотъ во много разъ сложнѣе. И блестящія изслѣдованія Палладина и его школы показали намъ, что процессъ этотъ весьма сложный и долженъ быть сведенъ къ цѣлому ряду ферментативныхъ процессовъ. Начинается дыханіе, повидимому, съ анаэробнаго процесса броженія. „Но анаэробный распадъ, говоритъ Палладинъ, сопровождается не только выдѣленіемъ углекислоты, но также и образованіемъ водорода. Этотъ водородъ у однихъ растеній

тратится на редукціи промежуточныхъ продуктовъ анаэробнаго распада до спирта. У большинства же растеній спирта образуется мало. Слѣдовательно, въ данномъ случаѣ водородъ или соединяется съ дыхательнымъ пигментомъ, или съ какимъ-либо другимъ **акцепторомъ водорода.** Когда всѣ акцепторы водорода будутъ использованы, то дальнѣйшій распадъ (а слѣдовательно, и выдѣленіе углекислоты) долженъ прекратиться. При помѣщеніи на воздухѣ водородные акцепторы окислятъ свой водородъ до воды и поэтому окажутся способными къ поглощенію новыхъ количествъ водорода. Поэтому появляется новый и, въ первое время выставленія на воздухъ, очень сильный распадъ съ выдѣленіемъ очень большихъ количествъ углекислоты".

Бахъ и Бателли, а также Палладинъ, считаютъ, что выдѣляемая при дыханіи углекислота есть собственно продуктъ анаэробнаго распада, при участіи, по мнѣнію Палладина, воды, по формулѣ:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O = 6\ CO_2 + 12\ H_2$$

Но высшими растеніями при дыханіи свободный водородъ никогда не выдѣляется. По мнѣнію Палладина, водородъ этотъ поглощается **дыхательными пигментами** и при помощи **оксидазы** окисляется до воды. Слѣдовательно, дыхательные ферменты — иначе говоря, водообразующіе ферменты, а само дыханіе состоитъ изъ двухъ фазъ — анаэробнаго дыханія или броженія, происходящаго безъ участія кислорода воздуха и сопровождаемаго выдѣленіемъ углекислоты, и окислительнаго процесса, совершающагося при участіи дыхательныхъ ферментовъ и кислорода воздуха и сопровождаемаго образованіемъ и выдѣленіемъ воды.

Часть пятая.

Періодъ возрастанія растеній.

Лекція двадцать шестая.

Общія понятія о періодѣ возрастанія растеній.

На прошлыхъ лекціяхъ мы видѣли, что растенія, прорастая изъ сѣмянъ, могутъ расти въ безплодной почвѣ и въ темнотѣ, питаясь питательными запасными веществами, отложенными въ сѣмени, въ его эндоспермѣ или сѣмядоляхъ, и воспринимая изъ окружающей среды лишь дистиллированную воду и изъ воздуха кислородъ. Въ сѣмени имѣется зародышъ будущаго растенія, состоящій изъ трехъ основныхъ морфологическихъ частей каждаго растенія, изъ корешка, молодого стебелька и первыхъ листочковъ. При прорастаніи сѣмянъ молодой зародышъ, питаясь запасными веществами сѣмени, готовыми органическими соединеніями, углеводами, жирами и бѣлковыми соединеніями, растетъ, производя обмѣнъ веществъ и обмѣнъ энергіи. Ростъ его состоитъ въ томъ, что изъ корешка зародыша вырастаетъ главный корень растенія, шейка зародыша вытягивается въ стебель, и зородышевые листочки развиваются въ первые листья взрослаго растенія. При этомъ молодой зародышъ дышетъ, воспринимая изъ воздуха кислородъ и выдѣляя въ окружающую атмосферу углекислоту и воду. При прорастаніи сѣмянъ въ темнотѣ и въ отсутствіи питательныхъ веществъ извнѣ, проростокъ теряетъ около половины вѣса своего сухого вещества. Потеря въ вѣсѣ сводится къ потребленію и окисленію запасенныхъ углеводовъ или жировъ въ процессѣ дыханія, а остальныя запасныя вещества -- углеводы, жиры и бѣлки идутъ на построеніе

новыхъ клѣтокъ, тканей и органовъ вырастающаго зародыша. Этотъ періодъ жизни растенія называется **періодомъ прорастанія** и этотъ періодъ длится лишь до тѣхъ поръ, пока въ эндоспермѣ сѣмени еще есть запасы питательныхъ веществъ. Но мало-по-малу запасы эти, нужные проростку какъ для питанія, такъ и для дыханія, истощаются, и къ тому времени, когда отъ запасенныхъ питательныхъ веществъ ничего не остается, начинается второй періодъ жизни растенія — **періодъ возрастанія**. Въ теченіе этого второго періода растеніе по существу продолжаетъ жить такъ же, какъ и въ теченіе періода прорастанія. Существенная разница заключается лишь въ томъ, что во время періода возрастанія растеніе предоставлено совершенно самому себѣ и должно само добывать и готовить себѣ пищу изъ окружающей среды. Оно не можетъ далѣе расти въ темнотѣ и въ безплодной почвѣ, получая извнѣ лишь дистиллированную воду. Если къ началу періода возрастанія растеніе не пересадить въ плодородную почву и не перенести на свѣтъ, оно погибнетъ. Но если сдѣлать то и другое, растеніе будетъ развиваться дальше и въ теченіе періода возрастанія растеніе не образуетъ еще никакихъ новыхъ органовъ, по сравненію съ тѣми, которые уже имѣлись въ первомъ періодѣ его жизни, въ періодѣ прорастанія. Во время періода возрастанія главный корень удлиняется, развѣтвляется и вырабатываетъ постепенно мощную корневую систему, при помощи которой растеніе прочно прикрѣпляется къ почвѣ, на которой оно растетъ, и при помощи которой добываетъ себѣ изъ этой почвы питательныя вещества. Въ теченіе періода возрастанія развивается и укрѣпляется стеблевая система растенія, задача которой поддерживать многочисленные развивающіеся на стеблѣ и его вѣтвяхъ листья и доставлять въ эти листья питательный сокъ, добытый изъ земли. Питательный сокъ этотъ сырой, непригодный непосредственно для питанія растеній. Онъ, какъ мы вскорѣ увидимъ, состоитъ изъ воды съ растворенными въ ней лишь минеральными соединеніями. Изъ минеральнаго раствора этого непосредственно нельзя строить новыхъ клѣтокъ, тканей и органовъ, ибо клѣтки и ткани у взрослаго растенія состоятъ изъ тѣхъ же органическихъ соединеній, что и у растенія молодого, прорастающаго, т. е. изъ бѣлковыхъ соединеній, углеводовъ и жировъ. Но

органическія соединенія эти взрослымъ возрастающимъ растеніемъ изъ почвы не добываются, и въ этомъ состоитъ крупная разница между питаніемъ растенія возрастающаго и растенія прорастающаго. Проростки такъ же, какъ и животныя, питаются готовой органической пищей — углеводами, жирами и бѣлками. Растеніе взрослое, возрастающее, воспринимаетъ пищу свою корнями изъ земли въ видѣ растворовъ неорганическихъ солей, и, прежде чѣмъ употребить эту пищу, оно должно ее само себѣ переработать и изъ неорганическихъ соединеній приготовить органическую пищу, состоящую все изъ тѣхъ же углеводовъ, жировъ и бѣлковъ. Ни одно животное не можетъ изъ неорганической матеріи приготовлять себѣ сложныя органическія соединенія. Взрослое зеленое растеніе, наоборотъ, можетъ изъ неорганической матеріи синтезировать сложныя органическія соединенія, и эта синтетическая работа растенія происходитъ въ особыхъ его органахъ — въ листьяхъ. Листья — это та кухня или лабораторія, гдѣ сырой питательный сокъ, добытый корнями изъ земли и доставленный въ листья стеблемъ, перерабатывается въ готовыя органическія соединенія, которыми затѣмъ такимъ же образомъ питается взрослое растеніе, какъ проростки питаются запасными питательными органическими соединеніями, отложенными въ сѣмени. Итакъ, задача листьевъ зеленыхъ растеній — производить синтезъ органическихъ соединеній, которыми потомъ растеніе питается, на счетъ которыхъ оно дышетъ, изъ которыхъ строитъ новыя клѣтки, ткани и органы, словомъ, на счетъ которыхъ развивается дальше. Само развитіе возрастающаго растенія состоитъ въ дальнѣйшемъ морфологическомъ и анатомическомъ усложненіи и усовершенствованіи его трехъ основныхъ органовъ — корней, стебля и листьевъ. Жизнь же возрастающаго растенія складывается изъ тѣхъ же основныхъ функцій, что и у растенія прорастающаго. Возрастающее растеніе питается, дышетъ, растетъ и образуетъ все большее количество тѣхъ же основныхъ органовъ, которые были уже заложены въ зародышѣ сѣмени. Дыханіе взрослаго растенія ничѣмъ не отличается отъ дыханія проростка. Ростъ и образованіе органовъ происходитъ во взрослом растеніи по тѣмъ же законамъ, какъ и у прорастающаго ра-

стенія. Лишь питаніе идетъ по совершенно новому способу: питается взрослое растеніе неорганическими соединеніями и изъ этихъ неорганическихъ соединеній въ листьяхъ само себѣ приготовляетъ путемъ синтеза органическія соединенія. Этимъ взрослое зеленое растеніе рѣзко отличается и отъ животнаго, и отъ прорастающаго растенія.

Такъ какъ тѣло взрослаго растенія состоитъ изъ тѣхъ же химическихъ элементовъ, какъ и тѣло проростковъ, то, слѣдовательно, для своего дальнѣйшаго роста и развитія взрослое растеніе должно воспринимать изъ окружающей среды, во-первыхъ, четыре органогенныхъ элемента, изъ которыхъ главнымъ образомъ строится тѣло растеній, т. е. углеродъ, водородъ, кислородъ и азотъ, и, во-вторыхъ, цѣлый рядъ другихъ менѣе необходимыхъ, но все же неизбѣжныхъ для него элементовъ, а именно: сѣру, фосфоръ, хлоръ, калій, кальцій, магній и желѣзо. Конечно, эти элементы воспринимаются взрослымъ растеніемъ извнѣ не въ видѣ свободныхъ элементовъ, а въ видѣ соединеній. Но воспринимаетъ взрослое растеніе эти элементы изъ окружающей среды въ видѣ очень простыхъ неорганическихъ соединеній. Водородъ и кислородъ воспринимаются растеніемъ корнями изъ почвы въ видѣ воды, азотъ — въ видѣ азотнокислыхъ солей, фосфоръ, сѣра — въ видѣ фосфорнокислыхъ и сѣрнокислыхъ солей, калій, кальцій, магній — въ видѣ солей этихъ металловъ, и т. д. Лишь углеродъ, этотъ самый главный органогенный элементъ, изъ котораго строятся безусловно всѣ органическія соединенія, какъ болѣе простыя, такъ и наиболѣе сложныя, и котораго больше всего въ растеніи, не воспринимается растеніемъ корнями изъ почвы, а воспринимается, какъ вскорѣ увидимъ, листьями изъ окружающей атмосферы въ видѣ углекислаго газа. Изъ этого то углекислаго газа и изъ воды съ растворенными минеральными соединеніями, полученными растеніемъ изъ почвы корнями, и строитъ взрослое растеніе какъ органическія химическія соединенія свои, такъ и всѣ новые ткани и органы. Попробуйте-ка кормить какое-либо животное водой, съ растворенными въ ней въ небольшомъ количествѣ солями, и углекислотой воздуха. Изъ такого питанія, конечно, ничего не выйдетъ, и всякое животное, посаженное на такую пищу,

вскорѣ помретъ. Но тѣмъ-то и замѣчательны зеленыя растенія, что въ взрослomъ своемъ состояніи они именно не только способны, но исключительно и живутъ такой на видъ непитательной пищей; вода съ слабыми растворами минеральныхъ солей, да углекислота воздуха — вотъ все, что получаетъ извнѣ, изъ окружающей среды взрослое растеніе. И изъ такой скудной пищи строитъ во время періода возрастанія растеніе все свое тѣло. Изъ маленькаго сѣмячка нерѣдко вырастаетъ огромное дерево. Лишь первое и очень непродолжительное время питается оно готовыми органическими соединеніями, въ сѣмени отложенными. А затѣмъ, какъ только растеніе хоть немного укоренится въ почвѣ и разовьетъ первые зеленые листочки, все питаніе его сводится къ поглощенію изъ почвы слабыхъ растворовъ солей и изъ воздуха — углекислоты. На счетъ такой-то пищи не только вырастаетъ нерѣдко огромной величины растеніе, во много разъ превышающее сѣмячко и зародышъ сѣмени, изъ котораго постепенно выросло растеніе, но подконецъ во взрослomъ растеніи начинаютъ откладываться богатѣйшіе запасы питательныхъ органическихъ веществъ — крахмала, масла или азотистыхъ соединеній. Эти запасы органическихъ соединеній, приготовленные взрослымъ растеніемъ изъ воды и воздуха, съ малой лишь примѣсью неорганическихъ солей, служатъ самому растенію про запасъ, на черный день, служатъ матеріаломъ для третьяго и послѣдняго періода жизни растенія, **періода плодоношенія** или **размноженія.** Эти же иногда огромные запасы органическихъ соединеній служатъ пищею для всего живущаго на землѣ; животныя и человѣкъ въ изобиліи питаются органическими соединеніями, выработанными растеніемъ изъ воды и воздуха. Подумайте только о тѣхъ массахъ хлѣбныхъ зеренъ, добываемыхъ человѣкомъ ежегодно на земномъ шарѣ отъ различныхъ хлѣбныхъ злаковъ и содержащихъ въ себѣ огромный запасъ муки, которой питается все человѣчество. Эти хлѣбныя зерна — вѣдь результатъ все того же неорганическаго питанія растеній, каковымъ питаніемъ возрастающее растеніе отличается отъ растенія прорастающаго и отъ животнаго. Вода и воздухъ, съ небольшой примѣсью соли, претворились въ растеніи въ крахмалъ, жиръ, бѣлковыя соединенія. И этими органическими соединеніями, приготовленными растеніемъ изъ воды

и воздуха, питается, на ихъ счетъ развивается и размножается весь растительный міръ, весь животный міръ и все человѣчество. Развѣ это не чудо? Но мы такъ привыкли къ этимъ обыденнымъ явленіямъ жизни нашей планеты, что на первый взглядъ даже не можемъ оцѣнить какъ слѣдуетъ это необычайное въ сущности явленіе.

Итакъ, періодъ прорастанія растенія отличается отъ періода возрастанія главнымъ образомъ тѣмъ, что во время періода прорастанія растеніе, на подобіе животному, питается органической пищей, а во время періода возрастанія оно питается пищей неорганической, и само синтезируетъ органическія вещества. Въ природѣ эти два періода жизни растенія рѣзко другъ отъ друга не разграничены, конечно. Молодой проростокъ, вырастая изъ сѣмени, первое время исключительно живетъ на счетъ отложенныхъ въ сѣмени питательныхъ органическихъ соединеній. Но какъ только вырастетъ его корешокъ и внѣдрится въ землю, и какъ только распустятся его первые листочки, проростокъ начинаетъ уже поглощать изъ земли воду съ растворенными минеральными веществами, а изъ воздуха поглощаетъ листьями углекислоту, и можетъ быть время, когда молодой проростокъ еще заканчиваетъ питаться запасными материнскими органическими веществами и вмѣстѣ съ тѣмъ питается уже и неорганическими соединеніями, какъ взрослое растеніе.

Во время періода возрастанія растеніе прежде всего усиленно растетъ и усиленно образуетъ новые корни, стебли и листья. Первое время поглощаемая имъ неорганическая пища едва удовлетворяетъ насущнымъ потребностямъ самого растенія. Но чѣмъ сильнѣе развивается корневая система взрослаго растенія, и чѣмъ обильнѣе покрывается оно листьями, тѣмъ больше добываетъ оно пищи изъ окружающей среды и тѣмъ болѣе наготовляетъ органической матеріи въ своихъ тканяхъ. Приходъ начинаетъ тогда превышать расходъ, и растеніе откладываетъ избытокъ готовыхъ питательныхъ веществъ про запасъ или начинаетъ ихъ тратить уже не на себя, а на свое потомство. Тогда изъ стадіи возрастанія переходитъ растеніе въ послѣднюю стадію своей жизни, въ стадію размноженія или плодоношенія. Многія растенія цвѣтутъ и приносятъ сѣмена однажды въ жизни своей. У такихъ растеній стадія возрастанія, хотя и не совсѣмъ рѣзко,

но все же отдѣлена во времени отъ стадіи плодоношенія. Но есть немало растеній, ежегодно весной вырастающихъ и къ осени плодоносящихъ. У нихъ ежегодно, слѣдовательно, повторяется стадія плодоношенія. Таковы, напримѣръ, наши деревья. Весною новыя вѣтви дерева вырастаютъ изъ зимующихъ почекъ. Прорастаніе вѣтокъ этихъ изъ зимующихъ почекъ напоминаетъ даже отчасти стадію прорастанія растеній изъ сѣмянъ, ибо въ почкахъ съ осени заложены питательныя органическія вещества, и первое время распускающійся изъ почки весенній побѣгъ, наподобіе проростку сѣмени, питается на счетъ органическаго вещества, доставляемаго ему изъ почки или изъ материнскаго растенія. Но затѣмъ побѣгъ быстро развивается, облиственѣвается, покрывается листьями и, усиленно питаясь неорганическими соединеніями, лишь минеральными растворами и углекислотой воздуха, растетъ, готовитъ въ листьяхъ органическія соединенія и, наконецъ, приступаетъ къ размноженію. Затративъ значительную часть вырабатаннаго имъ органическаго матеріала на образованіе цвѣтовъ и плодовъ, побѣгъ оставшуюся часть органическаго вещества складываетъ про запасъ на зиму, оканчиваетъ ростъ свой образованіемъ зимнихъ почекъ и на зиму замираетъ. А весною снова начинается развитіе новыхъ весеннихъ побѣговъ съ ихъ кратковременной стадіей прорастанія изъ зимующихъ почекъ и съ ихъ интенсивной синтетической работой во время стадіи возрастанія; заканчивается все это плодоношеніемъ и отложеніемъ избыточнаго органическаго матеріала про запасъ на слѣдующій годъ. Таковъ въ общемъ ходъ жизни растеній, и таковы періоды его развитія. Наиболѣе жизнедѣятельный, наиболѣе энергичный періодъ въ жизни растенія есть однако періодъ возрастанія, и къ изученію строенія и жизни растенія въ этотъ наиболѣе рабочій его періодъ мы теперь и перейдемъ на слѣдующихъ лекціяхъ.

Лекція двадцать седьмая.

Наружное строеніе корня.

Корень растеній развивается изъ корешка зародыша сѣмени (см. рис. 288). Пробиваясь верхушкой своей черезъ микропиле и разрывая оболочку сѣмени, корешокъ (*r* на фиг. *B*) при прорастаніи сѣмянъ первый выходитъ наружу изъ сѣмени и, разрастаясь дальше, углубляется въ землю и даетъ начало **главному корню** (*w* на фиг. *C*) растеній. Вскорѣ онъ начинаетъ вѣтвиться, и тогда на главномъ корнѣ образуются **боковые корни** перваго, затѣмъ второго, третьяго и т. д. порядковъ. Такой корень называется **развѣтвленнымъ корнемъ** или **стержневымъ** (radix ramosa) (см. рис. 289, *a*). Боковые корни сидятъ на главномъ корнѣ правильными вертикальными рядами. Но у нѣкоторыхъ растеній (напримѣръ, у злаковъ) корешокъ зародыша сѣмени очень часто вскорѣ послѣ своего прорастанія отмираетъ; главный корень тогда не развивается, но вмѣсто него сильно развиваются боковые корни, которые въ свою очередь сильно вѣтвятся и образуютъ такъ называемый **пучковатый корень** или radix fasciculata (см. рис. 289, *d*). Иногда, наоборотъ, очень сильно

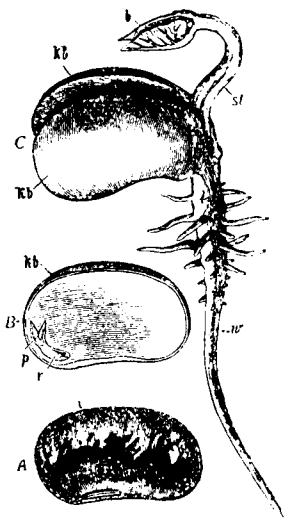


Рис. 288. *A* — сѣмя фасоли, *B* — оно же послѣ снятія кожуры и удаленія одной изъ сѣмядолей, *C* — прорастаніе этого сѣмени: *b* — первые листья, *kb* — сѣмядоли, *st* — главный стебель, *w* — главный корень, *p* — перышко, *r* — корешокъ зародыша.

развивается главный корень, сильно утолщается и почти совершенно не вѣтвится или вѣтвится очень слабо, или только на концѣ. Получается тогда **корень веретеновидный** (напримѣръ, у моркови, рѣдьки, см. рис. 289, *b*) или **рѣпчатый** (у

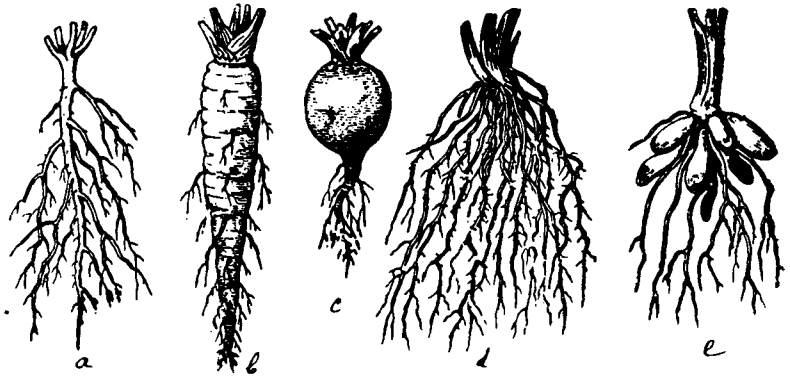


Рис. 289. Различные типы корней: *a* — стержневой корень, *b* — веретеновидный (у моркови), *c* — рѣпчатый, *d* — пучковатый (у пшеницы), *e* — клубневидный.

рѣпы, редиски и др., см. рис. 289, *c*). Съ боковыми корнями не надо смѣшивать корней придаточныхъ или radices adventiciae. Боковые корни располагаются лишь на корняхъ же, на главномъ корнѣ или на его развѣтвленіяхъ, и отходятъ отъ главной оси вполнѣ опредѣленнымъ порядкомъ. **Придаточные корни** развиваются на наружныхъ или подземныхъ стебляхъ (корневищахъ, см. рис. 290) и часто развиваются на стебляхъ безъ всякаго видимаго порядка. Такіе придаточные корни нерѣдко въ изобиліи развиваются на воздушныхъ стебляхъ многихъ тропическихъ эпифитныхъ растеній, напримѣръ, у тропическихъ орхидей (см. рис. 291 и 292) и ароидныхъ растеній. **Эпифитами** мы называемъ растенія, растущія на корѣ деревьевъ, но не

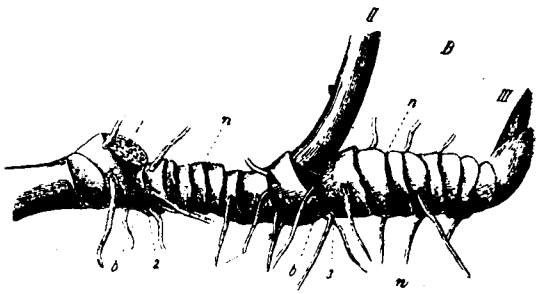


Рис. 290. Корневище *Polygonatum officinale* съ придаточными корнями (*w*).

паразитирующія на нихъ, а лишь прикрѣпляющіяся корнями своими къ наружнымъ отмершимъ частямъ коры дерева (см. рис. 292), дабы быть ближе къ свѣту. Эпифиты очень часто



Рис. 291. Орхидеи — эпифиты, поселившіеся на корѣ тропическихъ деревьевъ и спускающіе во влажную атмосферу тропическаго лѣса свои придаточные воздушные корни.

встрѣчаются въ тропическихъ лѣсахъ, на стволахъ деревьевъ, и развиваютъ б. и. м. обильную систему **воздушныхъ** придаточныхъ **корней**, которые, точно бороды, свѣшиваются

съ вѣтвей деревьевъ и всасываютъ въ себя влагу лѣсной тропической атмосферы (см. рис. 291).

Корни растеній имѣютъ двѣ основныхъ біологическихъ задачи. Они являются, во-первыхъ, органами питанія растенія и, во-вторыхъ, органами прикрѣпленія растенія къ субстрату. Очень рѣдко у растеній имѣются различные корни — одни исполняютъ только функцію питанія, точнѣе говоря, воспріятія пищи, другіе, иначе построенные, исключительно предназначены для прикрѣпленія растенія къ субстрату и совершенно не играютъ роли воспринимающихъ пищу органовъ. Такіе различные корни наблюдаются у одного тропическаго лазящаго по стѣнамъ и стволамъ деревьевъ растенія — *Tecoma radicans*. Обыкновенно однако одинъ и тотъ же корень или одна и та же корневая система одновременно исполняетъ обѣ задачи, и задачу питанія, и задачу прикрѣпленія растенія къ субстрату.



Рис. 292. Орхидея — *Angrecum sesquipedale*, съ придаточными корнями.

Въ связи съ субстратомъ, въ которомъ живутъ и распространяются корни растеній, мы можемъ отличить нѣсколько типовъ этого органа, а именно, четыре типа. Наиболѣе распространенный типъ корней — это **корни** земляные или **подземные** (radices hypogaeae). Это обыкновенный всѣмъ извѣстный типъ корней, б. и. м. сильно развѣтвленныхъ и образующихъ иногда мощную корневую систему. Около 70% корней принадлежатъ къ этому именно типу. Второй типъ корней — **корни** водяные или **подводные** (radices natantes). Этотъ типъ корней свойственъ главнымъ образомъ водянымъ

растеніямъ. Но далеко не всѣ корни водяныхъ растеній принадлежатъ къ этому біологическому типу. Многія водяныя растенія имѣютъ корни, углубляющіеся въ почву дна водоема; слѣдовательно, такіе корни принадлежатъ къ первому типу — radices hypogaeae. Но, кромѣ корней, углубляющихся въ дно водоема, нѣкоторыя водяныя растенія образуютъ еще корни, свободно плавающіе въ водѣ, а иногда у плавающихъ водяныхъ растеній мы только и находимъ такіе подводные корни, никогда не укрѣпляющіеся въ почвѣ дна водоема. Такіе исключительно подводные корни — radices natantes, встрѣчаемъ мы, напримѣръ, у ряски (*Lemna*) (см. рис. 293).

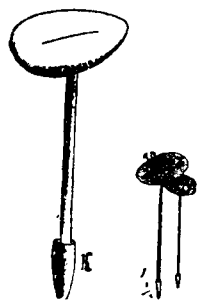


Рис. 293. Ряска (*Lemna minor*): *k* — сильно развитой корневой чехликъ на подводномъ корнѣ растенія.

Ряска — маленькое водяное растеньице, обитающее у насъ въ прудахъ и канавахъ и принадлежащее къ небольшому семейству *Lemnaceae*, близкому къ семейству ароидныхъ. Растеніе это представляетъ небольшія эллиптическія зеленыя подушечки, плавающія на водѣ и зачастую сплошь покрывающія ея поверхность. Подушечка, плавающая на водѣ — это сильно метаморфозированный и редуцированный стебель этого крайне упрощеннаго растеньица. И отъ этого стебля въ воду отходитъ одинъ единственный подводный корень растенія, не развѣтвленный и одѣтый на концѣ своемъ какъ бы колпачкомъ (*k*), такъ называемымъ **корневымъ чехликомъ**. Подводные плавающіе корни образуются нерѣдко у многихъ болотныхъ растеній, наряду съ корнями подземными, которыми растенія эти прикрѣпляются къ дну водоема. Очень развитые длинные плавающіе корни можно наблюдать у водяного растенія — *Stratiotes aloides* или водорѣза. Но и сухопутныя растенія образуютъ иногда, кромѣ подземныхъ, также подводные корни. Такъ, растущія по берегамъ рѣкъ и озеръ ольхи и ивы нерѣдно пускаютъ въ воду сильно развѣтвленные и не укореняющіеся, а свободно плавающіе въ водѣ водяные корни. Зачастую такіе водяные корни ивъ и прибрежныхъ ольхъ развиваются такъ сильно, что закупориваютъ собою водосточныя трубы и тѣмъ причиняютъ немало бѣдъ населенію.

Мы привыкли подъ корнями подразумѣвать подземные

органы, но у многихъ растеній, въ особенности подъ тропиками, встрѣчаются и **корни воздушные** — radices aereae. Это обыкновенно придаточные корни, возникающіе на стеблѣ и растущіе въ воздухѣ. У древовидныхъ папоротниковъ (см. рис. 294) воздушные корни короткіе, но густо сплетающіеся между собою, образуются на всей поверхности ихъ стебля и одѣваютъ стволъ ихъ какъ бы гигроскопической, войлочной тканью. Мы видѣли уже выше придаточные воздушные корни, развивающіеся у многихъ тропическихъ ароидныхъ и орхидныхъ (см. рис. 291 и 292) эпифитныхъ растеній. Воздушные корни эти, точно бороды, свѣшиваются съ вѣтвей тропическихъ деревьевъ и пронизываютъ вѣчно



Рис. 294. Древовидные папоротники, стволы которыхъ сплошь одѣты короткими воздушными придаточными корнями.

влажную, насыщенную парами атмосферу тропическаго лѣса. Нерѣдко воздушные корни эти бываютъ сплошь одѣты густыми бархатистыми короткими волосками, которыми они такъ же всасываютъ воду изъ атмосферы, какъ обыкновенные корни всасываютъ ее изъ сырой почвы своими волосками. У другихъ эпифитовъ, напримѣръ, у многихъ орхидныхъ, воздушные корни одѣты серебристой крайне гигроскопической толстой тканью, покрывающей корни эти, точно муфтой или чехломъ. Эта ткань жадно поглощаетъ изъ воздуха влагу, какъ губка, и передаетъ ее дальше растенію. На рис. 295 изображенъ поперечный разрѣзъ черезъ воздушный корень одного такого орхиднаго растенія (*Stanhopea oculata*). Буквой *w* обозначена на рисункѣ этомъ гигроскопическая ткань, одѣвающая серебристымъ чехломъ корень и состоящая изъ крупныхъ паренхимныхъ клѣтокъ, наполненныхъ воздухомъ и жадно поглощающихъ атмосферную влагу.

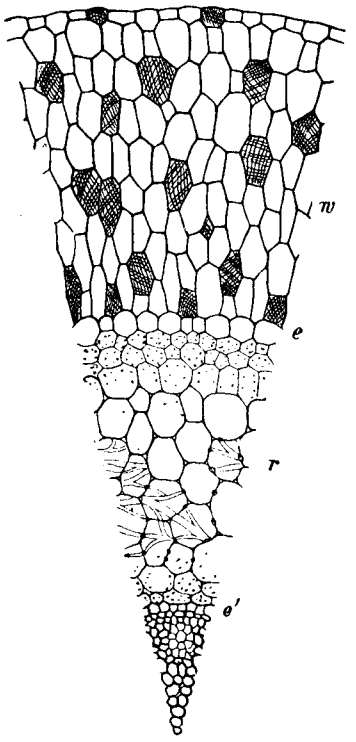


Рис. 295. Часть поперечнаго разрѣза черезъ воздушный корень орхидеи— *Stanhopea oculata*: *w* — поглощающая ткань, *e* — эктодерма, *r* — кора, *e'* — эндодерма.

Еще оригинальнѣе придаточные воздушные корни у эпифитной орхидеи, называемой *Taeniophyllum Zollingeri*. Орхидея эта растетъ на Явѣ, на корѣ различныхъ тропическихъ деревьевъ. Стебли ея развиты очень слабо и лишены зеленыхъ листьевъ. Зато придаточные воздушные корни ея (см. рис. 296) составляютъ почти все растеніе. Они плоскіе, лентовидные, зеленаго цвѣта, содержатъ въ клѣткахъ своихъ хлорофиллъ и исполняютъ функціи зеленыхъ листьевъ, т. е. усваиваютъ углекислоту и синтезируютъ органическія вещества.

Тропическіе лѣса растутъ въ вѣчно-влажномъ и жаркомъ климатѣ. Дожди идутъ, не переставая, круглый годъ, и

влаги выпадаетъ въ теченіе года обыкновенно очень много. Подъ вліяніемъ такого жаркаго и влажнаго климата особенно сильно разрастается подъ тропиками древесная растительность. Тропическій лѣсъ совсѣмъ не похожъ на нашъ лѣсъ (см. рис. 297). Огромное количество разнообразнѣйшихъ вѣчнозеленыхъ древесныхъ породъ составляетъ этотъ лѣсъ.

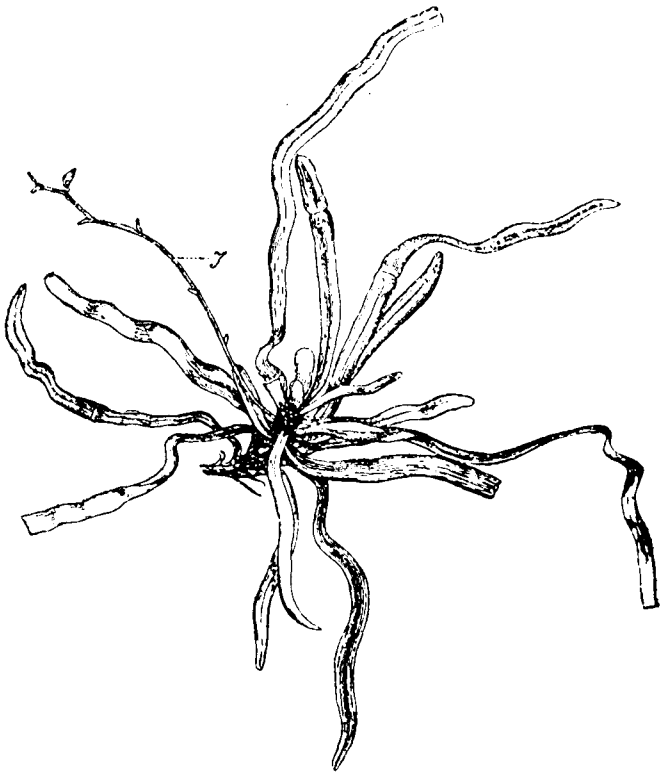


Рис. 296. Эпифитная орхидея — *Taeniophyllum Zollingeri*, съ лентообразными зелеными придаточными воздушными корнями, замѣняющими листья; *J* — цвѣтущій побѣгъ.

Деревья вырастаютъ въ могучіе гиганты, высоко вздымающіе къ небу свои густыя зеленыя кроны. Въ такомъ первобытномъ лѣсу вѣчно царитъ полумракъ, оранжерейная сырость и тепло; въ немъ, точно въ жарко натопленной и наполненной водяными парами банѣ. Въ полумракѣ тропическаго лѣса не можетъ расти травянистая растительность на землѣ; ей не хватаетъ тамъ свѣта и воздуха; и вотъ взбираются травянистыя растенія эти на сучья деревьевъ, повыше, по-

ближе къ свѣту и свѣжему воздуху. Укрѣпляясь въ трещинахъ коры деревьевъ, въ разсѣлинахъ и развилинахъ вѣтвей, такія травянистыя растенія находятъ себѣ лишь въ верхнихъ этажахъ ихъ кронъ достаточно свѣта. Но имъ мало пищи среди безплодной коры деревьевъ, и они посылаютъ во влажную атмосферу лѣса воздушные корни, которые, точно лохматыя бороды, спускаются съ сучьевъ деревьевъ и высасываютъ изъ насыщенной водяными парами атмосферы тропическаго лѣса воду, съ растворенными въ водѣ этой неор-



Рис. 297. Тропическій лѣсъ, увитый ліанами, увѣшанный эпифитами, состоящій изъ разнообразнѣйшихъ вѣчнозеленыхъ древесныхъ породъ.

ганическими соединеніями. Въ тропическомъ лѣсу нѣтъ также кустарниковъ, какъ въ нашихъ лѣсахъ, нѣтъ подлѣска. Кустарникамъ также темно и душно въ этомъ лѣсу. Зато обильно развиты въ тропическомъ лѣсу **ліаны**. Многія полудеревянистыя растенія обвиваются вокругъ стволовъ тропическихъ деревьевъ или цѣпляются за эти стволы особыми органами, чтобы тоже забраться повыше, поближе къ свѣту и свѣжему воздуху. Многія ліаны прикрѣпляются къ стволамъ тропическихъ деревьевъ придаточными воздушными корнями. Другія, высоко забравшись въ крону деревьевъ, спускаютъ оттуда въ глубину лѣса длинные воздушные корни, которые, точно змѣи, свѣшиваются съ деревьевъ и поглощаютъ влагу тропическаго лѣса. Ліаны и эпифиты — характернѣйшая особенность тропическаго лѣса, и многіе изъ нихъ снабжены сильно развитой системой воздушныхъ придаточныхъ корней. Мхи въ тропическомъ лѣсу не одѣваютъ почву лѣса, какъ у насъ, а растутъ на

стволахъ, вѣтвяхъ и даже иногда на кожистыхъ листьяхъ вѣчнозеленыхъ деревьевъ. Папоротники, плауны, разнообразныя орхидныя, бромеліевыя и ароидныя высоко забираются въ кроны тропическихъ деревьевъ, ведя эпифитный образъ жизни; оттуда, изъ кронъ деревьевъ выглядываютъ или свѣшиваются цѣлыми кистями крупные яркіе оригинальные цвѣты этихъ растеній вмѣстѣ съ прядями и космами воздушныхъ корней разной длины и толщины. У нѣкоторыхъ тропическихъ ліанъ длинные воздушные корни, точно толстыя бичевки, спускаются со всѣхъ вѣтвей растенія и, одѣтые на концахъ бархатистымъ волосянымъ покровомъ, жадно поглощаютъ влагу лѣсной атмосферы. Но въ концѣ концовъ эти толстые гибкіе корни-бичевки дорастаютъ до земли, углубляются въ землю и дѣлаются корнями подземными, поглощая такимъ образомъ теперь воду и растворенныя въ ней вещества не изъ воздуха, а изъ вѣчносырой почвы тропическаго лѣса. Такіе воздушные корни, вырастающіе со временемъ въ корни подземные, мы въ изобиліи находимъ, напримѣръ, у одного тропическаго ароиднаго — *Philodendron pertusum* или *Monstera deliciosa* (см.

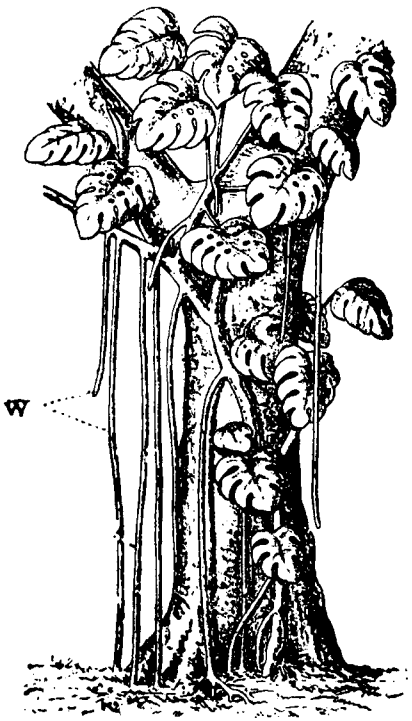


Рис. 298. *Monstera deliciosa* или такъ называемый разводимый въ комнатахъ филодендронъ, растущій вдоль ствола тропическаго дерева и выпускающій изъ стебля своего длинные придаточные воздушные, подконецъ укореняющіеся въ землѣ корни (*W*).

рис. 298), растущаго въ тропической Америкѣ и часто разводимаго у насъ въ комнатахъ. Его воздушные корни хорошо извѣстны каждому, кто держалъ это растеніе у себя въ комнатѣ.



Рис. 299. Паразитное растеніе повилика — *Cuscuta*, присосавшаяся придаточными корнями своими къ клеверу.

Четвертый и послѣдній типъ корней въ связи съ субстратомъ — это **корни паразитирующіе** или **гаусторіи**, radices parasiticae. Имѣется немало растеній, паразитирующихъ на другихъ растеніяхъ и высасывающихъ изъ этихъ послѣднихъ питательные соки. Чужеядныя растенія эти живутъ на счетъ другихъ растеній. На рис. 299 изображено одно изъ такихъ чужеядныхъ растеній — *Cuscuta* или повилика. Она растетъ у насъ на разныхъ растеніяхъ, на клеверѣ (см. рис. 299), на кропивѣ, на льнѣ, на ивахъ, на хмелѣ и др. Тонкими блѣдными бѣловатыми или розоватыми нитями опутываетъ паразитъ этотъ растеніе, на которое онъ нападаетъ. Зеленыхъ листьевъ у него нѣтъ, вмѣсто листьевъ маленькія безцвѣтныя чешуйки. Цвѣточки собраны головками на нитевидныхъ стебляхъ, а обычныхъ корней у него во взрослomъ состояніи совершенно не имѣется, ибо къ землѣ растеніе это не прикасается. Но въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ нитевидные стебли его приходятъ въ соприкосновеніе со стеблями питающаго растенія, отъ стеблей повилики отходятъ какъ бы небольшіе короткіе отроги или

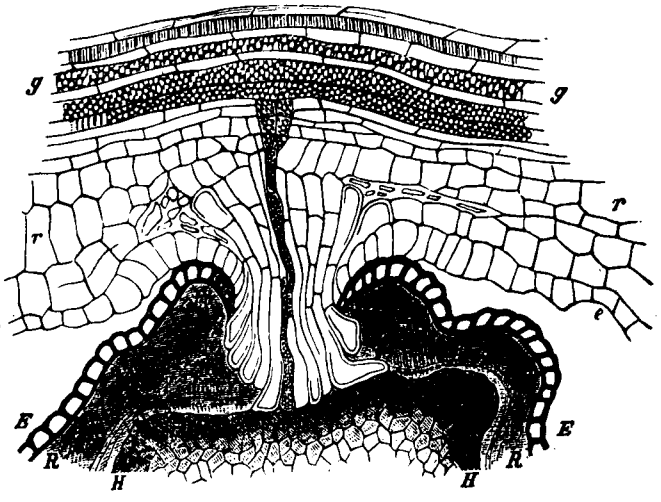


Рис. 300. *Cuscuta europaea*, паразитирующая на стеблѣ кропивы. Придаточные паразитирующіе корни или гаусторіи *Cuscut*'ы внѣдряются въ ткань стебля кропивы въ видѣ присосокъ.

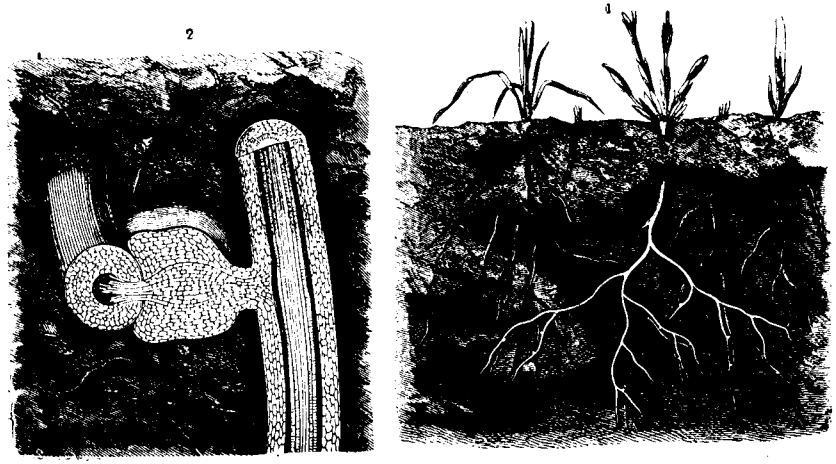


Рис. 301. Полупаразитъ — *Thesium alpinum*: *1* — корень *Thesium*'а съ присосками или гаусторіями, при помощи которыхъ онъ присасывается къ корнямъ другихъ растеній; *2* — кусокъ корня *Thesium*'а съ присоскою, приложившеюся къ корню растенія-хозяина; поперечный и продольный разрѣзъ, увелич. 35 разъ.

присоски (см. рис. 300). Этими короткими присосками, называемыми гаусторіями, внѣдряется повилика въ ткань растенія-хозяина и высасываетъ изъ него готовую органическую пищу. Гаусторіи повилики представляютъ придаточные паразитирующіе корни растенія. **Паразиты и полупаразиты**, поселяясь на другихъ растеніяхъ (см. рис. 301), въ противоположность эпифитамъ, иногда сильно вредятъ растеніямъ-хозяевамъ. Высасывая изъ нихъ питательные соки, они нерѣдко совершенно истощаютъ и губятъ въ концѣ концовъ тѣ растенія, на которыя они нападаютъ. Эпифиты никогда не пользуются питательными веществами изъ живыхъ тканей тѣхъ растеній, на которыхъ они живутъ, а

потому эпифиты въ сущности для растеній-хозяевъ совершенно безвредны.

Одно изъ главныхъ назначеній корня — прикрѣплять растеніе къ субстрату, на которомъ оно живетъ. Въ связи съ этой задачей можно тоже отмѣтить нѣсколько біологическихъ типовъ корней. Первый типъ корней будутъ **корни цѣпляющіеся** или radices adligantes. Большинство корней принадлежитъ къ этому типу. Наши обыкновенныя растенія на кончикахъ корней своихъ имѣютъ массу **корневыхъ волосковъ** эпидермальнаго происхожденія (см. рис. 302). Этими корневыми волосками корни такъ плотно срастаются съ частицами почвы, что легче оторвать волоски и даже кончики корней отъ почвы, чѣмъ очистить корень, не повредивъ его, отъ частицъ земли. Если корневая система очень вѣтвистая, то, понятно, какъ крѣпко и плотно срастается растеніе корнями своими съ почвой, и такимъ образомъ находитъ оно прочную опору въ землѣ. Этимъ свойствомъ корней пользуются даже для укрѣпленія подвижныхъ почвъ, напримѣръ, сыпучихъ и летучихъ песковъ. Если такіе подвижные пески засадить растеніями съ быстро развивающимися длинными корнями, то эти послѣдніе при помощи корневыхъ волосковъ такъ прочно срастаются съ частицами сыпучаго песка, что цементируется и самъ песокъ, и изъ летучаго, легко переносимаго съ мѣста на мѣсто вѣтромъ, дѣлается плотнымъ и неподвижнымъ. Такъ, обсаживая различными ивами или злаками и нѣкоторыми другими растеніями съ сильно развитой корневой системой, останавливаютъ отъ дальнѣйшаго движенія сыпучія песчаныя дюны,

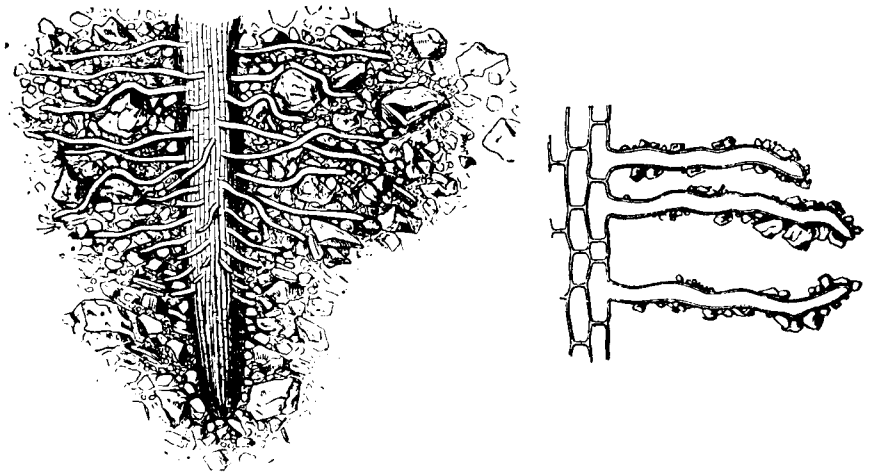


Рис. 302. Кончикъ корня съ корневыми волосками въ землѣ. Справа — продольный разрѣзъ черезъ наружную часть корешка съ корневыми волосками, сросшимися съ почвенными частицами; увелич. въ 300 разъ.

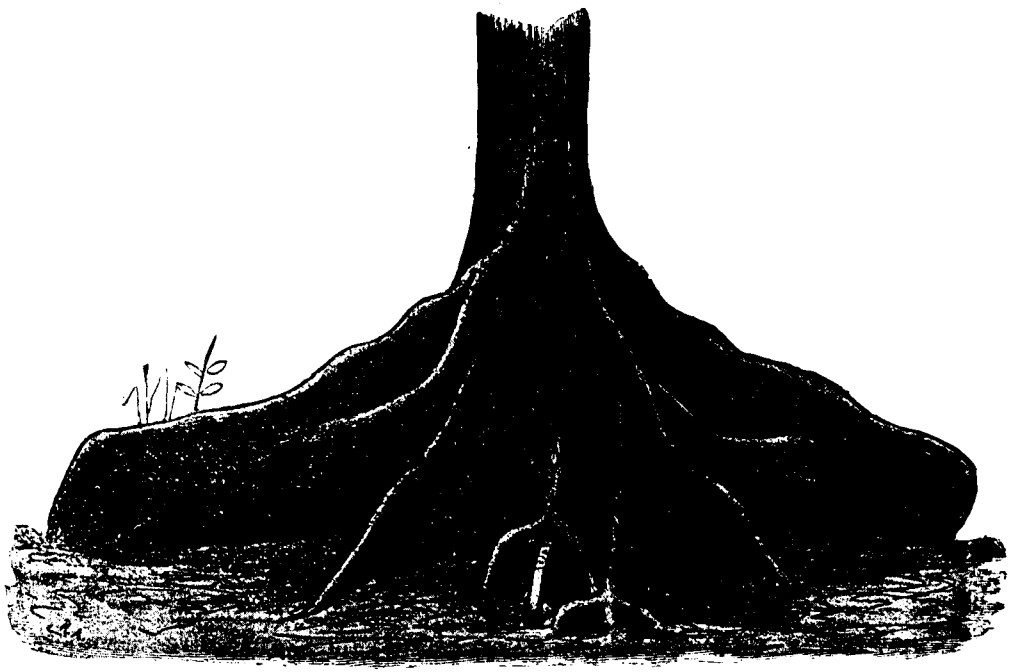


Рис. 303. Основаніе ствола растущей въ Ботаническомъ Саду на Явѣ въ Бюйтенцоргѣ *Sterculia*, съ придаточными, плоскими, поставленными на ребро, досчатыми корнями, подпирающими стволъ этого дерева на подобіе контрфорсовъ.

встрѣчающіяся по берегамъ морей и океановъ, или материковыя дюны и барханы, распространенные у насъ, напримѣръ, въ Средней Азіи. Дюны и барханы, не заселенные растеніями, довольно быстро передвигаются вѣтромъ съ одного мѣста на другое, засыпая иногда цѣлыя деревни и принуждая жителей переходить со своими постройками на другія мѣста. Но стоитъ такія дюны засадить растеніями съ хорошо развитой и быстро растущей корневой системой, какъ движеніе ихъ прекращается, и песокъ плотно цементируется корневыми

развѣтвленіями и волосками. Цѣпляющіеся корни встрѣчаются и воздушные, придаточные. Такъ, у плюща, ползущаго по отвѣсной стѣнѣ, на сторонѣ стебля, обращенной къ стѣнѣ,



Рис. 304. Пандануст съ острова Банды съ придаточными воздушными корнями-подпорками.

время отъ времени, обыкновенно въ узлахъ, развивается небольшой пучекъ короткихъ придаточныхъ корешковъ, которыми плющъ проникаетъ въ трещины, неровности и разсѣлины стѣны и плотно срастается съ ней, такъ что бываетъ даже трудно отодрать его отъ стѣны. Нерѣдко такія цѣ-

пляющіеся корни плюща отдираются отъ стѣны вмѣстѣ съ штукатуркою, такъ тѣсно срослись кончики корня съ частицами стѣны.

Второй типъ корней — это **корни поддерживающіе**; можно различать нѣсколько разновидностей поддерживающихъ корней. У *Sterculia* или у каучуковаго дерева (*Ficus elastica*), растущаго въ тропической Азіи и нерѣдко культивируемаго въ комнатахъ, взрослыя деревья, кромѣ подземныхъ корней, имѣютъ длинные, плоскіе надземные корни, которые, точно широкія поставленныя на ребро доски, со всѣхъ сторонъ поддерживаютъ гигантскіе стволы этихъ деревьевъ (см. рис. 303). Такіе **корни** называются **досчатыми** (radices parietiformes). У другихъ тропическихъ деревьевъ образуются **корни-подпорки** (radices fulcrantes). Они отходятъ отъ главнаго ствола дерева и направляются внизъ въ почву. Эти корни очень крѣпкіе и, какъ подпорки, поддерживаютъ съ разныхъ сторонъ тяжелые стволы деревьевъ. Такіе корни-подпорки находимъ мы нерѣдко, напримѣръ, у пандануссовъ (см. рис. 304), пальмъ, у мангрововыхъ деревьевъ (см. рис. 305). У пандануссовъ отъ главнаго ствола отходятъ крѣпкіе воздушные корни. Они довольно быстро дорастаютъ до земли, проникаютъ въ нее и поддерживаютъ стволъ пандануса со всѣхъ сторонъ, точно подпорками (см. рис. 304). Мангрововыя деревья растутъ, какъ я вамъ уже говорилъ, по



Рис. 305. Придаточные воздушные корни-подпорки мангрововыхъ деревьевъ, растущихъ въ чертѣ прилива и отлива, по берегамъ тропическихъ океановъ.

берегамъ тропическихъ морей и океановъ, въ чертѣ прилива и отлива. Эти постоянно повторяющіеся приливы и отливы, а равно и зачастую огромныя волны въ бурную погоду легко могли бы съ корнемъ вырвать массивныя мангрововыя деревья, растущія при томъ же въ почвѣ крайне неустойчивой, илистой. Но растенія предохраняютъ себя отъ подобнаго вырыванія съ корнемъ изъ илистаго побережья океановъ, высылая изъ главнаго ствола своего сильно развѣтвленную и механически прочную корневую систему, плотно укореняющуюся въ илистой почвѣ побережья и придающую большую устойчивость мангрововымъ зарослямъ, несмотря на то, что заросли эти все время ходуномъ ходятъ въ морской водѣ, и во время волненія и бури, и во время прилива и отлива океана. Деревья эти на своихъ корняхъ-подпоркахъ стоятъ въ водѣ, точно на ходуляхъ (см. рис. 305).

Колоновидные корни (radices columnares) — тоже крѣпкіе, сначала воздушные, а затѣмъ подземные корни, но отходящіе не отъ главнаго ствола дерева, а отъ его вѣтвей. Такіе корни развиваются у особенно крупныхъ тропическихъ деревьевъ съ широкой тяжелой кроной. У такихъ деревьевъ, дабы вѣтеръ не могъ ихъ свалить или вывернуть съ корнемъ, и дабы не могъ онъ поломать ихъ тяжелыя массивныя вѣтви, недостаточно подпереть главный стволъ подпорками; надо подпереть и самыя вѣтви. Особенно богатую систему колоновидныхъ корней находимъ мы у священной смоковницы индусовъ (см. рис. 306). Отъ боковыхъ вѣтвей, крупныхъ и мелкихъ, старыхъ и молодыхъ, спускаются внизъ къ почвѣ толстые и очень крѣпкіе корни. Корни эти не гибкіе, какъ у *Philodendron pertusum*, гдѣ роль ихъ главнымъ образомъ лишь питающая. Наоборотъ, эти корни построены такъ же прочно, какъ и сами стебли. И цѣлой колонадой спускаются они изъ разныхъ частей и вѣтвей дерева, образуя весьма прочную систему подпорокъ не для главнаго ствола дерева, а для всей его широкой развѣсистой кроны. Насколько крупные экземпляры встрѣчаются иногда этого дерева, можно судить по слѣдующимъ примѣрамъ. Подъ однимъ всего деревомъ священной смоковницы *(Ficus indica)* помѣстилось однажды цѣлое полчище въ 5000 человѣкъ. На Цейлонѣ встрѣчаются смоковницы, подъ кроной одного дерева которыхъ пріютилась

цѣлая деревня въ 100 домовъ; у одного такого дерева насчитали 350 большихъ и 3000 малыхъ воздушныхъ колоно-



Рис. 306. Баніанъ или священная смоковница индусовъ — *Ficus benghalense*. Съ острова Цейлона, изъ окрестностей города Кенди. Гигантскія деревья эти сажаютъ близъ индусскихъ храмовъ на Цейлонѣ, въ Индіи, и т. д.

видныхъ корней, упирающихся въ землю и поддерживающихъ собою гигантскую крону этого великана-дерева.

Третій типъ корней въ связи съ ихъ механической задачей — прикрѣплять растеніе къ субстрату — это **корни плавающіе.** У нѣкоторыхъ водяныхъ растеній, плавающихъ подъ водою, напримѣръ, у *Jussiaea* (см. рис. 307), развиваются особые толстые корни-поплавки, придающіе легкость всему растенію и облегчающіе ему плаваніе въ водѣ. Въ этихъ толстыхъ колбасовидныхъ корняхъ внутри имѣется много воздушныхъ ходовъ, и оттого они легкіе и плаваютъ близъ поверхности воды, какъ поплавки. Они имѣютъ и другое еще назначеніе: верхушками своими плавающіе корни *(W)* выступаютъ надъ поверхностью воды *(O—O)* и играютъ роль дыхательныхъ органовъ, поглощая изъ воздуха кислородъ, котораго мало въ стоячихъ водахъ, гдѣ обитаетъ *Jussiaea.* Мангрововыя деревья тоже образуютъ нерѣдко **дыхательные корни,** торчащіе изъ воды и изъ ила и облегчающіе газовый обмѣнъ въ сильно развѣтвленной корневой системѣ этихъ деревьевъ, корнями своими погруженныхъ въ густой и глубокій илъ и въ воду.

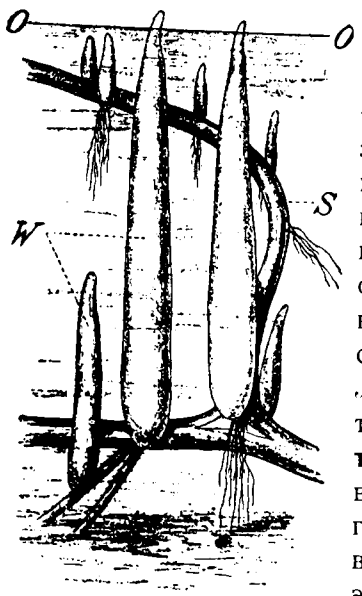
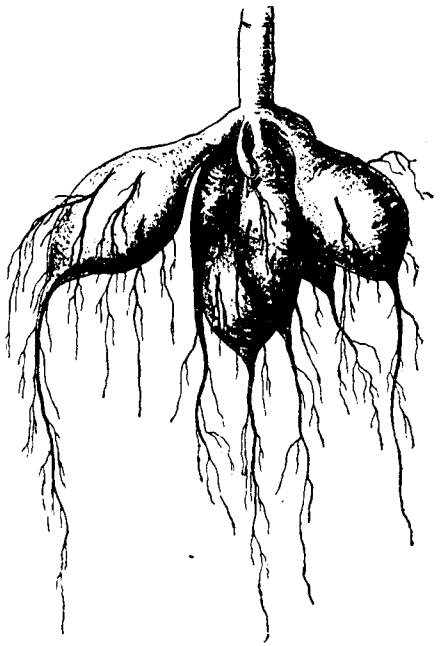


Рис. 307. Часть подводнаго побѣга *Jussiaea repens* съ плавательными вздутыми корнями *(W)*, играющими роль поплавковъ и одновременно дыхательныхъ органовъ. *S* — стебель, *O—O* — поверхность воды.

Можно различать также различные типы корней въ связи съ запасомъ питательныхъ веществъ въ нихъ. У однихъ растеній **корни однолѣтніе,** тонкіе, безъ запасовъ питательныхъ веществъ. Такія растенія живутъ только одинъ вегетаціонный періодъ, приносятъ подконецъ сѣмена и сами погибаютъ. Есть немало растеній **двулѣтнихъ.** У нихъ въ первый годъ послѣ прорастанія изъ сѣмянъ вырастаетъ обыкновенно очень толстый главный корень (веретеновидный или рѣпчатый, см. рис. 289, *b* и *c*), ткани котораго подъ осень обильно наполнены питательнымъ веществомъ; стебель же первый годъ развивается не сильно,

и въ первомъ году растенія эти не цвѣтутъ. На слѣдующій годъ, на счетъ запасныхъ питательныхъ веществъ, накопленныхъ въ такомъ толстомъ корнѣ, вырастаетъ крупный стебель растенія, растеніе цвѣтетъ и приноситъ плоды и сѣмена. Все это совершается главнымъ образомъ на счетъ обильнаго запаса питательныхъ веществъ, отложенныхъ въ толстомъ главномъ корнѣ въ первомъ году жизни растенія, а во второмъ году его жизни корень даже на видъ сильно истощается, дѣлается дряблымъ, ибо запасы его идутъ на построеніе стебля, цвѣтовъ и плодовъ. Таковы, напримѣръ, корни моркови, свеклы, рѣпы, рѣдьки, редиски и проч. **Многолѣтніе корни** многолѣтнихъ травянистыхъ растеній, кустарниковъ и деревьевъ либо имѣютъ небольшой запасъ питательнаго вещества по преимуществу подъ осень, на зиму, и тогда они ничѣмъ особеннымъ не отличаются, либо тоже откладываются и въ многолѣтнихъ корняхъ значительные запасы органическихъ питательныхъ веществъ, которыя потребляются растеніемъ въ слѣдующемъ вегетаціонномъ періодѣ. Такіе **корни** называются **клубневидными** (см. рис. 289, *e*), такъ какъ они сильно разрастаются въ ширину и толщину, содержатъ въ себѣ богатые запасы питательныхъ веществъ и по внѣшнему виду напоминаютъ клубни. **Клубни,** какъ мы увидимъ впослѣдствіи, стеблевого происхожденія, но есть и клубневидные корни, какъ, напримѣръ, у георгины (см. рис. 308).


Рис. 308. Корневые клубни георгины.

Корни двулѣтнихъ растеній и клубневидные корни многолѣтнихъ растеній переполнены питательными веществами, а потому нерѣдко идутъ въ пищу человѣку или

охотно поѣдаются различными роющими или подземными животными. Чтобы предохранить такіе корни и клубни отъ поѣданія животными, многія растенія въ клѣткахъ такихъ корней, кромѣ питательныхъ веществъ, отлагаютъ различныя ядовитыя вещества, **алкалоиды**. Отсюда и идетъ добываніе многихъ корней растеній для медицинскихъ цѣлей. Сама ботаника началась съ добыванія ядовитыхъ корней для медицинскихъ цѣлей, и отсюда пошло изученіе растительнаго царства съ этой утилитарной, прикладной точки зрѣнія.

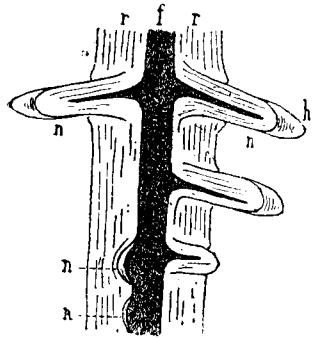


Рис. 309. Выхожденіе боковыхъ корней *n* изъ главнаго корня (эндогенное ихъ развитіе): *r* — кора корня, *f* — центральный цилиндръ корня, *h* — корневой чехликъ. Слабо увеличенный продольный разрѣзъ.

Хотя корень по преимуществу органъ подземный, но мы видѣли также корни воздушные и водяные. Съ другой стороны не всякій подземный органъ есть корень. Корневища, луковицы, клубни — хотя образованія подземныя, но не корневого, а стеблевого происхожденія. Отличительныя особенности корня слѣдующія: корень растетъ верхушкой (такъ же, впрочемъ, какъ и стебель). Боковые и придаточные корни развиваются изъ корней низшаго порядка или изъ стеблей эндогенно или внутреродно. Это хорошо видно на прилагаемыхъ рис. 309 и 310. На рис. 309 мы видимъ продольный разрѣзъ главнаго корня: *f* — это такъ называемый центральный цилиндръ корня, *r* и *r* окружающая центральный цилиндръ кора. На рисункѣ хорошо видно, что боковые корни развиваются изъ ткани центральнаго цилиндра корня и прободаютъ ткань первичной коры, т. е. образуются внутреродно или эндогенно. То же самое видно и на рис. 310. Рисунокъ этотъ изображаетъ поперечный разрѣзъ черезъ молодой корень подсолнечника съ заложеннымъ внутри него, въ ткани центральнаго цилиндра, боковымъ молодымъ корнемъ, который на этомъ рисункѣ даже еще не вышелъ изъ первичной коры корня.

Стебли, въ противоположность корнямъ, залагаются экзогенно или изъ наружныхъ тканей стебля.

Существенное отличіе корня отъ стебля заключается въ томъ, что корень никогда не производитъ боковыхъ органовъ — листьевъ. Изъ корня могутъ развиться только корни и больше ничего. Стебли, наоборотъ, всегда производятъ боковые органы — листья и, кромѣ того, новые стебли,

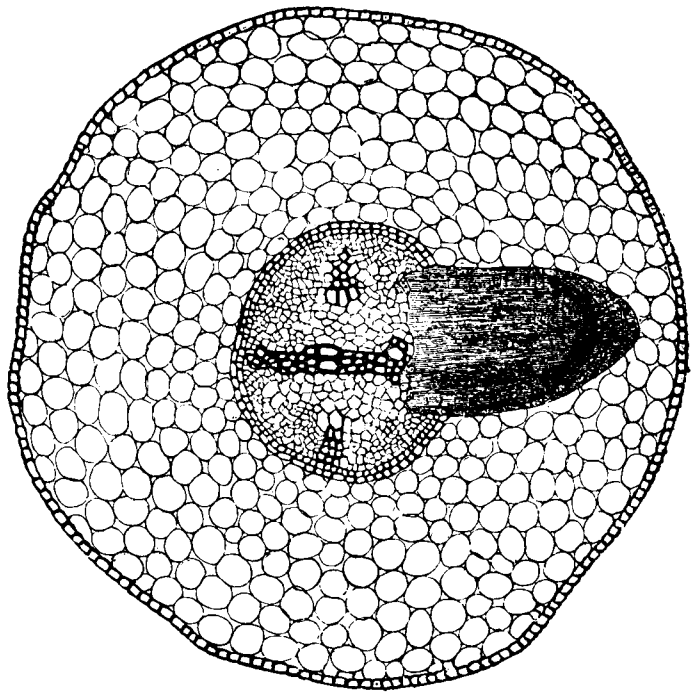


Рис. 310. Поперечный разрѣзъ черезъ молодой корень подсолнечника съ заложеннымъ внутри его тканей боковымъ корнемъ (эндогенное развитіе боковыхъ корней).

а также могутъ нерѣдко, по крайней мѣрѣ, производить и придаточные корни.

Наконецъ, морфологической особенностью корня, въ отличіе отъ стебля, является присутствіе на его верхушкѣ особой ткани, одѣвающей кончикъ корня, точно наперстокъ или колпачкомъ, и предохраняющей кончикъ корня отъ тренія о посторонніе предметы. Эта ткань называется **корневымъ чехликомъ**, и нарастающая верхушка корня находится подъ этимъ корне-

вымъ чехликомъ (см. рис. 311), на нѣкоторомъ небольшомъ разстояніи отъ самого окончанія корня. Корневой чехликъ имѣется и у корней подземныхъ (см. рис. 309, 311), и у корней подводныхъ (напримѣръ, у ряски, см. рис. 293), и у

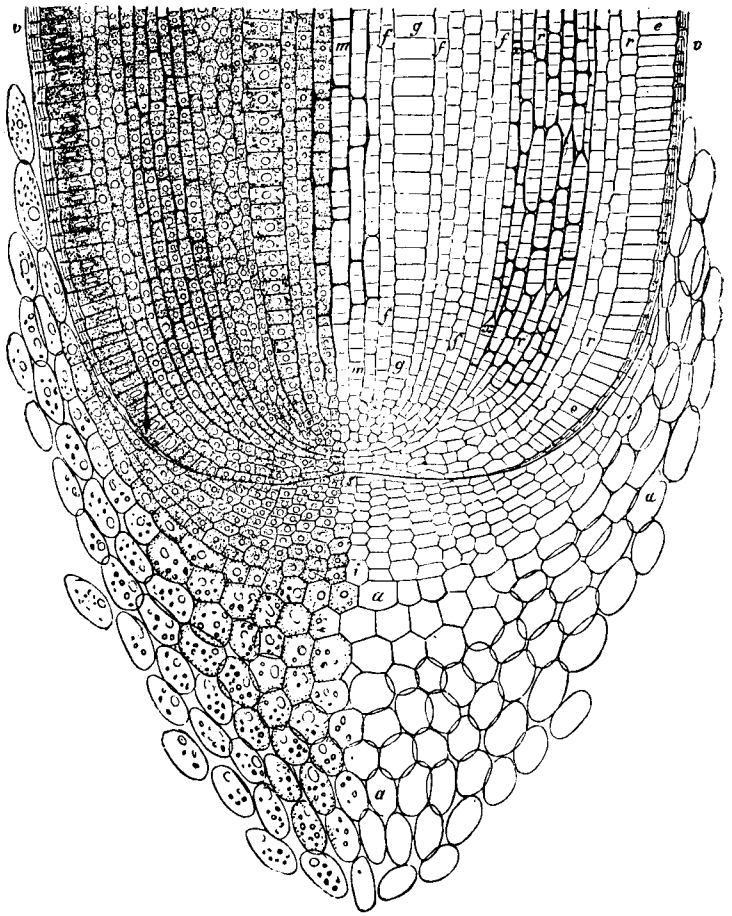


Рис. 311. Верхушка корня (конусъ нарастанія) съ корневымъ чехликомъ (*a*, *a*) и калиптрогенной тканью (*s*).

корней воздушныхъ. Особенно хорошо развитъ корневой чехликъ у воздушныхъ корней пандануовъ (см. рис. 304). У водяныхъ растеній крупный корневой чехликъ мы видимъ у ряски (см. рис. 293). Онъ называется здѣсь **корневымъ колпачкомъ.** У молодого еще не пробившагося сквозь первичную кору бокового корня уже ясно видна обособившаяся на самомъ кончикѣ его ткань — будущій корневой чехликъ (см. рис. 310). У стеблей никогда ничего подобнаго корневому чехлику не бываетъ. У корней въ большинствѣ случаевъ корневой чехликъ болѣе или менѣе ясно замѣтенъ. Иногда, впрочемъ, онъ отсутствуетъ и у корней, но вслѣдствіе атрофіи, а не вслѣдствіе органическаго своего отсутствія. Онъ замѣняется тогда особой тканью, о которой мы скажемъ однако впослѣдствіи.

Лекція двадцать восьмая.

Питаніе растеній корнями.

Растеніе для питанія своего, какъ мы уже видѣли, нуждается въ четырехъ органогенныхъ элементахъ, въ C, H, O и N, а кромѣ того въ K, Ca, Fe, S, Ph, Mg, Cl и Si. Всѣ эти элементы, кромѣ одного и самаго важнаго, кромѣ C, растеніе добываетъ корнями изъ почвы. **Почва** состоитъ изъ твердыхъ **минеральныхъ частицъ** различной величины и изъ **почвенной влаги**, въ которой растворены различныя минеральныя или органическія соединенія. Даже на видъ совершенно сухая почва всегда содержитъ въ себѣ небольшое количество воды, такъ называемой почвенной воды, которую можно удалить только высушиваніемъ почвы при температурѣ выше 100°. Почвенная вода или влага тонкимъ слоемъ одѣваетъ каждую хотя бы самую мелкую минеральную частицу почвы. Замѣчательна такъ называемая **поглотительная способность почвы.** Если, напримѣръ, сквозь землю процѣживать навозную жижу, то въ фильтратѣ получается почти чистая вода. То же самое будетъ, если пропускать черезъ почву растворы разныхъ солей; при этомъ одни растворы проходятъ черезъ почву безъ всякихъ измѣненій, и растворенныя въ водѣ вещества почвою не задерживаются, другіе растворы цѣликомъ или почти цѣликомъ задерживаются почвою и, пройдя черезъ почву, почти лишаются растворенныхъ въ нихъ солей, причемъ вода, просачивающаяся черезъ почву, приближается б. и. м. по составу къ дистиллированной. Третьи, наконецъ, растворы, пройдя черезъ почву, измѣняютъ химическій составъ свой, оставляя въ почвѣ одни соединенія и вымывая изъ нея другія. Такъ, напримѣръ,

при процѣживаніи черезъ слой почвы солей калія, нѣкоторыя калійныя соли задерживаются почвою. Если же процѣживать сквозь слой земли селитру, т. е. азотнокаліевую соль, то весь калій поглощается почвою, а азотная кислота, соединяясь съ кальціемъ, всегда находящимся въ почвѣ въ какомъ либо соединеніи, вымывается при этомъ изъ почвы. Поэтому, если полить обильно почву, находящуюся въ стеклянной воронкѣ, растворомъ селитры и собрать вытекающую изъ воронки воду въ стаканъ, то въ растворѣ окажется уже не селитра, а азотнокальціевая соль. Особенно сильно поглощаются почвою изъ основаній — калій и амміакъ, а изъ кислотъ — фосфорная и кремніевая. По мнѣнію однихъ авторовъ, поглотительная способность почвы объясняется физическими свойствами ея, такъ называемымъ **частичнымъ притяженіемъ.** Частицы почвы, подобно, напримѣръ, угольному порошку, притягиваютъ къ себѣ частицы растворенаго вещества, которыя и остаются въ почвѣ, а вода просачивается наружу. Такого взгляда на поглотительную способность почвы придерживался въ свое время Либихъ и его школа. Другіе авторы, напримѣръ, Уё, Фёлькеръ, Бретшнейдеръ, объясняли поглотительную способность почвы **химическими процессами,** въ почвѣ происходящими, при чемъ въ этихъ химическихъ процессахъ особенно большую роль играютъ **цеолиты** почвы. Въ почвѣ, при просачиваніи раствора, происходятъ различные химическіе процессы, при которыхъ растворенныя въ водѣ соединенія вступаютъ въ химическія реакціи съ частицами почвы, въ особенности съ цеолитами, и переходятъ въ нерастворимыя соединенія. Растворы какъ бы связываются почвою и далѣе изъ нея не вымываются. Наконецъ, по мнѣнію Кнопа, поглотительная способность почвы объясняется какъ частичнымъ ея притяженіемъ, такъ и б. и. м. присутствіемъ въ ней цеолитовъ и химическими процессами, связывающими растворенныя въ водѣ вещества. Различныя почвы обладаютъ различной поглотительной способностью. При этомъ поглощаются почвами различныя соединенія, полезныя растеніямъ и для нихъ безразличныя. Мы видѣли только что, что азотная кислота — одно изъ важнѣйшихъ для растеній соединеній, ибо изъ азотнокислыхъ солей, въ особенности изъ селитры, строитъ растеніе свои азотистыя соединенія, свою протоплазму, поч-

вой не поглощается, не удерживается. Всякій новый дождь, всякое сильное смачиваніе почвы все болѣе и болѣе вымываетъ изъ почвы азотнокислыя соли, въ особенности селитру, а между тѣмъ это одно изъ самыхъ необходимыхъ для растенія минеральныхъ соединеній. Азотная кислота не поглощается почвою, вѣроятно, потому, что не образуетъ нерастворимыхъ въ водѣ соединеній. Съ другой стороны почва жадно поглащаетъ кремнекислоту, для растеній почти безполезную.

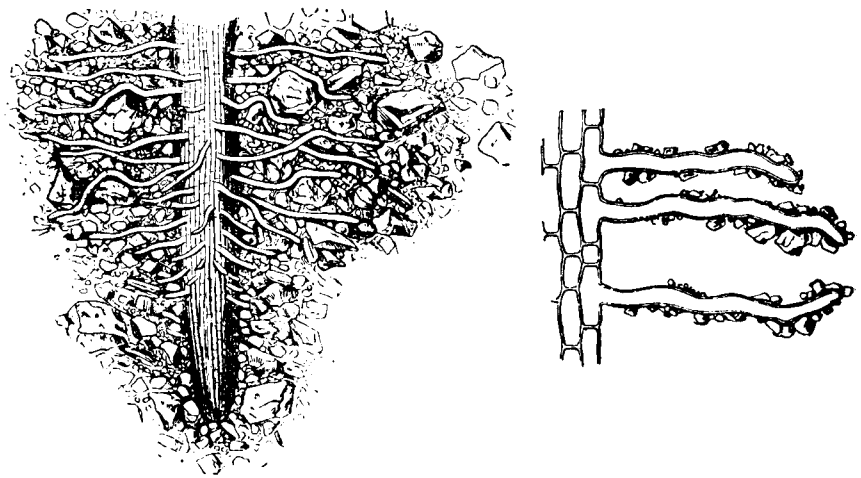


Рис. 312. Кончикъ корня съ корневымъ чехликомъ и корневыми волосками въ почвѣ. Справа — продольный разрѣзъ черезъ наружную часть корешка съ корневыми волосками, плотно сросшимися съ частицами почвы; увелич. въ 300 разъ.

Несмотря на свою поглотительную способность, почва даже изъ очень слабыхъ растворовъ никогда не поглощаетъ всего растворенаго въ водѣ вещества, а потому въ почвѣ всегда находятся хотя бы и очень слабые растворы минеральныхъ солей, многія изъ которыхъ являются питательными веществами для растеній. Кончикъ корня растеній одѣтъ кожицей или эпидермальной тканью. На нѣкоторомъ разстояніи отъ самого кончика корня клѣтки кожицы вытягиваются въ длинные **корневые волоски** (см. рис. 312), представляющіе живыя клѣтки, покрытыя тонкой целлюлёзной оболочкой. Целлюлёзная оболочка проницаема для растворовъ, которые просачиваются черезъ нее, равно какъ вообще черезъ растительныя и животныя перепонки, на основаніи физическаго закона **всачиванія и высачиванія (осмоса).**

Въ корневыхъ волоскахъ имѣются стѣнкоположная плазма и вакуоли, наполненныя клѣточнымъ сокомъ. Сокъ этотъ представляетъ растворъ болѣе слабый, чѣмъ растворъ почвенной влаги. Поэтому, на основаніи закона всачиванія и высачиванія, корневые волоски поглощаютъ изъ почвеннаго раствора больше растворенаго вещества, чѣмъ воды, и почвенный растворъ дѣлается отъ этого вблизи корневыхъ волосковъ слабѣе; но, по мѣрѣ разжиженія почвеннаго раствора или, точнѣе говоря, по мѣрѣ уменьшенія его концентраціи, частицы почвы вновь отдаютъ поглощенныя имъ вещества въ растворъ, и почвенный растворъ остается обыкновенно приблизительно одной и той же концентраціи. Концентрація эта однако очень незначительна, примѣрно 1—2 тысячныхъ растворенаго вещества на тысячу частицъ воды. Изъ корневого волоска всосанный имъ почвенный растворъ тѣмъ же осмотическимъ путемъ передается въ сосѣднія клѣтки кончика корня, тѣ передаютъ растворъ еще глубже въ ткань корня и т. д., а корневой волосокъ продолжаетъ высасывать изъ почвы все новые и новые слабые почвенные растворы, частицы же почвы постепенно отдаютъ въ почвенный растворъ все новыя и новыя частицы поглощеннаго ими питательнаго вещества. Такимъ образомъ поглощенные почвою растворы представляютъ какъ бы отложенные про запасъ въ почвѣ капиталы. Плодородная почва — это своего рода банкъ, поглощенные почвою растворы — капиталъ, положенный въ банкъ этотъ на текущій счетъ, а слабые почвенные растворы — это та монета, которая находится въ обращеніи у растительныхъ корней, которую корни тратятъ на свое питаніе. И по мѣрѣ траты, изъ банка, съ текущаго счета берутся понемногу все новые и новые капиталы, которые сначала переходятъ въ растворъ, въ почву, а затѣмъ поступаютъ въ корневые волоски и оттуда въ корень растенія.

Но, помимо поглотительной способности почвы, въ дѣлѣ питанія растеній корнями изъ почвы большую роль играетъ еще такъ называемая **избирательная способность корней.** Корни не просто механически высасываютъ изъ почвы тотъ именно растворъ, который ему случайно предложенъ. Корни высасываютъ изъ почвы тѣ растворенныя вещества, которыя имъ нужны для питанія, и оставляютъ въ

почвѣ и почвенномъ растворѣ вещества, имъ не нужныя. При этомъ корни различныхъ растеній обладаютъ различной

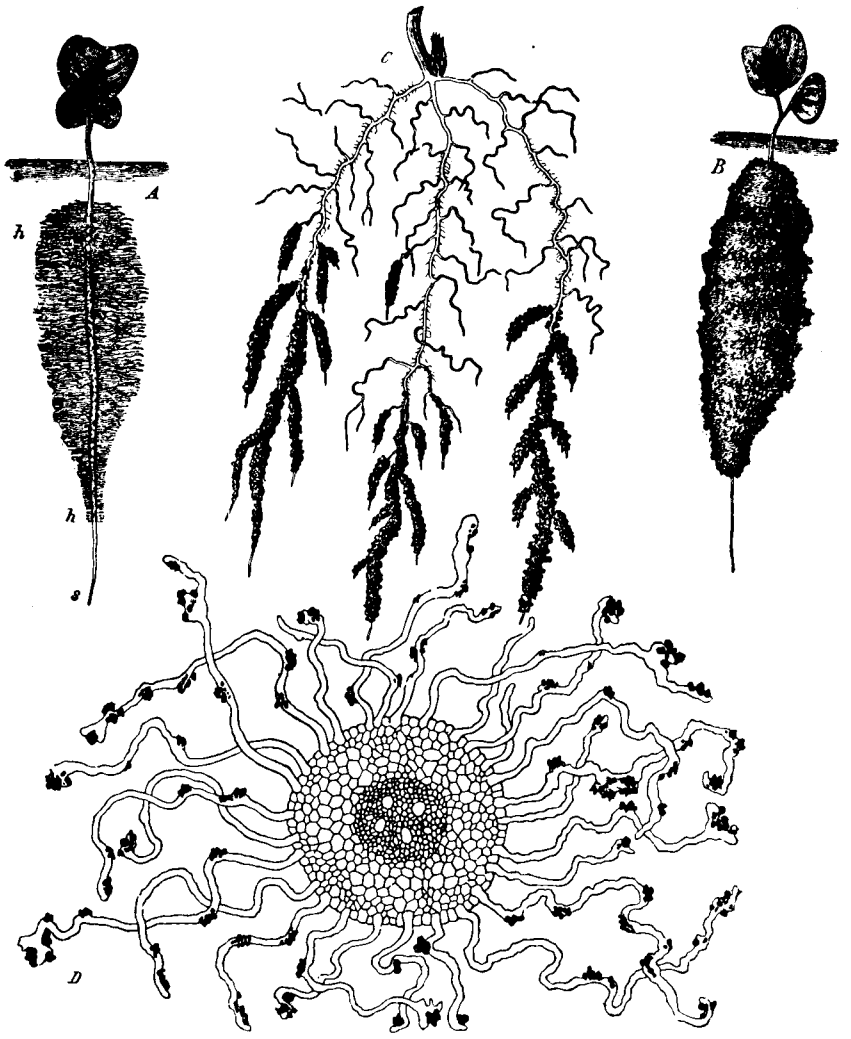


Рис. 313. Корневые волоски. *A* — корень рапса съ корневыми волосками (*h*) и корневою мочкою (*s*); *B* — тотъ же корень съ частицами земли, плотно приросшими къ корневымъ волоскамъ и одѣвающими корень земляным чехломъ; *C* — корень злака; *D* — поперечный разрѣзъ молодого корня; виденъ центральный цилиндръ корня и срастаніе корневыхъ волосковъ съ частицами почвы.

избирательной способностью. Такъ, Тринхинетти погружалъ корни разныхъ растеній въ слабые растворы двухъ

солей, а именно, селитры и поваренной соли; при этомъ оказалось, что корни *Mercurialis annua* и *Chenopodium viride* поглотили изъ раствора много селитры и мало поваренной соли, а корни *Satureja hortensis* и *Solanum lycopersicum*, наоборотъ, поглотили больше поваренной соли, чѣмъ селитры.

Въ молодомъ корнѣ можно всегда отличить три части или зоны (см. рис. 313, *A*): **корневую мочку**, совершенно гладкую и голую; **молодую часть корня, покрытую** живыми **корневыми волосками**, при чемъ самые молодые корневые волоски находятся ближе къ нижней части корешка, къ его верхушкѣ, а самые старые, ссыхающіеся и постепенно отмирающіе, повыше, подальше отъ верхушки корешка; третью зону корня составляетъ наиболѣе удаленная отъ верхушки корешка часть, болѣе **старая его часть**, лишенная живыхъ корневыхъ волосковъ и эпидермиса и **одѣтая** съ поверхности **пробковой тканью**. По мѣрѣ роста корня, корневая мочка удлиняется, и на удаленной отъ верхушки корешка части ея появляются все новые и новые корневые волоски, корневые же волоски въ пограничной зонѣ между второй и третьей частью корня постепенно ссыхаются и слущиваются вмѣстѣ съ клѣтками эпидермиса, а вмѣсто эпидермиса развивается пробковая ткань, которая отгораживаетъ болѣе старую часть корня отъ вліянія внѣшнихъ агентовъ, между прочимъ и отъ почвенной влаги. Ясно, что третьей частью своей, наиболѣе старой, корни поглощать почвенную влагу не могутъ, такъ какъ сплошная пробковая ткань, одѣвающая эту часть корня, пропускать черезъ себя воду и растворы не можетъ. Является вопросъ, какая изъ двухъ остальныхъ частей корня принимаетъ главное участіе въ процессѣ всасыванія почвенной влаги. Уже давно извѣстно было, что если неаккуратно пересаживать растенія изъ одной почвы въ другую, то кончики корня обрываются, и корни плохо всасываютъ въ себя воду или совсѣмъ перестаютъ ее всасывать: растеніе вянетъ. Думали сначала, что главнымъ всасывающимъ аппаратомъ корня является его мочка. Однако Олертъ уже въ 1843 г. весьма простыми опытами доказалъ, что не корневая мочка, а зона съ корневыми волосками является главнымъ всасывающимъ аппаратомъ корня.

Осторожно вынутыя изъ земли растенія Олертъ по-

гружалъ въ воду такъ, что у однихъ погружены были въ воду только корневыя мочки, у другихъ же и корневыя мочки, и вторыя зоны корня, покрытыя корневыми волосками. Сверху наливался слой жидкаго масла, дабы устранить засыханіе растенія отъ испаренія воды молодыми частями корня, находящимися надъ водою. Первыя растенія, погруженныя въ воду лишь корневыми мочками, увядали и засыхали столь же быстро, какъ такія же растенія, оставленныя съ корнями на воздухѣ. Вторыя же растенія, погруженныя въ воду не только корневыми мочками, но и зоной, покрытой корневыми волосками, долгое время оставались свѣжими и впитывали воду корнями. Ясно, что всасывающимъ воду аппаратомъ у корня является вторая его зона съ корневыми волосками. Мы видѣли выше, что зона эта, по мѣрѣ роста корня, постепенно перемѣщается внизъ. Новые волоски вырастаютъ близъ основанія корневой мочки, по мѣрѣ ея роста, а самые старые волоски, на границѣ между второй и третьей зоной, постепенно отмираютъ, ссыхаются и слущиваются вмѣсѣ съ эпидермой корня, замѣняясь пробковой тканью, образующейся на этомъ мѣстѣ. Это постепенное перемѣщеніе зоны корневыхъ волосковъ, по мѣрѣ роста корня и углубленія его въ землю, является весьма цѣлесообразнымъ приспособленіемъ при принятіи пищи изъ земли въ видѣ слабыхъ растворовъ **почвенной влаги.** Мы видѣли уже выше, что всасывающимъ органомъ корня являются въ сущности его корневые волоски. Но корневые волоски высасываютъ питательныя вещества только изъ тѣхъ слоевъ почвенной влаги, которые непосредственно соприкасаются съ корневыми волосками и съ частицами почвы, находящимися вблизи корневыхъ волосковъ. Обыкновенно корневые волоски даже плотно срастаются съ близъ лежащими частицами почвы (см. рис. 314), такъ что зона корневыхъ волосковъ корня, какъ муфтой, одѣта плотно приставшими къ волоскамъ частицами почвы, которыхъ нельзя даже отнять отъ корня (см. рис. 313, *B*, *C*). По мѣрѣ высасыванія питательныхъ растворовъ изъ этихъ ближайшихъ слоевъ, частицы почвы отдаютъ въ растворъ новыя питатель-



Рис. 314. Корневой волосокъ, плотно сросшійся съ частицами почвы.

ныя вещества, ею поглащенныя. Но, конечно, запасъ этотъ не безграниченъ, и въ концѣ концовъ почва очень скоро истощилась бы въ мѣстѣ прикосновенія своего съ всасывающей поверхностью корня, а изъ болѣе отдаленныхъ слоевъ корень высасывать питательныя вещества не можетъ. Но въ томъ то и дѣло, что корень постоянно мѣняетъ свое мѣстоположеніе въ почвѣ. Молодая часть корня все время растетъ дальше, проникаетъ въ новые слои почвы, приходитъ въ соприкосновеніе съ новыми частицами почвы, и изъ его эпидермиса вырастаютъ все новые и новые корневые волоски. А въ тѣхъ частяхъ почвы, гдѣ корневые волоски уже высасывали нѣкоторое время питательные растворы, они отмираютъ и засыхаютъ. На этомъ истощенномъ участочкѣ почвы корень облекается пробковой тканью и перестаетъ высасывать почвенную влагу, передвинувшись поглащающей своей поверхностью въ новые свѣжіе слои почвы, болѣе богатые питательными растворами. Передвиженіе зоны корневыхъ волосковъ внутрь почвы происходитъ довольно быстро, сопровождается передвиженіемъ муфты частицъ почвы, срастающихся съ корнемъ, какъ видно на рис. 313, *C*, и приводитъ корень въ соприкосновеніе все съ новыми и болѣе свѣжими слоями почвы и почвенной влаги. Корневая система какого нибудь некрупнаго растенія на видъ занимаетъ въ почвѣ небольшое пространство; но, въ сущности, пространство, пробѣгаемое корнемъ даже небольшого растенія, благодаря развѣтвленію и образованію корневыхъ волосковъ, представляетъ весьма почтенную величину. Такъ, вычислено, напримѣръ, что корень пшеницы, помѣщающійся въ небольшомъ цвѣточномъ горшкѣ, пробѣгаетъ однако въ этомъ горшкѣ, благодаря многочисленнымъ своимъ развѣтвленіямъ, пространство, равное полверстѣ длины; если же вычислить длину всѣхъ одѣвающихъ этотъ корень корневыхъ волосковъ и сложить длину эту, то окажется, что всасывающая поверхность корня пшеницы (одного растеньица) занимаетъ длину въ 20 верстъ. Всего на корнѣ пшеницы можно насчитать никакъ не менѣе 10.000.000 корневыхъ волосковъ. Такъ велика всасывающая поверхность даже такого небольшого растенія и такой небольшой корневой системы, какъ корень пшеницы! Вы можете себѣ представить, слѣдовательно, сколько десятковъ и сотенъ верстъ пробѣгаютъ по всѣмъ направленіямъ въ почвѣ

корни какихъ-нибудь крупныхъ деревьевъ. Каждый корневой волосокъ всасываетъ изъ почвы микроскопическими долями воду съ очень слабыми питательными растворами. Но эти минимальныя доли воды и питательныхъ веществъ, суммируясь на огромной всасывающей поверхности корня, вычисляемой десятками и сотнями верстъ, даютъ ежечасно растенію такую массу воды и питательныхъ веществъ, что кажущаяся, на первый взглядъ, парадоксальной возможность питанія растеній растворами столь слабой концентраціи, какъ 1 на 1000, дѣлается вполнѣ понятной и не столь уже удивительной.

Но, кромѣ слабыхъ почвенныхъ растворовъ, корни растеній поглощаютъ изъ земли, повидимому, и твердыя составныя части почвы. Корни, какъ всякіе живые органы растеній, дышатъ, поглощая кислородъ, всегда встрѣчающійся въ хорошо провѣтриваемой рыхлой почвѣ, и выдѣляя углекислоту. Углекислота эта растворяется въ почвенной влагѣ и вмѣстѣ съ тѣмъ способствуетъ переходу въ растворъ такихъ соединеній, которыя въ простой водѣ не растворимы. А подумайте только, сколько ежечасно выдыхаетъ развѣтвленная корневая система углекислоты въ почвенный растворъ. Поистинѣ можно было бы сказать, что въ почвѣ, благодаря присутствію въ огромномъ количествѣ постоянно дышащихъ молодыхъ корешковъ, находится не простой растворъ солей, а газированный растворъ, насыщенный углекислотой, въ родѣ зельтерской воды или шампанскаго. И въ такой газированной водѣ легко растворяются такія твердыя почвенныя частицы, которыя въ обыкновенной водѣ не растворимы. Слѣдовательно, корни воспринимаютъ въ себя не только слабые почвенные растворы, но и твердыя частицы почвы, растворяющіяся въ водѣ, насыщенной углекислотой. Впрочемъ, поглощеніе пищи корнями изъ почвы идетъ еще дальше. Доказано, что корни, кромѣ углекислоты, выдѣляютъ изъ себя и различныя кислоты, и этими кислотами корни выѣдаютъ почву, вытачиваютъ ее. Не даромъ корневые волоски плотно срастаются съ твердыми частицами почвы (см. рис. 314). Этимъ срастаніемъ достигается не одна только бо̀льшая прочность прикрѣпленія корня къ землѣ, не одна механическая задача корня — укрѣпленіе растенія въ почвѣ. Корневые волоски, плотно срастаясь съ твердыми частицами почвы, какъ бы гложутъ и сосутъ ихъ, точно собака, гложущая голую кость. Что корни выдѣляютъ при этомъ сами кислоту, растворяющую твердыя частицы почвы, можно доказать слѣдующими опытами. Если молодые корешки заставить расти, положивъ ихъ на синюю лакмусовую бумажку, то на бумажкѣ этой получаются красные узоры и полосы какъ разъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ съ бумажкой приходилъ въ соприкосновеніе кончикъ растущаго корня. Значитъ, въ этихъ мѣстахъ выдѣлялась кислота, обусловившая покраснѣніе синей лакмусовой бумажки. Саксъ поставилъ другой остроумный опытъ. На дно горшка онъ клалъ гладко отшлифованную мраморную пластинку, и въ горшокъ этотъ сажалъ какое-либо растеніе. Когда корни доростали до мраморной пластинки, они продолжали расти по ея гладкой поверхности, и на пластинкѣ появлялись фигуры выѣданія, вытравливанія мрамора, совершенно точно соотвѣтствующія тѣмъ мѣстамъ, гдѣ пробѣгалъ корень съ его развѣтвленіями, какъ видно на приложенномъ рисункѣ (см. рис. 315). Это выѣданіе мрамора могло совершаться лишь при помощи кислотъ, выдѣляемыхъ кончиками корней.

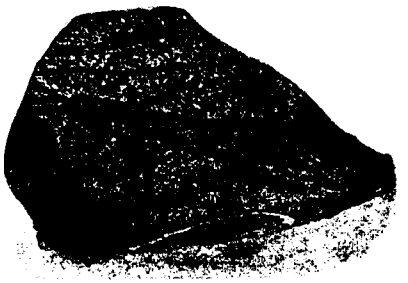


Рис. 315. Кусокъ мрамора, на которомъ отпечатались слѣды растительныхъ корней.

Мы видѣли, что главными всасывающими органами корня являются корневые волоски его. Есть однако растенія, корни которыхъ лишены корневыхъ волосковъ. Напримѣръ, нѣтъ корневыхъ волосковъ на корняхъ водныхъ растеній (см. рис. 293), никогда не ощущающихъ недостатка въ водѣ. У растеній, мало расходующихъ воды черезъ испареніе, тоже не бываетъ корневыхъ волосковъ, и вода поглощается просто соотвѣтствующими клѣтками эпидермиса, напримѣръ, у нашихъ хвойныхъ. Есть растенія, корни которыхъ, развивающіеся въ водѣ, лишены волосковъ, а развивающіеся въ землѣ, покрываются ими. Въ сухой почвѣ корневыхъ волосковъ образуется больше, чѣмъ въ почвѣ сильно влажной, что вполнѣ понятно изъ всего вышесказаннаго о функціи корневыхъ волосковъ: чѣмъ труднѣе растенію добывать воду и питательные растворы, тѣмъ сильнѣе увеличи-

ваетъ оно свою поглотительную поверхность, производя бо̀льшее количество корневыхъ волосковъ. Не только развитіе волосковъ, но и развитіе и вѣтвленіе самихъ корней измѣняется, смотря по особенностямъ почвы и условіямъ воспріятія пищи изъ почвы. Корни стараются пробраться въ мѣста, болѣе богатыя пищей, и тамъ только обильно вѣтвятся. Такъ, если мы положимъ слоями песокъ и плодородную перегнойную почву, то корни главнымъ образомъ разовьются въ слояхъ перегнойной почвы и слабо будутъ вѣтвиться въ слояхъ песка. Если мы будемъ выращивать какое-либо растеніе въ тощей землѣ, расположивъ питательную почву лишь тонкимъ слоемъ на днѣ сосуда, то увидимъ, что корни густымъ войлокомъ разовьются на днѣ горшка. Наоборотъ, насыпавъ небольшимъ слоемъ питательную почву лишь сверху, мы можемъ вызвать усиленное развѣтвленіе корневой системы на верху горшка, а въ нижней его части, гдѣ находится безплодная почва, корневая система разовьется очень слабо.

У многихъ растеній, какъ древесныхъ, такъ и травянистыхъ, молодые кончики корней бываютъ снабжены особымъ чехломъ, состоящимъ изъ густо сплетенныхъ грибныхъ нитей или гифъ. Этотъ чехолъ растетъ все далѣе вмѣстѣ съ корнемъ, облекая конусъ его нарастанія со всѣхъ сторонъ. Такія образованія называются **микорицами** (см. рис. 316, *A*, *B*), и они представляютъ сожительство грибовъ съ кончиками корней различныхъ растеній; сожительство это или **симбіозъ** одинаково полезно обоимъ растеніямъ. Грибъ получаетъ изъ живыхъ клѣтокъ корня готовыя питательныя вещества для своего дальнѣйшаго развитія, самъ же замѣняетъ корню корневые волоски и корневой чехликъ. Грибной мицелій защищаетъ точку роста корня отъ тренія и механическихъ поврежденій при внѣдреніи его между твердыми частицами почвы и, повидимому, своими грибными нитями замѣняетъ ему корневые волоски, высасывая изъ почвы питательные растворы. Корни, снабженные микорицами, всегда лишены настоящихъ корневыхъ волосковъ и корневого чехлика, и ткани такихъ корней нѣсколько гипертрофированы. Кончики такихъ корней толстые, коротк̀іе и сильно развѣтвлены, наподобіе коралловъ (см. рис. 316, *C*). **Микорицы** бываютъ **внѣшнія (эктотрофныя)** и **внутреннія (эндотрофныя).** Въ первомъ случаѣ ткань гриба лишь окутываетъ кожицу корня снаружи, но не проникаетъ

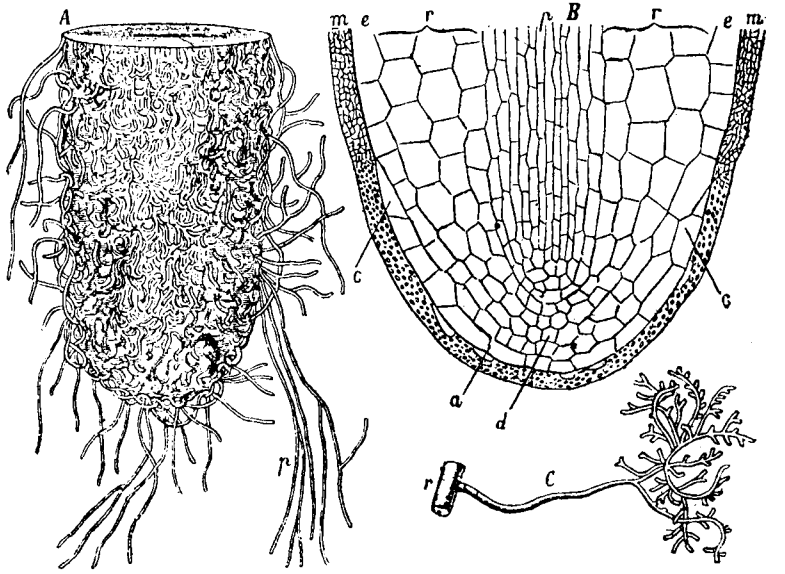


Рис. 316. Эктотрофная микорица: *A* — кончикъ корня бука, окруженный футляромъ изъ грибныхъ нитей, *p* — свободныя грибныя нити; *B* — кончикъ корня граба въ продольномъ разрѣзѣ, *m*, *m* — чехолъ изъ грибной ткани; *C* — гипертрофированный образованіемъ микорицы молодой корешокъ граба.

во внутреннія полости клѣтокъ кожицы (см. рис. 316, *B*); во второмъ же случаѣ нити гриба гнѣздятся внутри самихъ клѣтокъ кожицы корня (см. рис. 317) или даже еще глубже, въ клѣткахъ коры. Интересно, что микорицы развиваются лишь на корняхъ растеній, живущихъ въ богатой перегноемъ почвѣ. Повидимому, грибъ помогаетъ питанію корней, давая имъ возможность пользоваться органическими веществами перегноя, хотя окончательно это еще не установлено. Микорицы найдены, напримѣръ, на корняхъ бука, дуба, березы, ивы, вереска и многихъ травянистыхъ растеній, но только въ почвахъ, очень богатыхъ перегноемъ. Тѣ же растенія, растущія на бѣдной перегноемъ почвѣ, микорицъ не

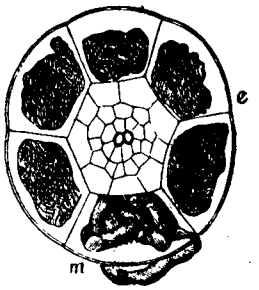


Рис. 317. Эндотрофная микорица *Andromeda polifolia*.

образуютъ, и тогда корни ихъ удлиняются и вѣтвятся нормально, образуютъ корневые чехлики и б. и. м. обильно корневые волоски. Если сѣмена такихъ растеній выращивать въ водномъ растворѣ, въ искусственной почвѣ, состоящей изъ промытаго песка или толченой пемзы, даже въ перегнойной почвѣ, но предварительно сильно нагрѣтой, т. е. стерилизованной, то микорицы на корняхъ такихъ растеній не образуются. Но если выращенныя безъ микорицы въ предварительно стерилизованной перегнойной почвѣ растенія начать поливать настоемъ изъ нестерилизованной перегнойной почвы, или прибавить къ культурамъ нашимъ немного обыкновенной перегнойной земли, то вскорѣ на корняхъ начинаютъ развиваться микорицы. Ясно, что мы заразили почву спорами грибовъ, образующихъ микорицы, и грибы эти поселились на кончикахъ корней такихъ стерильныхъ растеній. Хотя всѣ эти растенія, у которыхъ обычно находятъ на корняхъ микорицы, и могутъ жить безъ гриба, образуя нормальные корни, но, повидимому, въ этомъ случаѣ растутъ они нѣсколько хуже, хотя бы почва была вполнѣ питательная и сильно перегнойная. По крайней мѣрѣ опыты съ букомъ показываютъ, что безъ микорицы онъ развивается хуже, чѣмъ съ таковой. Что это за грибы, которые образуютъ на корняхъ многихъ деревьевъ и травъ микорицы, до сихъ поръ еще не выяснено. Уже давно замѣчено, что многіе грибы растутъ въ лѣсахъ или по опушкамъ лѣса близъ опредѣленныхъ деревьевъ. Такъ, подосиновики растутъ близъ осиновыхъ деревьевъ, березовики въ березовыхъ рощахъ, боровики въ сосновыхъ лѣсахъ и т. д. Очень возможно, что именно эти шляпные грибы, какъ базидіальные, такъ и сумчатые, живутъ на корняхъ соотвѣтствующихъ деревьевъ или травъ, образуя микорицы. Но съ увѣренностью сказать этого нельзя, такъ какъ до сихъ поръ не удались еще чистыя культуры грибовъ, образующихъ микорицы, доведенныя до стадіи плодоношенія, по которой можно было бы точно опредѣлить, съ какими именно грибами имѣемъ мы дѣло. Грибы, вызывающіе микорицы, извѣстны намъ до сихъ поръ лишь въ безплодномъ, вегетативномъ состояніи, въ видѣ мицелія, безъ какихъ-либо намековъ на плодоношеніе и спорообразованіе.

Лекція двадцать девятая.

Водная культура.

Мы знаемъ, что проростки сѣмянъ нѣкоторое время можно культивировать въ дистиллированной водѣ или въ начисто промытомъ пескѣ, толченой пемзѣ, толченомъ стеклѣ и въ тому подобныхъ безплодныхъ почвахъ, поливая ихъ лишь дистиллированной водой. Но въ такихъ же безплодныхъ почвахъ можно выращивать и далѣе растенія, когда періодъ прорастанія кончается, и запасныя питательныя вещества сѣмени будутъ нацѣло поглощены проросткомъ. Тогда можно продолжать выращивать растенія въ безплодной почвѣ, но только, вмѣсто дистиллированной воды, надо поливать растенія весьма слабымъ растворомъ нѣкоторыхъ минеральныхъ солей и выставить растенія на свѣтъ. Каждому извѣстно, что въ плодородной почвѣ, богатой перегноемъ и органическими соединеніями, растенія растутъ гораздо лучше и роскошнѣе развиваются, чѣмъ въ почвѣ безплодной или бѣдной органическими соединеніями. Поэтому сначала полагали, что взрослому растенію нужны тѣ же готовыя органическія соединенія для его питанія, какъ и проросткамъ. Только проростки добываютъ органическія соединенія, необходимыя для ихъ питанія и развитія, въ видѣ растворовъ изъ сѣмядолей или эндосперма сѣмени, а взрослыя растенія добываютъ органическія соединенія въ видѣ растворовъ корнями изъ почвы. Однако, весьма тщательные и точные опыты показали, что взрослое растеніе въ готовыхъ органическихъ соединеніяхъ совсѣмъ не нуждается, и что его можно вырастить изъ растворовъ однѣхъ минеральныхъ солей, лишь бы въ соляхъ этихъ были всѣ тѣ химическіе

элементы, изъ которыхъ построено тѣло растенія, кромѣ углерода, и лишь бы растворъ этотъ былъ очень слабой концентраціи. На этомъ основано такъ называемое **минеральное удобреніе** почвы при помощи различныхъ фосфорныхъ и азотистыхъ солей, при помощи фосфоритовъ, костной муки и т. д., съ успѣхомъ замѣняющихъ нынѣ первобытное, но исконное удобреніе полей и огородовъ навозомъ и другими гніющими органическими соединеніями; надо только, чтобы искусственное минеральное удобреніе доставлялось въ почву въ очень слабыхъ растворахъ, ибо при поливаніи крѣпкими растворами минеральныхъ удобреній растенія страдаютъ и гибнутъ.

Первые опыты съ выращиваніемъ растеній въ искусственныхъ почвахъ, лишенныхъ органическихъ соединеній, относятся еще къ запрошлому столѣтію. Французскій ученый Дюгамель былъ первый, который поставилъ такіе опыты и опубликовалъ ихъ въ 1758 году. Опыты свои онъ ставилъ слѣдующимъ образомъ. Сначала проращивались сѣмена различныхъ растеній въ губкѣ, смоченной обыкновенной водой, а затѣмъ полученные проростки выращивались, при чемъ погружались корнями тоже въ обыкновенную воду. Дюгамелю удалось, напримѣръ, получить изъ сѣмени боба взрослое растеніе, со стеблемъ въ три фута высоты, съ нормальными листьями и цвѣтами; нѣкоторые цвѣты принесли даже маленькіе плоды. Дикіе каштаны въ опытахъ Дюгамеля тоже хорошо росли въ водѣ и въ первые три года не отставали въ ростѣ своемъ отъ каштановъ, посаженныхъ въ обыкновенную почву. Миндальное дерево росло у него въ водѣ четыре года, дубъ — восемь лѣтъ, и, по увѣренію автора, оба деревца погибли лишь случайно. Изъ этихъ опытовъ Дюгамель сдѣлалъ выводъ, что растенія могутъ питаться одной лишь водою и изъ воды строить твердыя вещества, между прочимъ и минеральныя соединенія. Опыты Дюгамеля велись примитивнымъ образомъ, не сопровождались точными химическими анализами, и для выращиванія растеній имъ бралась обыкновенная рѣчная или ключевая вода, а не дистиллированная. Дюгамель совершенно упустилъ изъ виду, что въ обычной водѣ всегда имѣются въ растворѣ, хотя бы и слабомъ, разныя минеральныя соли, а потому выводъ его, что растеніе можно вырастить изъ одной

лишь воды, и что свои минеральныя соединенія и твердыя части растеніе строитъ лишь изъ воды, конечно, не вѣренъ. Но тѣмъ не менѣе опыты Дюгамеля, несмотря на ихъ примитивность и на неправильный выводъ, изъ нихъ полученный, весьма интересны. Это были первыя попытки такъ называемыхъ **водныхъ культуръ**, при помощи которыхъ впослѣдствіи удалось вполнѣ точно доказать, что растенія для своего роста и развитія не нуждаются въ органической пищи извнѣ, и что они могутъ быть выращиваемы лишь на счетъ минеральныхъ солей, растворенныхъ въ дистиллированной водѣ.

Опыты съ водной культурой ставятся слѣдующимъ образомъ. Сначала проращиваютъ сѣмена въ опилкахъ или на марли, поливая ихъ дистиллированной водой. Послѣ того, какъ проростокъ пріобрѣлъ нѣкоторую величину, его переносятъ въ широкогорлую банку съ соотвѣтствующими растворами минеральныхъ солей, ущемляя стебелекъ проростка среди разрѣзанной пополамъ пробки, которою закупоривается широкогорлая банка, и погружая корешкомъ въ растворъ (см. рис. 318). Въ такомъ видѣ удавалось выращивать вполнѣ нормально многія растенія и доводить ихъ до цвѣтенія и плодоношенія, если въ растворѣ даны были всѣ нужные для развитія растенія химическіе элементы, въ видѣ минеральныхъ солей, **кромѣ углерода**, и если были примѣнены нѣкоторыя добавочныя предосторожности. Чтобы опредѣлить, какія именно соли надо растворить въ водѣ для нормальнаго питанія того или иного растенія, самое лучшее произвести предварительно химическій анализъ этого растенія. Мы уже знаемъ, что всѣ растенія состоятъ главнымъ образомъ изъ углерода, водорода, кислорода и азота. Въ растворахъ, примѣняемыхъ для выращиванія нормальныхъ растеній путемъ водной культуры, необходимо, слѣдовательно, дать такія минеральныя соединенія, которыя содержали бы

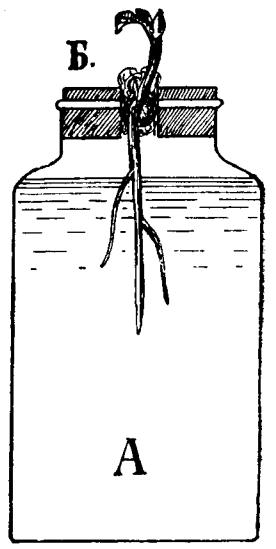


Рис. 318. Водная культура, только что установленная.

азотъ, кислородъ и водородъ. Углеродистыя соединенія, какъ сказано уже, можно совсѣмъ не давать. Но, кромѣ указанныхъ четырехъ органогенныхъ элементовъ, въ составъ тѣла каждаго растенія входятъ и другіе элементы, металлы и металлоиды, хотя бы и въ незначительномъ количествѣ. Сжигая растенія, мы получаемъ золу, и эта зола сама по себѣ можетъ служить хорошей примѣсью къ водному раствору, приготовляемому нами для искусственныхъ культуръ растеній. Или можно сдѣлать точный химическій анализъ золы растенія и затѣмъ составить искусственно такую смѣсь растворенныхъ въ водѣ минеральныхъ солей, которая заключала бы въ себѣ всѣ элементы, входящіе въ составъ золы даннаго растенія, и прибавить эту смѣсь къ нашему раствору. Цѣлымъ рядомъ опытовъ установлены были нормальныя смѣси минеральныхъ солей, пригодныя для водной культуры высшихъ растеній. Наиболѣе хорошій растворъ для этой цѣли носитъ названіе **кноповскаго раствора** и состоитъ изъ слѣдующихъ солей:

На литръ дистиллированной воды берутъ

1 часть KNO_3
1 „ K_2HPhO_4
1 „ $MgSO_4$ и
4 „ $Ca(NO_3)_2$.

Кромѣ того къ раствору прибавляютъ ничтожное количество фосфорнокислаго желѣза. Концентрація раствора для успѣха опыта должна быть очень слабой — $^1/_{1000}$, самое большее $^{2-3}/_{1000}$. Растворъ наливаютъ въ широкогорлую банку и плотно закупориваютъ банку эту широкой пробкой, дабы вода не испарялась помимо растенія, и такимъ образомъ не повышалась бы концентрація раствора. Если мы вникнемъ въ составъ кноповской смѣси, то увидимъ, что въ этой смѣси минеральныхъ солей даются всѣ нужные растенію химическіе элементы, кромѣ C, и даются въ совершенно достаточныхъ для правильнаго развитія растенія пропорціяхъ. Изъ органогенныхъ элементовъ въ смѣси этой есть въ большомъ количествѣ азотъ, есть и кислородъ и водородъ, какъ въ самой дистиллированной водѣ, такъ и въ минеральныхъ соединеніяхъ. Изъ элементовъ неорганогенныхъ мы видимъ здѣсь S, Ph, K, Mg, Ca и въ очень ничтожномъ количествѣ желѣзо. Такимъ образомъ растеніе, культивируемое въ водномъ растворѣ, получаетъ въ пищу 9 химическихъ элементовъ, 3 органогенныхъ элемента и 6 неорганогенныхъ, и, питаясь минеральными соединеніями только изъ упомянутыхъ 9 элементовъ, оно отлично вырастаетъ въ водныхъ культурахъ, цвѣтетъ и приноситъ зрѣлыя сѣмена.

Для успѣшности водной культуры полезно примѣнить нѣкоторыя добавочныя предосторожности. Во-первыхъ, черезъ пробку вставляютъ стеклянную воронку, чтобы время отъ времени подливать свѣжій растворъ, на мѣсто поглощеннаго растеніемъ. Кромѣ того, вставляютъ черезъ пробку длинную стеклянную трубку, черезъ которую можно провѣтривать растворъ, такъ какъ корни, развивающіеся въ растворѣ, нуждаются въ притокѣ кислорода воздуха для своего дыханія. Банки съ водными культурами выставляютъ, конечно, на свѣтъ, но самую банку полезно оклеить со всѣхъ сторонъ черной бумагой или, еще лучше, поставить въ черный картонный футляръ. Корни растенія находятся тогда въ болѣе нормальныхъ условіяхъ, въ темнотѣ, а кромѣ того затѣненіе раствора предохраняетъ его отъ развитія въ немъ водорослей и плѣсеней, которыя безъ этой предосторожности легко развиваются въ растворѣ и нападаютъ на корни культивируемаго растенія, мѣшая правильному ихъ развитію.

При помощи водныхъ культуръ съ очевидностью доказано было, что взрослое растеніе можетъ совершенно обходиться безъ органическихъ соединеній и строить свое тѣло изъ воды и растворенныхъ въ ней немногихъ минеральныхъ солей. Но методъ водныхъ культуръ имѣетъ и другое важное значеніе при выясненіи подробностей питанія растенія корнями. При помощи этого метода мы можемъ съ бо̀льшей или мѐньшей точностью выяснить значеніе каждаго химическаго элемента въ дѣлѣ построенія растительнаго тѣла. Для этого производятъ параллельные опыты съ выращиваніемъ растеній въ водной культурѣ. По возможности одинаковые на видъ и по вѣсу проростки сажаютъ такъ: одни — въ нормальный питательный растворъ, напримѣръ, въ кноповскій, а другіе — въ тотъ же растворъ, но лишенный того химическаго элемента, значеніе котораго для питанія растенія мы хотимъ изучить. Такъ, напримѣръ, одинъ изъ важнѣй-

шихъ элементовъ, изъ которыхъ строится тѣло растенія, есть азотъ (N). Чтобы выяснить, насколько нуженъ азотъ растенію въ видѣ минеральныхъ растворимыхъ въ водѣ соединеній, и въ какихъ именно соединеніяхъ лучше воспринимаетъ въ себя растеніе азотъ, поступаютъ такимъ образомъ. Въ одной банкѣ (см. рис. 319, *A*) выращиваютъ какое-ни-



Рис. 319. Водная культура. Фасоль, выращенная въ растворѣ всѣхъ необходимыхъ для питанія минеральныхъ солей, но въ *A* — безъ азота, въ *B* — съ азотнокислою и въ *C* — съ амміачною солью.

будь растеніе, напримѣръ, фасоль, давая ему въ водной культурѣ всѣ необходимыя минеральныя вещества, кромѣ азота. Въ другой банкѣ (*B*) даются тоже всѣ необходимыя минеральныя вещества и азотъ въ видѣ азотнокислой соли, и въ третьей банкѣ — тоже всѣ необходимыя минеральныя вещества и азотъ въ видѣ амміачной соли. Всѣ три культуры ставятъ совершенно въ одинако-

выя условія. По прошествіи извѣстнаго времени ясно сказывается результатъ опыта. Фасоль, выращенная въ растворѣ, въ которомъ азотъ былъ въ видѣ азотнокислой соли (напримѣръ, селитры), выросла отлично, цвѣла и дала зрѣлые плоды и сѣмена (*B*). Фасоль, выращенная въ растворѣ съ амміачной солью (*C*), тоже выросла нормально, но нѣсколько слабѣе первой и меньше дала плодовъ. А фасоль, выращенная въ водной культурѣ безъ азота, за это время почти совсѣмъ не выросла (*A*). Она дала два-три первыхъ листочка и затѣмъ, не погибая, не росла, однако, дальше и тѣмъ паче не цвѣла и не дала сѣмянъ. Ясно, что азотъ необходимъ растеніямъ въ видѣ минеральныхъ соединеній въ растворахъ, поглощаемыхъ корнями, и при томъ лучше всего усваивается азотъ изъ азотнокислыхъ соединеній; изъ амміачныхъ соединеній азотъ также усваивается, но слабѣе.

При помощи такихъ сравнительныхъ водныхъ культуръ удалось доказать, что не всѣ вещества, встрѣчаемыя въ растеніи, безусловно необходимы для жизни растенія и для правильнаго его развитія. Такъ, весьма нерѣдко въ золѣ многихъ растеній находятся натрій и кремній. Однако, параллельные опыты съ водными культурами показали, что растеніе можетъ легко обходиться безъ этихъ химическихъ элементовъ и одинаково успѣшно растетъ, имѣются ли они въ растворѣ или нѣтъ. Нѣкоторыя растенія содержатъ иногда совершенно случайныя примѣси, абсолютно ненужныя имъ для нормальнаго роста и развитія. Но другія растенія безусловно нуждаются въ присутствіи нѣкоторыхъ элементовъ, безъ которыхъ большинство растеній обходится вполнѣ легко. Такъ, напримѣръ, въ золѣ морскихъ водорослей имѣется много іода, отсутствующаго обыкновенно у большинства растеній. Зола плауновъ богата глиноземомъ, а плѣсень *Aspergillus* развивается только тогда нормально, когда въ растворахъ, ею поглощаемыхъ, имѣется хотя бы ничтожное количество цинка. Безъ цинка нормальное развитіе *Aspergillus*'а однако не идетъ.

Для чего именно нуженъ растенію тотъ или иной химическій элементъ, въ какихъ процессахъ принимаетъ онъ участіе и въ какихъ соединеніяхъ встрѣчается въ тѣлѣ растенія, всѣ эти вопросы, хотя далеко еще окончательно не

выяснены, но могутъ быть рѣшаемы, съ одной стороны, методомъ водныхъ культуръ, съ другой же стороны, химическими анализами разныхъ частей растенія. Мы уже видѣли только что, что азотъ растенію безусловно нуженъ, и что наиболѣе усвояемая форма азота для растеній — это азотнокислыя соли, напримѣръ, селитра. Изъ **азота** строятся всѣ самыя сложныя азотистыя органическія соединенія, встрѣчающіяся въ тѣлѣ живого растенія, и, главнымъ образомъ, конечно, плазма. **Сѣра** также нужна растенію для построенія цитоплазмы, а **фосфоръ** для синтеза нуклеиновъ, входящихъ въ составъ клѣточнаго ядра. Наиболѣе усвояемая форма, въ которой воспринимаются растеніемъ эти два элемента — это сѣрнокислыя и фосфорнокислыя соли. Сѣрная кислота при синтезѣ бѣлковъ разлагается, и сѣра входитъ въ составъ сложной бѣлковой частицы. Но при распаденіи бѣлковъ, сѣра снова выдѣляется въ формѣ связанной сѣрной кислоты. При голоданіи растеній, когда они мало почему-либо получаютъ углеводовъ, бѣлки распадаются съ образованіемъ амидосоединеній — аспарагина, лейцина и т. д. При этомъ въ тканяхъ растеній накапливаются сѣрнокислыя соли.

Фосфоръ въ растеніи играетъ почти ту же роль, что и сѣра. Фосфорнокислыя соли накапливаются въ тѣхъ частяхъ растеній, гдѣ происходитъ синтезъ или скопленіе бѣлковъ, въ особенности, нуклеиновъ. Особенно необходимы фосфорнокислыя соединенія растенію во время плодоношенія. Такъ, напримѣръ, по мѣрѣ развитія колосьевъ нашихъ хлѣбныхъ злаковъ, въ нихъ увеличивается количество фосфорнокислыхъ солей. Осенью, когда листья отмираютъ и опадаютъ, клѣтки ихъ опоражниваются отъ бѣлковыхъ соединеній и фосфорнокислыхъ солей. Тѣ и другія направляются передъ листопадомъ изъ листьевъ въ стебель.

Особенно много въ золѣ растеній калія. Опыты показали, что **калій** принимаетъ косвенное участіе при синтезѣ углеводовъ и при передвиженіи ихъ по растенію. Распредѣленъ калій въ тѣлѣ растенія весьма неравномѣрно. Его особенно много въ такихъ частяхъ растеній, гдѣ скопляется запасной крахмалъ или другой какой-либо углеводъ, напримѣръ, въ клубняхъ картофеля, въ мучнистыхъ сѣменахъ, въ корняхъ свекловицы. Если

выращивать растенія безъ калія, то ростъ его скоро прекращается (см. рис. 320), а въ листьяхъ не образуется крахмала, несмотря на то, что всѣ остальныя условія для его образованія, свѣтъ и углекислота воздуха, даны. Но даже растенія, никогда не образующія въ тканяхъ своихъ крахмала, напримѣръ, грибы, и тѣ не могутъ развиваться нормально безъ калія.

Въ химическомъ отношеніи къ калію ближе всего стоитъ **натрій.** Опыты съ параллельными водными культурами показали однако, что несмотря на значительную близость этихъ двухъ элементовъ, на ихъ химическую эквивалентность, нельзя одинъ элементъ замѣнить другимъ. Если вмѣсто солей калія давать растенію въ растворѣ совершенно эквивалентныя соединенія натрія, то растеніе всетаки нормально развиваться не будетъ. То же самое касается и другихъ близкихъ элементовъ. Нельзя, напримѣръ, для правильнаго питанія растенія замѣнить хлоръ бромомъ или кальцій баріемъ, несмотря на химическую близость и даже эквивалентность этихъ элементовъ. Натрій тоже встрѣчается нерѣдко въ золѣ растеній, но, во-первыхъ, его гораздо меньше въ растеніи, чѣмъ калія, и, во-вторыхъ, распредѣляется онъ въ тѣлѣ растенія совершенно равномѣрно, не скопляясь въ опредѣленныхъ органахъ, какъ калій. Опыты же съ водными культурами показываютъ, что можно вырастить



Рис. 320. Водная культура гречихи: *I* — въ лѣвомъ сосудѣ, содержащемъ растворъ всѣхъ необходимыхъ солей для питанія растенія, гречиха выросла вполнѣ нормально; *II* — въ правомъ же сосудѣ выращена гречиха въ водномъ растворѣ, не содержащемъ лишь солей калія, и она еле-еле развивается.

нормальное растеніе совершенно безъ натрія. По берегамъ морей, на солончакахъ растутъ особыя такъ называемыя **солончаковыя** или **галлофитныя растенія** (см. рис. 321, 322).

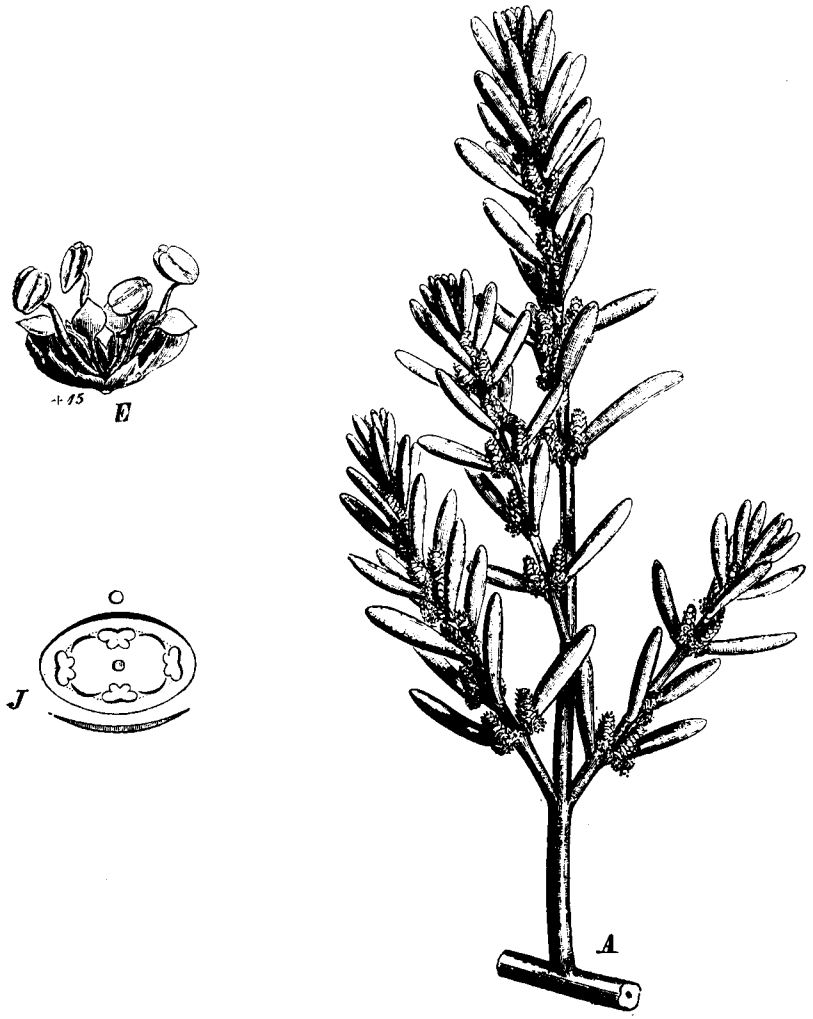


Рис. 321. *Batis maritima* — характерное галлофитное растеніе, живущее по берегамъ тропическихъ морей: *A* — вѣтвь съ мужскими цвѣтами; *E* — мужской цвѣтокъ; *J* — діаграмма мужского цвѣтка.

Всѣмъ анатомическимъ строеніемъ своимъ и внѣшнимъ габитусомъ солончаковыя растенія сильно отличаются отъ растеній, растущихъ на обыкновенной почвѣ, а химическій анализъ показываетъ, что ткани галлофитовъ особенно богаты натріемъ. И тѣмъ не менѣе даже ихъ можно вырастить въ водныхъ культурахъ безъ хлористаго натрія.

Большинство растеній не выдерживаетъ примѣси въ почвѣ большого количества хлористаго натрія; для нихъ это ядъ. Солончаковыя растенія отличаются отъ обычныхъ растеній лишь тѣмъ, что они легко переносятъ большія примѣси въ почвѣ хлористаго натрія, но въ немъ самомъ они, однако, совершенно не нуждаются и могутъ отлично жить и безъ него. Съ другой стороны, **кальцій**, подобно калію, безусловно нуженъ растеніямъ, и распредѣленъ онъ такъ же неравномѣрно въ тѣлѣ растенія, какъ и калій. Но, въ противоположность послѣднему, его особенно много въ золѣ стеблей и листьевъ и, напротивъ, сравнительно мало въ корняхъ, клубняхъ и сѣменахъ. Для чего нуженъ кальцій растенію, въ точности, однако, не извѣстно. Повидимому, онъ тоже играетъ какую-то косвенную роль при передвиженіи ассимилятовъ. Кромѣ того кальцій связываетъ въ растеніи вредные продукты обмѣна веществъ и выдѣляетъ ихъ изъ раствора клѣточнаго сока въ твердомъ видѣ, въ видѣ продуктовъ отброса, напримѣръ, въ видѣ кристалловъ щавелевой кислоты. Незеленыя растенія, напримѣръ, грибы, могутъ, однако, обходиться безъ кальція.

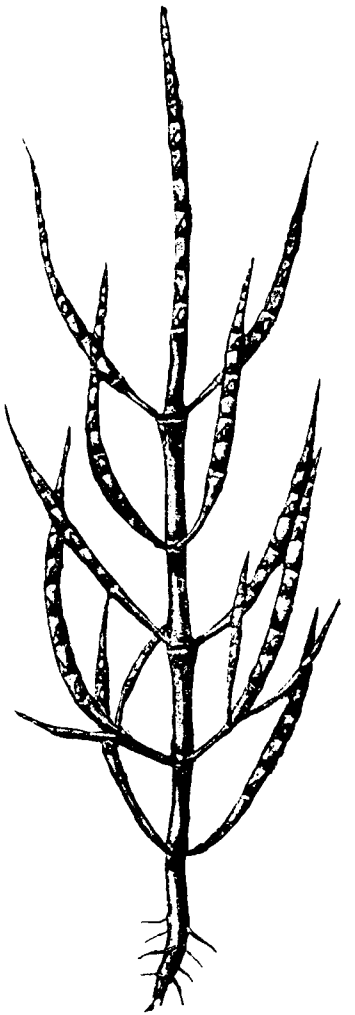


Рис. 322. Солянка — *Salicornia herbacea*, характерное галлофитное растеніе, растущее по берегамъ морей и на материковыхъ солонцахъ.

Магнія въ золѣ растеній меньше, тѣмъ калія и кальція, и онъ входитъ въ составъ хлорофилла. Но значе-

ніе его не ясно. Несомнѣнно одно, что безъ магнія растеніе расти не можетъ, и не только зеленое растеніе, но и безхлорофильные грибы.

Желѣзо необходимо растенію при образованіи хлорофилла, хотя въ составъ послѣдняго оно не входитъ. Если въ почвѣ очень мало желѣза, то вырастаютъ растенія блѣдныя, хлоротическія. Такое состояніе растенія называется блѣдной немочью, и помочь этой болѣзни легко, прибавляя къ почвѣ немного желѣза. Однако желѣзо необходимо для успѣшнаго роста не только зеленыхъ растеній, но и плѣсеней.

Въ золѣ растеній очень мало **хлора**, а опыты съ водными культурами показываютъ, что можно вырастить растеніе нормально безъ хлористыхъ соединеній. Однако все же хлоръ играетъ въ растеніи ту же роль, что калій и кальцій, помогая передвиженію ассимилятовъ, въ частности крахмала. Такъ, напримѣръ, гречиха въ водныхъ культурахъ безъ хлора хотя и растетъ, но плохо. Въ листьяхъ такой гречихи на свѣтѣ образуется крахмалъ, но онъ здѣсь накапливается и съ трудомъ изъ нихъ удаляется. Поэтому гречиха, выращенная въ водной культурѣ безъ хлора, не приноситъ зрѣлыхъ сѣмянъ: крахмалъ изъ листьевъ не можетъ тронуться и накопиться въ залагающихся сѣменахъ.

Кремній растенію не нуженъ. Въ водныхъ культурахъ можно хорошо выращивать растенія безъ кремнія. Однако кремній находится въ видѣ кремнезема въ золѣ каждаго растенія, а у злаковъ и хвощей его такъ много, что онъ образуетъ болѣе 50% всей золы этихъ растеній. Кремнеземъ пропитываетъ главнымъ образомъ оболочки клѣтокъ кожицы, придавая прочность растенію и, повидимому, защищая растенія отъ нападенія паразитныхъ грибовъ. По крайней мѣрѣ, злаки, выращенные въ водныхъ культурахъ безъ кремнія, хотя и развиваются нормально, но имѣютъ болѣе мягкую соломину и легче подвергаются зараженію грибными болѣзнями.

Опыты съ водными культурами не только показываютъ намъ, что растеніе можно вырастить въ слабыхъ растворахъ немногихъ неорганическихъ солей, но что въ растворахъ этихъ нельзя одинъ химическій элементъ замѣнить эквивалентнымъ ему другимъ элементомъ.

Но этого мало. Каждое растеніе требуетъ опредѣленное количество каждаго минеральнаго соединенія. Если въ почвѣ или въ растворѣ (въ водной культурѣ), напримѣръ, мало для даннаго растенія калія, то давая растенію этому въ бо́льшемъ количествѣ вмѣсто того фосфора или сѣры, мы не улучшимъ его питанія и развитія и не усилимъ урожая нашего растенія. Поэтому при минеральныхъ удобреніяхъ надо для опредѣленнаго растенія давать вполнѣ опредѣленныя смѣси минеральныхъ солей.

Составъ золы различныхъ растеній весьма различенъ, хотя бы растенія эти росли рядомъ, въ одной и той же почвѣ. Благодаря избирательной способности корней, о которой мы говорили на прошлой лекціи, каждое растеніе беретъ изъ почвы или изъ раствора корневыми волосками то, что ему нужно и полезно. Растенія по составу золы можно раздѣлить, напримѣръ, на растенія кремнеземистыя, известковыя и поташныя. Въ растеніяхъ кремнеземистыхъ болѣе половины золы состоитъ изъ кремнезема; таковы, напримѣръ, хлѣбные злаки, хвощи. Въ золѣ известковыхъ растеній преобладаетъ кальцій, напримѣръ, въ золѣ гороха, клевера, табака. Поташныя растенія содержатъ въ золѣ своей очень много щелочей, до $^3/_4$ всей золы. Таковы, напримѣръ, кукуруза, подсолнечникъ, свекловица и пр. Не только неравномѣренъ составъ золы разныхъ растеній: различныя части одного и того же растенія имѣютъ различное количество минеральныхъ веществъ и въ различныхъ составахъ. Древесина деревьевъ весьма бѣдна золой (всего какихъ-нибудь 2—4%). Листья, наоборотъ, богаты золой. Въ старыхъ листьяхъ увеличивается содержаніе кальція и кремнія въ золѣ и уменьшается содержаніе калія и фосфора.

Итакъ, воспринимаемая корневыми волосками растеній почвенная влага даетъ растенію сырой питательный сокъ, состоящій изъ воды и растворенныхъ въ водѣ минеральныхъ солей. Но разныя растенія корнями своими поглощаютъ различныя минеральныя соединенія изъ почвы, да и по тѣлу растенія минеральная пища эта распредѣляется далеко не равномѣрно. Корнями воспринимаются изъ почвы всѣ тѣ химическіе элементы, изъ которыхъ строится тѣло растенія, кромѣ самаго главнаго элемента — углерода. Изъ остальныхъ же элементовъ корнями изъ почвы добываются и эле-

менты безусловно нужные для дальнѣйшаго построенія тѣла растенія, и элементы индифферентные, и даже ненужные или вредные. Послѣдніе (напримѣръ, хлористый натрій) если и воспринимаются растеніемъ, то обыкновенно въ очень минимальныхъ дозахъ. Но если почва очень богата хлористымъ натріемъ, то большинство растеній на такой почвѣ жить не могутъ. Только галлофиты или солончаковыя растенія могутъ жить на богатой хлористымъ натріемъ почвѣ и поглощать въ себя эту ядовитую соль безъ вреда для своего тѣла, но и безъ существенной пользы.

Мы видѣли выше, что кальцій принадлежитъ къ составнымъ частямъ пищи растенія, безусловно необходимымъ каждому растенію. Но и кальцій воспринимается растеніемъ въ малыхъ дозахъ. А если его въ почвѣ черезъ-чуръ много, то онъ является ядомъ, который могутъ переносить безъ вреда для себя далеко не всѣ растенія. **Кальцефилы** или известь любящія растенія — это растенія, по преимуществу растущія на известковой почвѣ и легко переносящія избытокъ кальція въ почвѣ, чего другія растенія — **кальцефобы** дѣлать не могутъ. Кальцефобы потому и не растутъ на известковыхъ почвахъ, что такія почвы дѣйствуютъ на нихъ, какъ б. и. м. сильный ядъ, и разстраиваютъ нормальный ходъ питанія и обмѣна веществъ этихъ растеній.

Лекція тридцатая.

Анатомическое строеніе корня.

Корень есть органъ прикрѣпленія растенія къ субстрату и органъ поглощенія сырого питательнаго сока изъ земли. Всосавъ корневыми волосками своими почвенную влагу, корень по проводящимъ тканямъ передаетъ ее далѣе въ стебель и листья. Согласно этимъ основнымъ физіологическимъ задачамъ корня, устроено и его внутреннее анатомическое строеніе, во многомъ существенномъ отличающееся отъ анатомическаго строенія стебля и листа. Самая молодая часть корня, его верхушка, такъ называемая **мочка**, состоитъ изъ нѣжной паренхиматической ткани (см. рис. 323), сотканной изъ живыхъ клѣтокъ, богатыхъ плазматическимъ содержимымъ и снабженныхъ б. ч. тонкими целлюлёзными оболочками. На нѣкоторомъ разстояніи отъ верхушки корня клѣтки эти все время находятся въ стадіи размноженія дѣленіемъ поперечными перегородками. Дѣлящаяся ткань корня находится, какъ я только что сказалъ, не у самой верхушки корня, а на нѣкоторомъ разстояніи отъ нея. Кончикъ корня, какъ извѣстно, покрытъ такъ называемымъ **корневымъ чехликомъ**, который предохраняетъ самую нѣжную дѣлящуюся ткань корня отъ тренія о твердыя частицы почвы и другія подземныя твердыя тѣла. Корневой чехликъ состоитъ тоже изъ паренхимныхъ живыхъ клѣтокъ, довольно быстро разрастающихся. Эти паренхимныя клѣтки корневого чехлика въ наружныхъ слояхъ (*a*, *a*) вскорѣ теряютъ свое плазматическое содержимое и постепенно слущиваются, но на мѣсто ихъ изъ точки роста корня вырастаютъ новыя паренхимныя богатыя плазматическимъ

содержимымъ клѣтки корневого чехлика (*i*). Онѣ возникаютъ изъ особой дѣлящейся ткани, находящейся въ видѣ тонкаго слоя маленькихъ нѣжныхъ клѣтокъ въ точкѣ роста корня и называемой **калиптрогеннымъ слоемъ** (*s*) или слоемъ, производящимъ ткань корневого чехлика, иначе называемаго **калиптрой.** Итакъ, въ корневомъ чехликѣ калиптрогенный слой постепенно выдѣляетъ изъ себя наружу все новыя и новыя паренхимныя клѣтки (*i*) калиптры, а самыя старыя и наружныя клѣтки ея (*a*, *a*) постепенно отмираютъ и слущиваются.

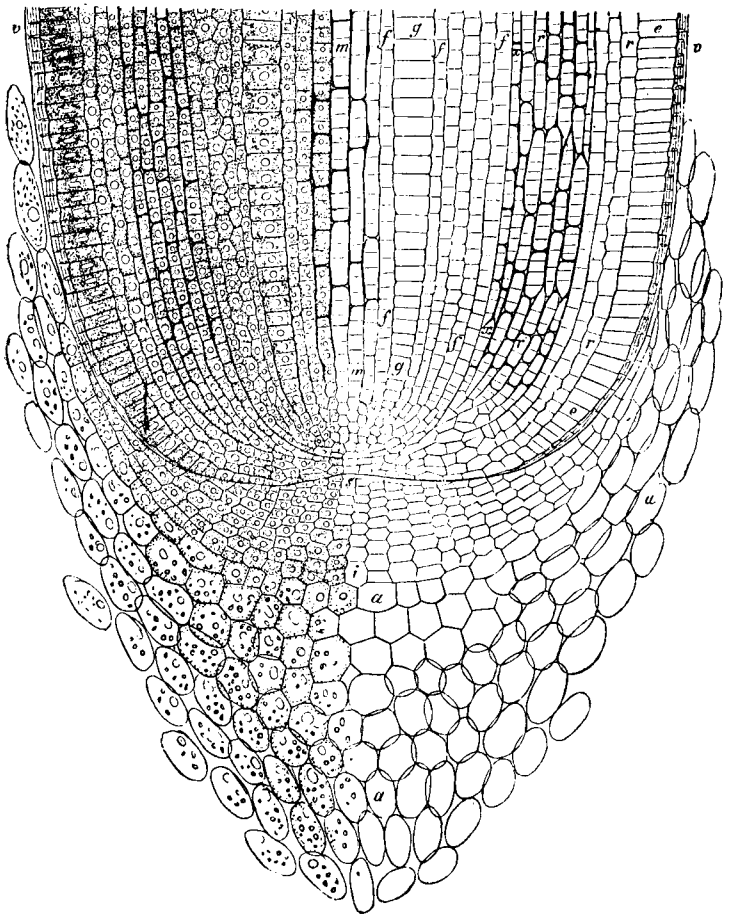


Рис. 323. Продольный разрѣзъ черезъ кончикъ корня кукурузы *(Zea Mays)*: *a* — наружныя, *i* — внутреннія клѣтки корневого чехлика, *s* — калиптрогенный слой.

Непосредственно подъ калиптрогеннымъ слоемъ верхушки корня находится его точка роста, и здѣсь то помѣщается первичная меристема корня, состоящая изъ однообразныхъ нѣжныхъ дѣлящихся паренхимныхъ клѣтокъ. **Первичная меристема** корня очень рано обособляется на нѣсколько самостоятельныхъ тканей (см. рис. 324): на **дерматогенъ** (*d*), **периблему** (*p*) и **плерому** (*pl*), изъ которыхъ затѣмъ развиваются дальнѣйшія ткани корня. Изъ дерматогена развивается, какъ мы знаемъ, **кожица** или **эпидермисъ** корня. Эпидермисъ корня залагается очень рано. Уже подъ корневымъ чехликомъ заложены таблитчатыя клѣтки эпидермиса (см. рис. 323, *c*, *c*) съ ихъ толстыми кутикуляризованными наружными стѣнками (*c*). Эпидермисъ также защищаетъ внутреннюю, болѣе нѣжную ткань кончика корня отъ тренія, отъ проникновенія воды извнѣ или изнутри этой ткани, вообще служитъ такимъ же защитнымъ слоемъ для молодой нѣжной верхушки корня, какъ и корневой чехликъ. Несмотря на то, что, въ общемъ, кончикъ корня состоитъ изъ нѣжныхъ тонкостѣнныхъ клѣтокъ, какъ видно изъ обоихъ рисунковъ (см. рис. 323 и 324), онъ обладаетъ однако же значительной крѣпостью и плотностью своихъ тканей и можетъ преодолѣвать весьма значительныя сопротивленія. На рис. 325 изображенъ молодой корешокъ боба, помѣщенный горизонтально. Растущая часть корня производитъ геотропическій изгибъ, и кончикъ корня черезъ слой воды (*n*—*n*) съ значительной силой врастаетъ въ тяжелую ртуть, налитую толстымъ слоемъ

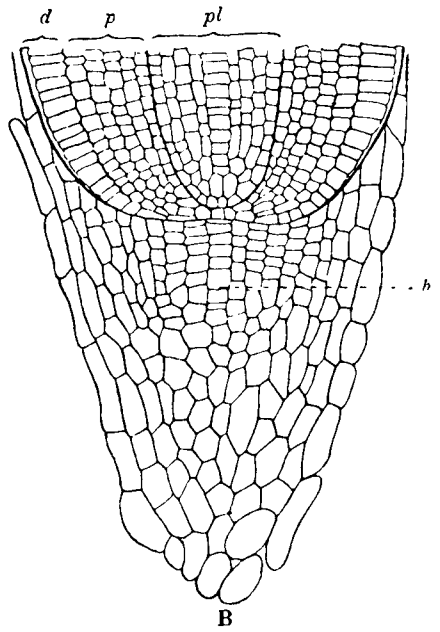


Рис. 324. Продольный разрѣзъ верхушки корня ячменя *(Hordeum vulgare)*: *h* — корневой чехликъ, *d* — дерматогенъ, *p* — периблема, *pl* — плерома.

на дно сосуда, несмотря на то, что ртуть оказываетъ сильное сопротивленіе и, казалось бы, тяжестью своею могла бы раздавить кончикъ корня, сотканный изъ живой нѣжной паренхиматической ткани. Но, благодаря сильному тургору клѣтокъ, составляющихъ кончикъ корня, ткань его имѣетъ сильное напряженіе и можетъ преодолѣвать значительныя препятствія, которыя встрѣчаются на пути кончика корня при внѣдреніи его въ твердую почву. Итакъ, внѣдряющейся въ почву частью корня является корневая мочка, одѣтая на концѣ своемъ корневымъ чехликомъ и прикрытая гладкой эпидермальной тканью, состоящей тоже изъ живыхъ, но плоскихъ клѣтокъ, съ утолщенной наружной оболочкой.

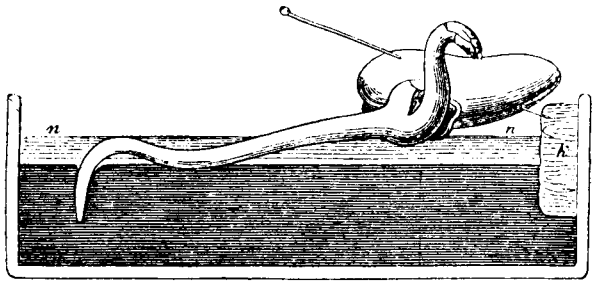


Рис. 325. Корешокъ, съ силой врастающій подъ вліяніемъ положительнаго геотропизма въ ртуть.

Повыше корневой мочки начинается, какъ мы знаемъ, вторая зона корня, снабженная корневыми волосками. Эта зона корня, какъ тоже вы уже знаете, играетъ огромную роль при высасываніи изъ почвы питательныхъ растворовъ, а также этой частью корня растеніе плотно прикрѣпляется къ землѣ, благодаря полному срастанію корневыхъ волосковъ съ частицами почвы (см. рис. 312, 313). Значитъ, въ этой части корня разыгрываются главнѣйшія функціи корня вообще — прикрѣпленіе растенія къ субстрату и поглощеніе пищи изъ почвы; и анатомическое строеніе этой части корня замѣчательно цѣлесообразно приспособлено къ наилучшему отправленію обѣихъ важнѣйшихъ его функцій.

Если мы сдѣлаемъ поперечный разрѣзъ черезъ молодой корень какъ разъ въ зонѣ корневыхъ волосковъ, то увидимъ слѣдующее (см. рис. 326). Снаружи эта часть корня одѣта такъ же **эпидермой**, какъ и корневая мочка, но только здѣсь

далеко не всѣ клѣтки эпидермы имѣютъ плоскій видъ; многія изъ нихъ вытягиваются въ извѣстныя уже намъ хорошо **корневые волоски** (*А*). Подъ эпидермой корня находится **мякоть**, состоящая изъ крупныхъ паренхимныхъ живыхъ клѣтокъ, съ тонкими оболочками и межклѣтниками. Это такъ называемая **первичная кора** (*Г*) корня. Внутренняя часть корня занята элементами гораздо болѣе мелкими; многіе изъ нихъ толстостѣнные; одни изъ этихъ элементовъ представлены живыми клѣтками, другіе — клѣтками мертвыми,

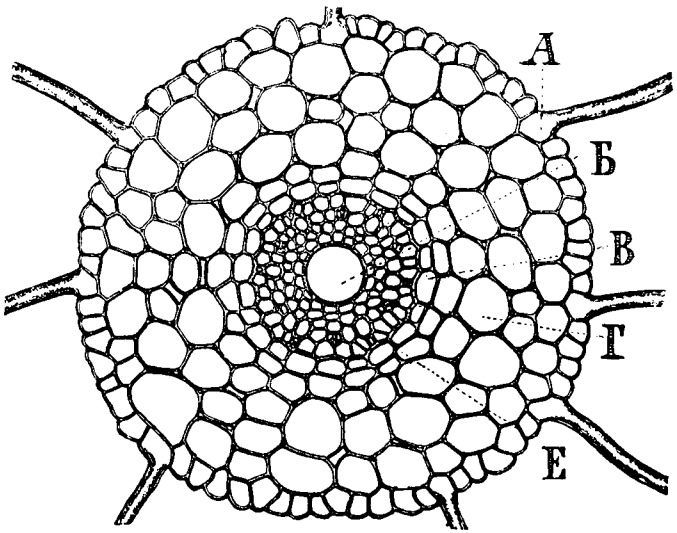


Рис. 326. Поперечный разрѣзъ черезъ молодой корень: *А* — клѣтка кожицы, производящая корневой волосокъ, *Б* — крупный сосудъ въ центрѣ корня, *В* — слой клѣтокъ, отдѣляющій центральный цилиндръ корня (*Е*) отъ первичной коры его (*Г*).

сосудами, ситовидными трубками, механическими волокнами. Вся эта мелкоклѣтная ткань (*Е*) сложена очень плотно, безъ межклѣтныхъ ходовъ, и представляетъ въ общемъ механически болѣе крѣпкую и болѣе прочную ткань, чѣмъ первичная кора. Ткань эта называется **центральнымъ цилиндромъ** корня и отдѣлена отъ первичной коры какъ бы внутренней кожицей, называемой **эндодермой** (*В*) и построенной изъ совершенно плотно сомкнутыхъ клѣтокъ съ очень утолщенными и опробковѣлыми оболочками. На нашемъ рис. 326 мы видимъ посреди центральнаго цилиндра корня одинъ очень крупный сосудъ (*Б*) въ поперечномъ разрѣзѣ, и по сторо-

намъ этого крупнаго сосуда видны на разрѣзѣ сосуды болѣе мелкіе, расположенные радіально вокругъ крупнаго сосуда. Не всегда однако въ серединѣ центральнаго цилиндра корня имѣется одинъ такой крупный сосудъ. Иногда центральный цилиндръ занятъ болѣе нѣжной основной паренхимной тканью, называемой **сердцевиной** корня. Но, въ общемъ, надо замѣтить, что въ корнѣ сердцевина либо развита обыкновенно очень слабо, либо часто совершенно отсутствуетъ. Наиболѣе выдающейся особенностью поперечнаго разрѣза корня является преобладаніе рыхлой первичной коры надъ мелкоклѣтной плотной тканью центральнаго цилиндра. По радіусу центральный цилиндръ занимаетъ, примѣрно, лишь $^1/_4$ или $^1/_3$ радіуса корня, а наружная первичная кора занимаетъ $^3/_4$ или $^2/_3$ всего радіуса. Такое относительное расположеніе этихъ тканей имѣетъ прежде всего глубокое механическое значеніе. Корень есть органъ прикрѣпленія растенія къ почвѣ, и поэтому онъ долженъ быть проченъ относительно разрыва или вытягиванія, онъ долженъ быть, какъ выражаются нѣмцы, zugfestig. А по законамъ механики, дабы съ наименьшей затратой матеріала достигнуть наибольшей прочности какого-либо тѣла противъ разрыва, нужно наиболѣе твердые и наиболѣе механически прочные элементы помѣстить ближе къ центру. Это мы и видимъ на поперечномъ разрѣзѣ корня. Рыхлая мягкая первичная кора корня расположена толстымъ слоемъ снаружи. А элементы крѣпкіе, толстостѣнные собраны внутри корня, ближе къ центру его, и составляютъ механически весьма прочный центральный цилиндръ корня. Вотъ почему въ корнѣ либо совсѣмъ не развита сердцевина, либо развита весьма слабо, ибо сердцевина тоже слагается изъ живыхъ нѣжныхъ и тонкостѣнныхъ клѣтокъ, помѣщеніе коихъ въ центрѣ корня невыгодно съ механической точки зрѣнія. Но описанное анатомическое строеніе корня весьма цѣлесообразно и съ другой стороны, со стороны второй задачи корня — какъ органа, высасывающаго изъ почвы воду съ растворенными въ ней минеральными веществами. Мы уже знаемъ, что главнымъ сосущимъ аппаратомъ при этомъ являются корневые волоски. Эти послѣдніе, представляя длинныя живыя клѣтки (рис. 326, *A*), путемъ эндосмоза и экзосмоза всасываютъ изъ почвы воду и затѣмъ отдаютъ ее далѣе близлежащимъ живымъ клѣткамъ первичной коры. Крупныя паренхиматическія клѣтки коры имѣютъ внутри большія соковыя пространства или вакуоли, которыя дѣйствуютъ осмотически на сосѣднія клѣтки. Такимъ образомъ вся первичная кора представляетъ какъ бы губку, жадно всасывающую въ себя воду и передающую ее далѣе. А такъ какъ корневые волоски, какъ мы видѣли, представляютъ въ сущности огромную всасывающую поверхность, то дабы помѣстить всю всасываемую ими изъ земли воду, необходимы и обширные воспринимающіе эту воду резервуары; а такимъ то воспринимающимъ и при томъ весьма объемистымъ резервуаромъ и является первичная кора корня, занимающая на поперечномъ разрѣзѣ его, какъ мы видѣли, отъ $^3/_4$ до $^2/_3$ всего объема корня. Впитанная, какъ губкой, первичной корой корня почвенная влага должна затѣмъ по водопроводнымъ трубкамъ разноситься дальше и подниматься въ стебель и листья. Водопроводные каналы помѣщаются въ самомъ центрѣ корня, въ центральномъ цилиндрѣ. Къ нимъ направляется вода со всѣхъ сторонъ изъ первичной коры корня. Она какъ бы давитъ на центральный цилиндръ корня, и давленіе это тѣмъ сильнѣе, чѣмъ шире по радіусу первичная кора корня. Такимъ образомъ вода поступаетъ въ водопроводныя трубки корня, расположенныя въ центрѣ его, подъ значительнымъ гидростатическимъ давленіемъ, и это давленіе заставляетъ воду въ сосудахъ центральнаго цилиндра подниматься съ извѣстной силой и притомъ иногда даже весьма значительной, превышающей силу атмосфернаго давленія. Этого бы не было, если бы проводящіе пути были расположены въ корнѣ не въ центрѣ, а по периферіи. Но при расположеніи въ центрѣ вода по центральному цилиндру корня поднимается съ значительнымъ давленіемъ, какъ бы отъ дѣйствія нагнетальнаго насоса.

Сила, съ которой вода продавливается изъ первичной коры корня въ центральный его цилиндръ, увеличивается значительно вслѣдствіе слѣдующей подробности въ анатомическомъ строеніи корня. Мы видѣли уже, что центральный цилиндръ корня отграниченъ отъ первичной коры особой какъ бы внутренней плотной кожицей, называемой эндодермой. **Эндодерма** или **влагалище корня** состоитъ изъ одного ряда совершенно плотно сомкнутыхъ клѣ-

токъ, которыя имѣютъ обыкновенно весьма утолщенныя внутреннія и боковыя стѣнки, и нерѣдко либо боковыя стѣнки эти, либо и внутреннія также пропитаны пробковымъ веществомъ (см. рис. 327, *s*). Понятно, что такой плотный слой опробковѣлыхъ клѣтокъ совершенно обособляетъ центральный цилиндръ корня отъ окружающей его рыхлой паренхимной ткани первичной коры. Но нѣкоторыя изъ клѣтокъ эндодермы, сохраняя свое живое содержимое, имѣютъ вмѣстѣ съ тѣмъ весьма тонкія оболочки. Эти клѣтки называются

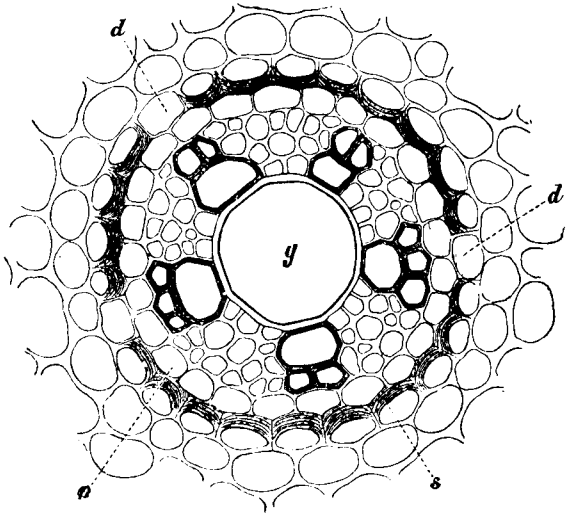


Рис. 327. Поперечный разрѣзъ черезъ радіальный центральный цилиндръ корня лука (*Allium ascalonicum*); *g* — большой центральный сосудъ, *p* — перикамбій, *s* — эндодерма, *d*, *d* — пропускныя клѣтки.

пропускными клѣтками или **проводящими клѣтками** (см. рис. 327, *d*, 328, *f*). Черезъ нихъ то просачивается находящаяся и безъ того подъ сильнымъ тургорнымъ давленіемъ масса воды, пропитывающая клѣтки первичной коры корня, въ центральный цилиндръ его. И такъ какъ просачиваніе массы воды этой идетъ не по всей поверхности эндодермы, а только черезъ узкія отверстія, образуемыя пропускными клѣтками, то понятно, что вода поступаетъ въ центральный цилиндръ корня еще подъ бо̀льшимъ давленіемъ, чѣмъ она находится въ клѣткахъ первичной коры. Любопытно, что какъ разъ противъ пропускныхъ клѣтокъ эндодермы въ центральномъ цилиндрѣ находятся водопроводныя трубки — древесные сосуды (см. рис. 327, 328, *f*, *s*), куда и попадаетъ прямо вода, съ силою выдавливаемая изъ первичной коры корня черезъ пропускныя клѣтки эндодермы. И поступая въ капиллярныя трубки древесины корня, вода съ значительнымъ напоромъ поднимается вверхъ по центральному его цилиндру.

Детальное устройство центральнаго цилиндра корня можно изучить на поперечныхъ разрѣзахъ болѣе старыхъ его частей, уже лишившихся корневыхъ волосковъ и эпидермы. Въ этихъ болѣе старыхъ частяхъ на мѣстѣ эпидермы находится **пробковый слой**, образовавшійся подъ эпидермой, которая сама уже слущилась съ болѣе старыхъ частей корня. Затѣмъ идетъ очень толстый слой первичной коры, далѣе эндодерма и, наконецъ, ткань центральнаго цилиндра корня, въ которой мы замѣчаемъ и **лубяные элементы**, и **элементы древесины**. Но настоящихъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, жилокъ, такихъ, какіе мы видимъ въ стебляхъ и листьяхъ растеній, въ корнѣ не бываетъ. Въ корняхъ элементы древесины, т. е. сосуды и другіе сопровождающіе ихъ гистологическіе элементы, лежатъ отдѣльно, и отдѣльно расположены въ корняхъ элементы луба, т. е. ситовидныя трубки съ клѣтками-спутницами и другими флоэмными элементами.

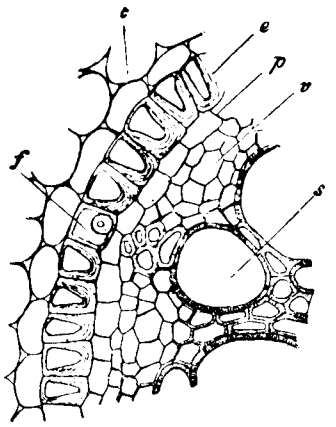


Рис. 328. Часть поперечнаго разрѣза корня касатика (*Iris florentiniana*): *e* — клѣтки эндодермы, утолщенныя съ одной стороны, *f* — пропускныя клѣтки, *p* — перициклъ или перикамбій, *v* — ситовидная или лептомная часть, *s* — сосудъ въ хадромной или сосудистой части. Увел. 240 р.

При этомъ въ молодыхъ корняхъ элементы флоэмы и въ особенности ксилемы располагаются радіальными рядами, чередуясь другъ съ другомъ. Въ различныхъ корняхъ можетъ быть различное количество радіальныхъ рядовъ сосудовъ — ихъ можетъ быть 2, 3 и больше, смотря по растенію. Поэтому различаютъ корни **діархные**, **тріархные** и вообще **поліархные**, т. е. дву-, трех- и вообще многолучевые. На рис. 327 представленъ, напримѣръ, пентархный корень, съ пятью радіальными хадромными пучками, между которыми расположены элементы лип-

томы. Сосуды каждаго такого радіальнаго ряда развиваются одинъ за другимъ снаружи внутрь, такъ что самые молодые сосуды здѣсь внутренніе; но вмѣстѣ съ тѣмъ самые внутренніе сосуды въ корнѣ самые крупные. Нерѣдко, развиваясь снаружи внутрь, древесные сосуды корня доходятъ до центра и сталкиваются между собою, или въ центрѣ имѣется одинъ очень крупный сосудъ (см. рис. 327, *g*), къ которому лучеобразно сходятся остальные сосуды хадромныхъ частей корня. Иногда, впрочемъ, сосуды не доходятъ до центра корня, и тогда въ центрѣ его остается незначительная паренхимная мякотная ткань, называемая **сердцевиной** корня. На рис. 329 изображенъ поперечный разрѣзъ черезъ октархный, т. е. восьмилучевой корень. Рыхлая первичная кора (*c*), которая изображена здѣсь лишь отчасти, отдѣлена отъ центральнаго цилиндра эндодермой (*e*). Подъ эндодермой на этомъ рисункѣ, равно какъ и на рис. 327, буквой *p* обозначена нѣжная однослойная ткань, непосредственно подстилающая эндодерму. Клѣтки этой ткани способны размножаться путемъ дѣленія. Называется эта ткань **перикамбіемъ** или **перицикломъ**. А затѣмъ идетъ уже самъ центральный цилиндръ корня, состоящій изъ основной ткани, среди которой восемью радіальными лучами расположены сосудистыя части корня или его хадрома (*s*), и, чередуясь съ хадромой, ближе къ перикамбію и эндодермѣ лежитъ ситовидная часть или лептома (*v*) восемью пучками или гнѣздами. На этомъ рисункѣ сосуды, развиваясь отъ периферіи къ центру, не сталкиваются однако другъ съ другомъ въ центрѣ, а потому первичная ткань центральнаго цилиндра остается здѣсь въ видѣ, правда, незначительной сердцевины (*m*). На рис. 332 мы имѣемъ поперечный разрѣзъ черезъ тріархный корень, съ сравнительно довольно сильно развитой сердцевиной. Буквы *end*

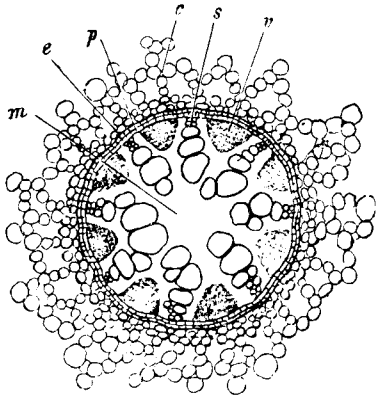


Рис. 329. Поперечный разрѣзъ корня *Acorus Calamus*: *m* — сердцевина, *s* — сосудистые или хадромные пучки, *v* — ситовидные или лептомные пучки, *p* — перицикль или перикамбій, *e* — эндодерма, *c* — первичная кора. Увел. 90 разъ.

обозначаютъ эндодерму, *p* — перицикль или перикамбій, *m* — сердцевину, *b* — хадромные элементы, а *l* — элементы лептомные. На рис. 330 изображенъ квадриархный корень, безъ сердцевины. Его четыре хадромныхъ пучка расположены на поперечномъ разрѣзѣ крестъ-на-крестъ, и самые широкіе со-

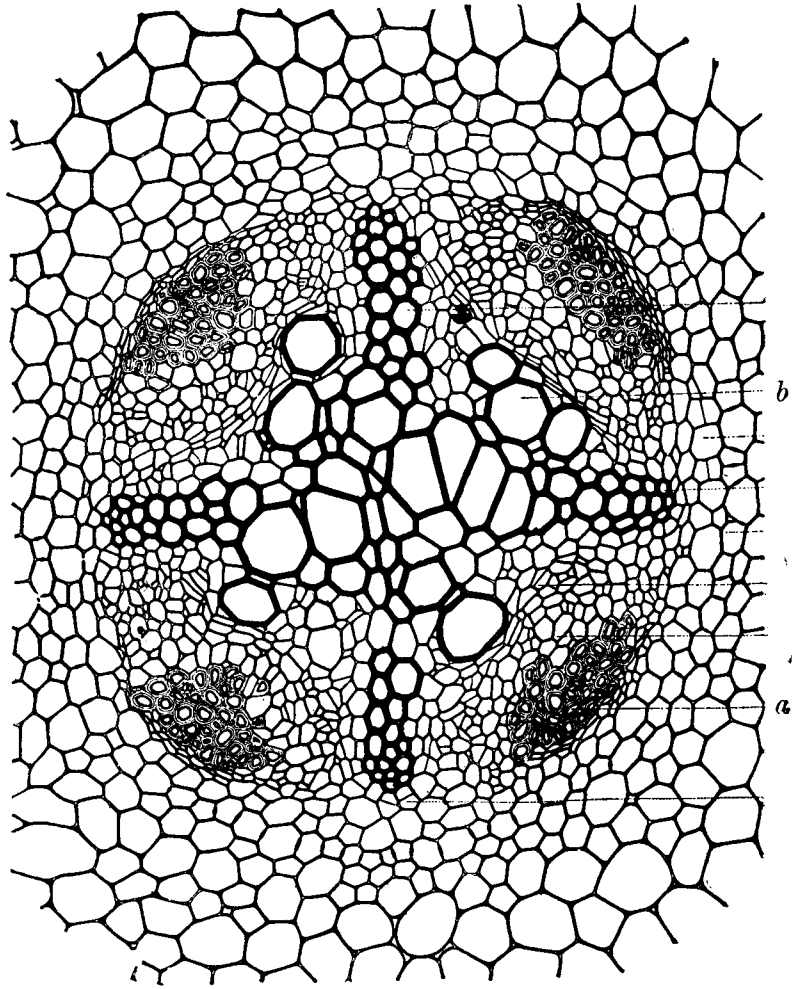


Рис. 330. Поперечный разрѣзъ черезъ корень боба. Сосудистая часть корня (ксилема) расположена крестомъ, образуя четыре радіальныя, столкнувшіяся въ центрѣ полосы; въ промежуткахъ четыре лубяныхъ (флоэмныхъ) пучка — *a*. Вокругъ мякоть первичной коры корня. Корень началъ измѣнять первоначальное свое строеніе, ибо подъ лубяными группами показались полоски камбія, отложившія уже нѣсколько вторичныхъ сосудовъ — *b*.

суды находятся въ центрѣ, сталкиваясь между собою, а самые мелкіе ближе къ периферіи центральнаго цилиндра. Четыре весьма толстостѣнныхъ лептомныхъ пучка (*a*) чередуются съ лучами хадромы и находятся въ промежуткахъ четырехлучевого хадромнаго креста.

Таково анатомическое строеніе молодого корня. По мѣрѣ своего роста, корень начинаетъ вѣтвиться. Мы зна-

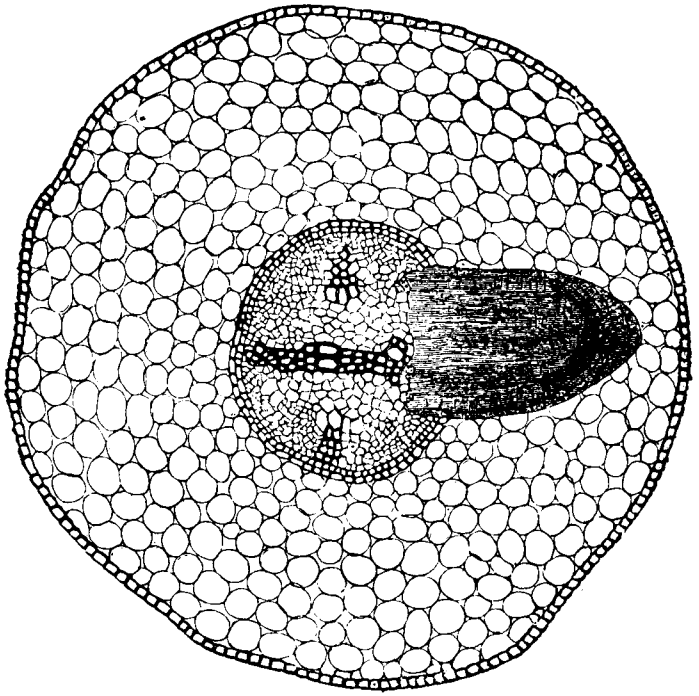


Рис. 331. Поперечный разрѣзъ черезъ молодой корень подсолнечника, съ центральнымъ цилиндромъ, объемистой рыхлой паренхимою первичной коры и съ заложеннымъ на границѣ первичной коры и центральнаго цилиндра боковымъ корнемъ, растущимъ черезъ ткань первичной коры.

емъ, что боковые корни, во-первыхъ, располагаются на главномъ корнѣ правильными вертикальными рядами и, во-вторыхъ, залагаются эндогенно или внутреродно (см. рис. 331). Анатомическое строеніе корня объясняетъ намъ то и другое. Боковые корни залагаются въ перикамбіи и смежныхъ съ нимъ нѣжныхъ тканяхъ центральнаго цилиндра и притомъ всегда либо

противъ хадромныхъ элементовъ, либо попарно, направо и налѣво отъ хадромныхъ пучковъ, но близъ нихъ. А такъ какъ хадрома въ корняхъ залагается правильными радіальными лучами, то, значитъ, на главномъ корнѣ будетъ столько простыхъ или двойныхъ вертикальныхъ рядовъ боковыхъ корней, сколько хадромныхъ лучей наблюдается на поперечномъ разрѣзѣ даннаго корня.

Въ корняхъ многолѣтнихъ двудольныхъ растеній совре

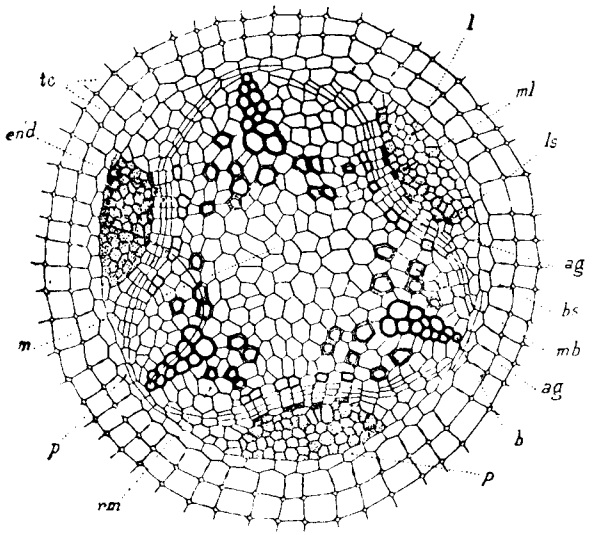


Рис. 332. Схема утолщенія корня двудольнаго растенія: *tc* — первичная кора, *end* — эндодерма, *p*, *p* — перицикль или перикамбій (корнеродный слой), *l* — первичный лубъ, *ls* — вторичный лубъ, *b* — первичная древесина, *bs* — вторичная древесина, *ag*, *ag* — камбій, *m* — сердцевина или первичная паренхима центральной части корня.

менемъ описанное анатомическое строеніе измѣняется. Въ первичной ткани центральнаго цилиндра корня слой клѣтокъ, облекающихъ лептому съ внутренней стороны, приступаетъ къ дѣленію, и образуется вторичная производящая ткань или **камбіальная ткань.** Камбіальныя полоски эти дугообразно изогнуты, выпуклою стороною дуги обращены къ центру корня, а вогнутой стороной огибаютъ совнутри пучки лептомы, какъ это довольно ясно видно на рис. 332. Камбіальныя полоски эти, разрастаясь въ обѣ стороны, дорастаютъ до перикамбія и огибаютъ снаружи хадромные пучки (см. рис. 332, *ag*). Получается извилистая линія живой

производящей ткани, огибающей лептому корня совнутри и хадрому снаружи въ видѣ звѣздообразной фигуры. Эта производящая ткань, или камбій, при дальнѣйшей своей дѣятельности откладываетъ кнаружи новые элементы луба, а ковнутри новые элементы древесины (рис. 332, *mb*), и корень растетъ такимъ образомъ въ толщину. Мало-помалу, сначала извилистая, камбіальная полоска корня (см. рис. 333, *A*, *c*) выпрямляется и округляется; въ болѣе старомъ корнѣ мы имѣемъ на поперечномъ разрѣзѣ уже правильное камбіальное кольцо (см. рис. 333, *B*, *c*), отлагающее ежегодно новые слои луба (*s''*) и новые слои древесины (*g''*). Получаются вторичныя ткани — вторичный лубъ (*s''*), къ которому снаружи примыкаютъ первичные лубяные пучки (*s'*), и вторичная древесина (*g''*), между которой остаются лучи первичной древесины (*g'*), въ видѣ первоначальной звѣзды (на нашемъ рисункѣ гексархной). Въ однихъ корняхъ такіе вторичные лубяные и древесные пучки остаются разрозненными, но у деревьевъ обыкновенно они смыкаются или сливаются между собою, и тогда поперечный разрѣзъ черезъ старый корень двудольнаго деревянистаго растенія представляетъ слѣдующую картину: снаружи имѣется пробка, далѣе идетъ первичная и вторичная кора корня. Вторичная кора образовывается изъ элементовъ вторичнаго луба ежегодной дѣятельностью камбія. За вторичной корой слѣдуетъ внутрь полоска живого камбія, далѣе годовыми концентрическими слоями или кольцами располагается древесина. Но, присматриваясь къ центру корня, даже

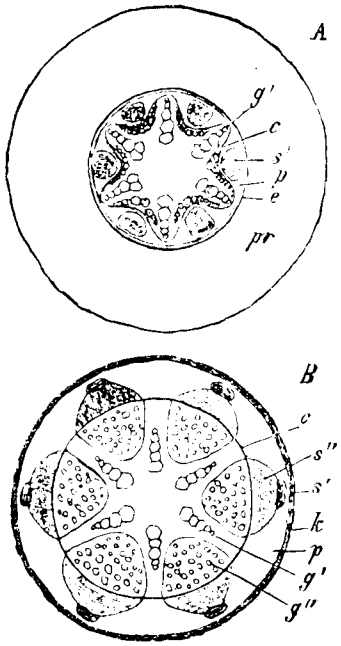


Рис. 333. Схематическое изображеніе разрастанія въ толщину корня двудольнаго растенія. Въ *A* — *pr* означаетъ первичную кору, *e* — эндодерму. Въ *A* и *B* означаютъ: *c* — камбій, *g'* — первичный сосудистый или хадромный пучекъ, *s'* — первичный ситовидный или лептомный пучекъ, *p* — перицикл ъ, *g''* — древесинные вторичные пучки, *s''* — лубяные вторичные пучки, *k* — перидерма.

стараго, мы всегда замѣтимъ въ центрѣ этомъ первичные радіальные ряды сосудовъ, свойственные молодому корню. Годовые слои вторичной древесины корня обыкновенно очень узкіе, такъ какъ корень ежегодно утолщается очень медленно, гораздо медленнѣе стебля. Древесина корня отличается рыхлостью, такъ какъ состоитъ изъ болѣе широкихъ сосудовъ, чѣмъ стебель. Поэтому въ техникѣ древесина корня примѣненія не имѣетъ, и техническое значеніе ея крайне ничтожно.

Лекція тридцать первая.

Наружное строеніе стебля.

Стебель растеній имѣетъ тоже двѣ главныхъ физіологическихъ задачи, къ которымъ приспособлено какъ наружное его строеніе, такъ и внутреннее. Задачи эти слѣдующія: нести на себѣ боковые органы —

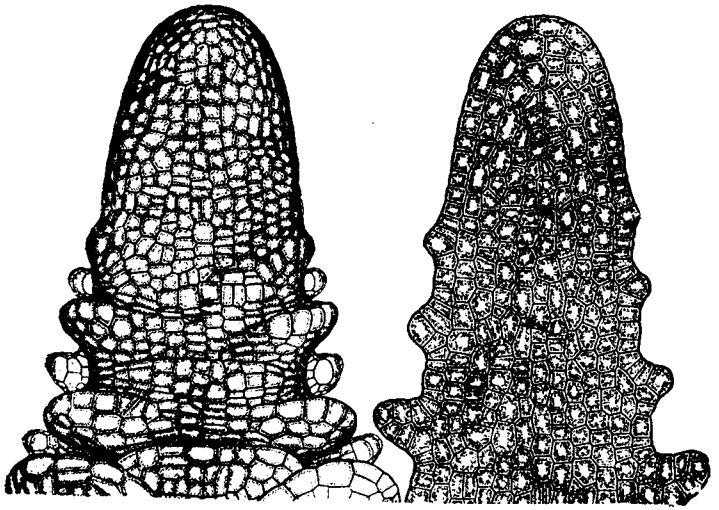


Рис. 334. Конусъ нарастанія стебля водяного растенія *(Elodea)* съ поверхности и въ продольномъ разрѣзѣ. Бугорки представляютъ зачатки возникающихъ будущихъ листьевъ растенія.

листья, и проводить сырой питательный сокъ изъ корней въ листья и разносить по растенію готовый питательный сокъ, въ листьяхъ приготовленный. Слѣдовательно, задачи его, такъ же какъ и

корня, съ одной стороны — механическія, съ другой же стороны — касающіяся процессовъ питанія растенія.

Главный стебель растенія развивается изъ шейки и осевой части зародыша, заложеннаго въ сѣмени (см. рис. 288, на стр. 364). По мѣрѣ своего роста главный стебель вѣтвится, но крупная разница вѣтвленія стебля отъ корня заключается въ томъ, что **боковыя вѣтви** стебля происхожденія экзогеннаго, а не эндогеннаго, какъ происхожденіе боковыхъ корней. Подобно корню, стебель нарастаетъ верхушкой, и конусъ нарастанія стебля состоитъ изъ первичной меристемы, изъ живыхъ плотно сомкнутыхъ паренхиматическихъ клѣтокъ (см. рис. 334). Верхушка стебля голая, и у стеблей не имѣется образованій, аналогичныхъ корневому чехлику корня. Но недалеко отъ точки роста стебля, которая совершенно совпадаетъ съ верхушкой конуса нарастанія, на стеблѣ съ боку залагаются бугорки паренхимной ткани (см. рис. 334), образующіеся какъ изъ наружныхъ эпидермальныхъ клѣтокъ конуса нарастанія, такъ и изъ немногихъ слоевъ клѣтокъ субэпидермальныхъ, и эти то бугорки далѣе развиваются либо въ боковые органы — листья, либо въ боковые стебли или вѣтви второго порядка, которые происходятъ, слѣдовательно, не внутреродно, какъ у корня, а экзогенно или наружнеродно. Вторая важная морфологическая особенность стебля, въ отличіе отъ корня, это способность его производить боковые органы — листья. Корень никогда не производитъ листьевъ, ни настоящихъ, ни зачаточныхъ или метаморфозированныхъ, стебель всегда производитъ листья и потому расчлененъ на междоузлія. **Узломъ** стебля называется мѣсто прикрѣпленія листа къ стеблю, а разстояніе между двумя узлами называется **междоузліемъ.** Междоузлія

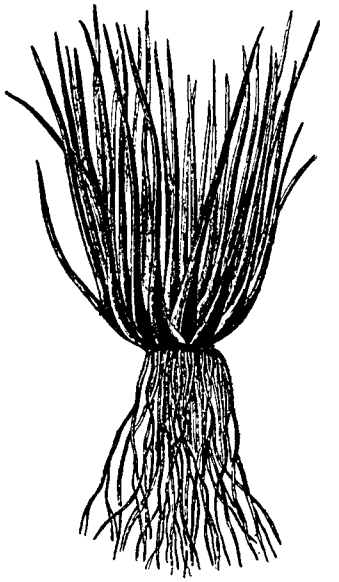


Рис. 335. *Isoetes lacustris* въ натуральную величину, какъ примѣръ „безстебельнаго" растенія съ розеткой прикорневыхъ листьевъ.

могутъ быть или длинныя, или очень укороченныя, но они всегда имѣются на стеблѣ, и ихъ никогда нельзя констатировать на корнѣ, ни на подземномъ, ни на воздушномъ. Корень способенъ производить только корни же слѣдующаго восходящаго порядка или волоски (корневые волоски). Стебель, кромѣ стеблей второго, третьяго и т. д. порядковъ, способенъ всегда производить листья и очень часто различные волоски и придаточные корни. У многихъ растеній первое междоузліе находится между мѣстомъ прикрѣпленія сѣмядолей (или первыхъ метаморфозированныхъ листьевъ) и корнемъ. Такое неполное первое междоузліе называется **подсѣмядольнымъ колѣномъ**, и тогда сѣмядоли выносятся наружу изъ сѣмени и почвы (см. рис. 258, *IIK*, на стр. 287). Хотя стебель, подобно корню, нарастаетъ главнымъ образомъ верхушкой, но у нѣкоторыхъ растеній наблюдается еще добавочный, такъ называемый, **интеркалярный** или **вставочный ростъ стебля.** У такихъ растеній дѣлящаяся ткань имѣется, кромѣ верхушки, еще у каждаго основанія молодыхъ междоузлій, напримѣръ, у злаковъ, и выросшіе стебли продолжаютъ нѣкоторое время расти дальше такимъ вставочнымъ ростомъ и удлинять свои междоузлія. Наоборотъ, не мало и такихъ растеній, у которыхъ на стебляхъ узлы весьма сближены другъ съ другомъ, и междоузлія очень укорочены или совсѣмъ даже не развиты. Тогда получается впечатлѣніе, что растеніе совершенно не имѣетъ стебля, и листья его выходятъ какъ бы изъ основанія корня, образуя такъ называемую **прикорневую розетку** (см. рис. 335). Въ описательной ботаникѣ издавна принято такія растенія называть безстебельными (acaulis), но это названіе неправильно, ибо и у такихъ растеній имѣется стебель, но очень укороченный, съ крайне сближенными узлами. Обыкновенно такія растенія, образующія прикорневыя розетки листьевъ, ко времени цвѣтенія начинаютъ изъ центра листовой розетки выгонять длинную и не раздѣленную на междоузлія безлистную такъ называемую **цвѣточную стрѣлку** (см. рис. 336, 337). Въ сущности, цвѣточная стрѣлка — это не безлистный стебель, а одно изъ верхнихъ и очень длинныхъ междоузлій такихъ растеній. Междоузліе это простирается отъ самаго верхняго прикорневого листа и до перваго прицвѣтнаго листа. Часто прицвѣтники на цвѣточныхъ стрѣлкахъ бываютъ весьма слабо развиты или атрофированы, и тогда получается впечатлѣніе, что цвѣточная стрѣлка безлистна и несетъ на концѣ своемъ либо одинъ, либо нѣсколько цвѣтовъ. Но, на самомъ дѣлѣ, при тщательномъ изслѣдованіи всегда можно и на цвѣточной стрѣлкѣ замѣтить либо маленькіе прицвѣтники, верхушечные листья, либо ихъ зачатки. У нѣкоторыхъ растеній, напримѣръ, у ревеня (см. рис. 338), имѣется огромная розетка мощно развитыхъ прикорневыхъ листьевъ, но ко времени цвѣтенія изъ

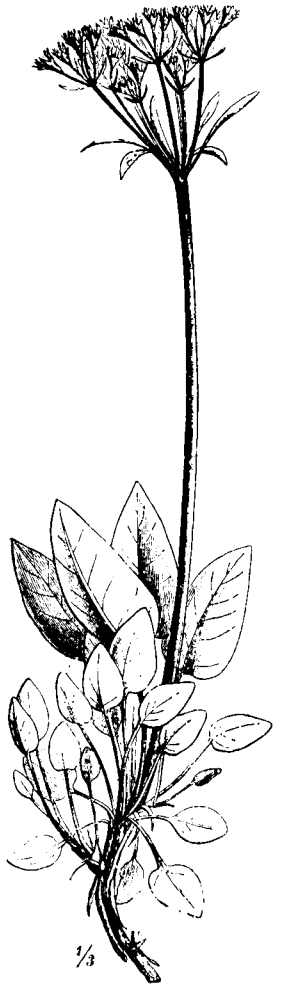


Рис. 336. *Eriogonum compositum*, уменьшенный въ 3 раза, съ розетками прикорневыхъ листьевъ и цвѣточной стрѣлкой.



Рис. 337. Примула или первоцвѣтъ (*Primula officinalis*), съ розеткой прикорневыхъ листьевъ и съ цвѣточной стрѣлкой.

розетки этой вырастаетъ нѣсколько воздушныхъ стеблей съ верхушечными листьями и многочисленными соцвѣтіями. Хотя молодая верхушка стебля, въ отличіе отъ

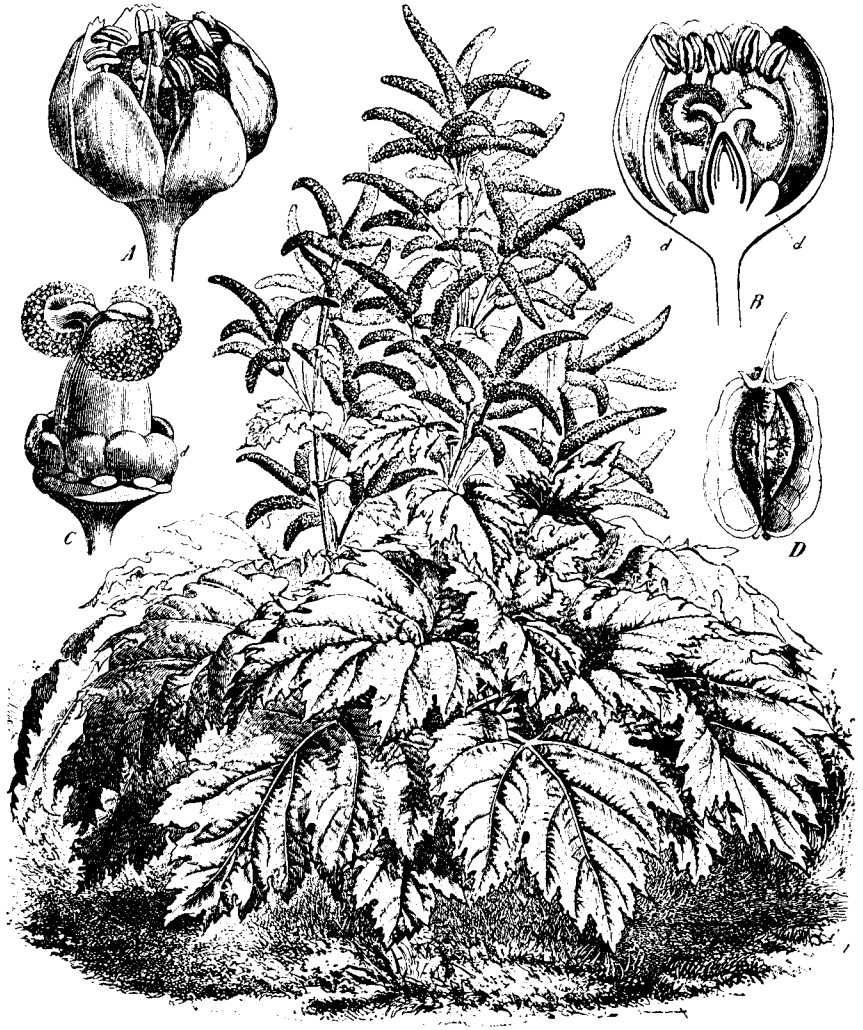


Рис. 338. Ревень — *Rheum officinale*. Растеніе, сильно уменьшенное, съ мощной розеткой крупныхъ прикорневыхъ листьевъ и съ нѣсколькими воздушными стеблями, несущими верхушечные листья и многочисленныя соцвѣтія.

корня, голая и не прикрыта образованіемъ, аналогичнымъ корневому чехлику, но она никогда не бываетъ совершенно обнаженной. Стеблевая верхушка или конусъ

нарастанія стебля (см. рис. 334) обыкновенно прикрыта ниже сидящими б. и. м. выросшими листьями и запрятана среди ихъ основаній, которыми молодой и нѣжный конусъ нарастанія стебля защищенъ отъ различныхъ неблагопріятныхъ внѣшнихъ условій, какъ корневой чехликъ защищаетъ конусъ нарастанія корня отъ тренія о твердыя частицы земли. У тѣхъ растеній, которыя имѣютъ перерывъ въ вегетаціи, напримѣръ, у которыхъ ростъ и вегетація останавливаются на зиму или въ теченіе засушливаго времени года, у основанія конуса нарастанія образуются особые метаморфозированные чешуйчатые иногда очень твердые или жесткіе листочки, черепитчато наложенные другъ на друга и совершенно скрывающіе конусъ нарастанія стебля. Образуются такъ называемыя **почки.** Почки у однихъ растеній бываютъ **верхушечныя**, напримѣръ, у дуба, сосны, или онѣ могутъ быть **боковыми** или **пазушными**, напримѣръ, у липы, березы, вяза (см. рис. 339). Боковыя почки залагаются въ углахъ между листьями и стеблемъ, въ такъ называемыхъ **листовыхъ пазухахъ**. У тѣхъ растеній, у которыхъ верхушечныхъ почекъ не залагается, стебель даннаго года, достигши предѣльнаго роста, замираетъ на своей верхушкѣ, и тогда крупныя боковыя почки залагаются въ пазухахъ верхнихъ листьевъ даннаго стебля. Послѣ періода покоя верхняя пазушная почка разрастается особенно сильно и какъ бы продолжаетъ ростъ главной прошлогодней оси. Но на самомъ дѣлѣ растетъ уже далѣе не главная ось, а ось слѣдую-

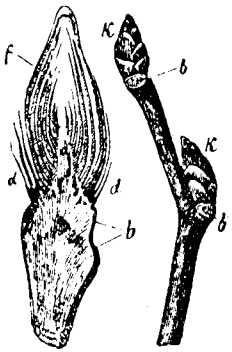


Рис. 340. Вѣтвь вяза съ двумя боковыми почками — *K* и двумя листовыми слѣдами *b*, и одна почка, сильнѣе увеличенная, въ продольномъ разрѣзѣ: *b* — листовой слѣдъ, *a* — осевая часть почки, *d* и *f* — листовыя ея части или почечныя чешуи (*d*) изачатки будущихъ листьевъ (*f*).



Рис. 339. Вѣтвь вяза съ боковыми почками и листовыми слѣдами.

щаго порядка. У растеній, разрастающихся далѣе послѣ періода покоя верхушечными почками, въ пазухахъ листьевъ залагаются обыкновенно также и боковыя почки, которыя, разрастаясь далѣе, обусловливаютъ вѣтвленіе стебля. Если разрѣзать почку вдоль, то мы увидимъ въ срединѣ почки короткую **осевую часть** (см. рис. 340, *a*), заканчивающуюся конусомъ нарастанія стебля, и цѣлый рядъ метаморфозированныхъ чешуйчатыхъ листочковъ, черепитчато прикрывающихъ другъ друга и верхушку стебля. Однѣ изъ этихъ **почечныхъ чешуй** (*d*), при распусканіи почки весною, опадаютъ въ видѣ остающихся недоразвитыми плотныхъ листочковъ, другія же чешуи (*f*) развиваются далѣе и даютъ низовые листья новаго побѣга, вырастающаго изъ почки. Слѣдовательно, почка есть метаморфозированный листостебельный побѣгъ, предназначенный для перенесенія молодой частью растенія неблагопріятныхъ условій существованія и для развитія изъ него въ теченіе слѣдующаго вегетаціоннаго періода новаго ежегоднаго по-

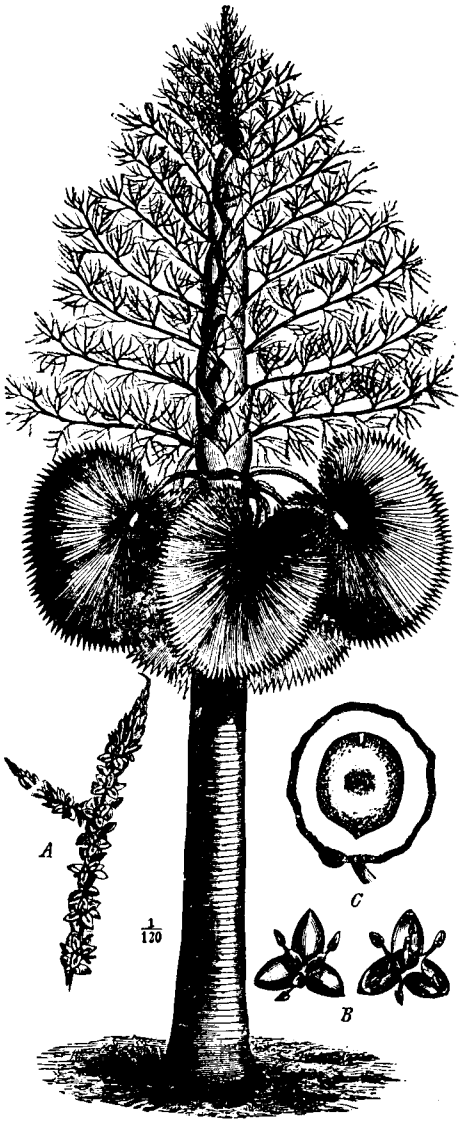


Рис. 341. Пальма — *Corypha Taliera*, съ невѣтвящимся главнымъ стеблемъ, въ цвѣту: *A* — часть соцвѣтія, *B* — цвѣты, *C* — плодъ въ продольномъ разрѣзѣ.

бѣга, либо побѣга того же порядка, составляющаго продолженіе главнаго стебля, либо побѣга второго, третьяго и т. д. порядковъ. Собственно говоря, боковыя почки залагаются въ пазухѣ каждаго листа, сидящаго на стеблѣ, а потому боковыхъ почекъ на стеблѣ у растенія столько же, сколько листьевъ, и располагаются боковыя почки на стеблѣ по тѣмъ же законамъ, что и листья (см. листорасположеніе на стр. 19—21). Но у многихъ растеній ростъ стебля дальше идетъ при помощи лишь верхушечной почки, а боковыя почки, хотя и залагаются, но далѣе не развиваются и замираютъ. Такія растенія ни-

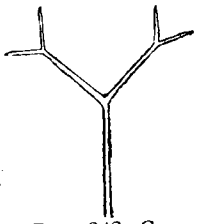


Рис. 342. Схема дихотомическаго вѣтвленія или развилка.



Рис. 343. Плаунъ — *Lycopodium clavatum*, съ дихотомическимъ вѣтвленіемъ стебля.

когда при нормальныхъ условіяхъ не вѣтвятся, и у нихъ имѣется лишь одинъ **невѣтвящійся стебель.** Невѣтвящіеся стебли мы находимъ, напримѣръ, у пальмъ (см. рис. 341), драценъ, подсолнечника и др. растеній. Растенія эти начинаютъ вѣтвиться лишь передъ плодоношеніемъ, образуя цвѣты и плоды. Другія растенія, наоборотъ, обильно вѣтвятся, и на главномъ стеблѣ ихъ изъ пазушныхъ почекъ образуются вѣтви второго порядка, тѣ въ свою очередь даютъ вѣтви третьяго порядка и т. д. Если при разрас-

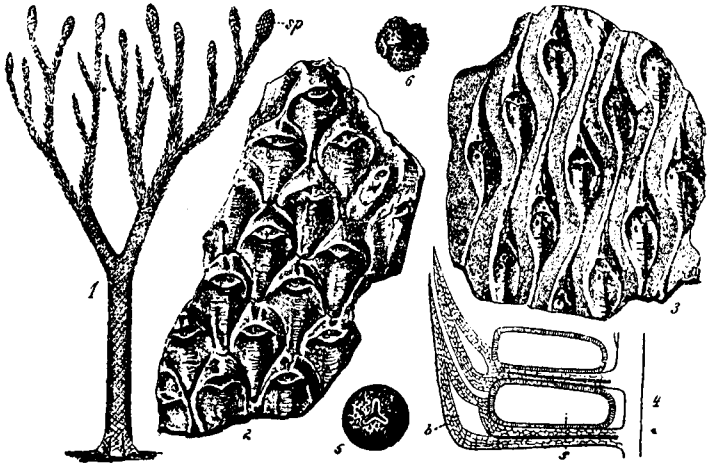


Рис. 344. *Lepidodendraceae.* Фиг. *1* — реставрація растенія съ плодущими колосками *(sp)* и дихотомически вѣтвящимся стеблемъ; сильно уменьшено. Фиг. *2* — *Lepidodendron Volkmannianum*, кусокъ поверхности стебля съ листовыми рубцами, уменьш. Фиг. *3* — *L. Veltheimii*, кусокъ поверхности стебля съ листовыми рубцами, уменьшено. Фиг. *4* — шлифъ двухъ споролистиковъ *Lepidostrobus*, съ спорангіями *(s)*, увелич. Фиг. *5* — макроспора, фиг. *6* — микроспоры *Lepidostrobus*, увелич.

таніи и вѣтвленіи стебля, главный стебель все время растетъ своей верхушечной почкой, а изъ боковыхъ почекъ вырастаютъ вѣтви второго порядка, въ свою очередь нарастающія верхушечной почкой и дающія вѣтви третьяго порядка, и т. д., то такое вѣтвленіе называется **моноподіальнымъ.** Но можетъ быть и другой случай. Верхушечная почка хотя и залагается, но быстро отмираетъ, и главный стебель въ слѣдующій вегетаціонный періодъ продолжаетъ расти дальше, но не изъ верхушечной, а изъ верхней боковой почки, сдвигающейся и занимающей какъ бы мѣсто верхушечной почки (см. рис. 339 и рис. 340). Тогда

главный стволъ стебля не состоитъ изъ междоузлій одного и того же порядка, а каждый новый побѣгъ, составляющій продолженіе прошлогодняго побѣга, является вѣтвью второго порядка, и, напримѣръ, пятилѣтнее дерево, хотя бы вяза, состоитъ изъ пяти побѣговъ 1-го, 2-го, 3-го, 4-го и 5-го порядковъ и т. д. То же самое можетъ происходить и съ боковыми вѣтвями такихъ растеній, которыя съ каждымъ годомъ состоятъ изъ побѣговъ все болѣе высшаго порядка. Такое вѣтвленіе стебля называется **симподіальнымъ.** Липа, береза, вязъ и мн. др. деревья имѣютъ симподіальное вѣтвленіе, и хотя у нихъ, такъ же какъ у дуба или сосны, вѣтвленіе которыхъ моноподіальное, мы можемъ во взрослом состояніи отличить **главный стволъ** дерева и **развѣтвленія,** образующія **крону деревьевъ,** но главный стволъ дуба и вяза неравнозначущія морфологическія единицы. Главный стволъ дуба есть одновременно и главный стебель этого растенія. Онъ состоитъ всегда изъ оси одного и того же порядка, именно изъ оси перваго порядка, заложенной еще въ зародышѣ сѣмени. Наоборотъ, главный стволъ вяза есть **симподій** или **сложный стебель.** Онъ состоитъ изъ осей 1-го, 2-го, 3-го и т. д., до безконечности, порядковъ; каждый годъ дальнѣйшее разрастаніе вверхъ главнаго ствола вяза происходитъ на счетъ побѣга высшаго порядка, и развивается такой побѣгъ изъ боковой верхней, а не изъ верхушечной почки. Кромѣ этихъ двухъ главныхъ типовъ вѣтвленія стебля, мы имѣемъ еще одинъ типъ, называемый **развилкомъ** (см. рис. 342). Уплауновъ, напримѣръ (см. рис. 343), точка роста стебля по временамъ вилообразно раздвояется, и тогда растутъ въ разныя стороны двѣ точки роста, принадлежащія собственно оси одного и того же порядка. Такое вѣтвленіе развилкомъ или вилообразное встрѣчается въ настоящее время весьма рѣдко и только у нѣкоторыхъ папоротникообразныхъ растеній. Но было время, когда этотъ типъ вѣтвленія былъ весьма распространенъ на земномъ шарѣ, и находимые въ иско-



Рис. 345. Вѣтвь сирени съ боковыми почками и ложной дихотоміей вѣтвленія.

паемомъ состояніи гигантскіе стволы вымершихъ растеній, называемыхъ лепидодендронами, представляютъ типичный случай вилообразнаго развѣтвленія (см. рис. 344).

У нашихъ деревьевъ и кустарниковъ, напримѣръ, у сирени (см. рис. 345), иногда замѣчается тоже какъ-бы вилообразное вѣтвленіе. Стебель сирени осенью заканчивается не одной, а двумя почками, и обѣ эти почки даютъ на слѣдующій годъ такой же развилокъ, какой мы видимъ у плауновъ и лепидодендроновъ. Но въ данномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло не съ настоящимъ **развилкомъ**, а съ **ложнымъ**. У сирени и другихъ подобныхъ растеній залагаются верхушечная и двѣ боковыхъ супротивныхъ почки, ибо и листья у сирени расположены на стеблѣ супротивно. Но верхушечная почка замираетъ, а ея мѣсто заступаютъ двѣ боковыхъ почки, которыя и развиваются дальше слѣдующей весной. Слѣдовательно, у сирени, собственно, симподіальное вѣтвленіе, но здѣсь не простой симподій, а двойной, въ результатѣ производящій впечатлѣніе развилка. Кромѣ плауновыхъ, мы типичные развилки или дихотомическое вѣтвленіе наблюдаемъ у еще болѣе низкихъ растеній, напримѣръ, такимъ путемъ нерѣдко вѣтвятся слоевища морскихъ водорослей (см. рис. 346).

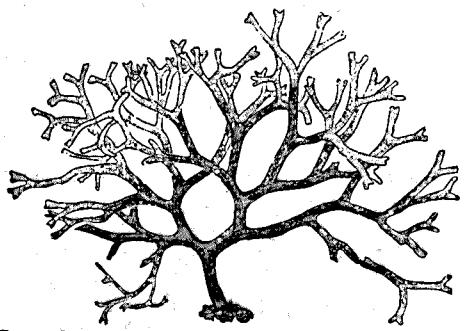


Рис. 346. Дихотомически вѣтвящееся слоевище бурой водоросли *Dictyota dichotoma*, въ $^2/_3$ естественной величины.



Рис. 347. Папоротникъ — *Asplenium Faliaeum*; часть листа (*M*), произведшаго придаточную почку, изъ которой развилось молодое растеньице (*T*) съ 5 листьями и нѣсколькими корешками (*W*).

Кромѣ верхушечныхъ и боковыхъ почекъ, многія растенія образуютъ также **придаточныя почки**. Придаточныя почки, подобно придаточнымъ корнямъ, возникаютъ безъ всякаго видимаго порядка, даже на старыхъ частяхъ стебля, давно утратившихъ листья; возникаютъ онѣ не экзогенно, какъ боковыя почки, а эндогенно, во внутреннихъ тканяхъ, и пробиваются наружу, разрывая покрывающія ихъ живыя и отжившія наружныя ткани. Придаточныя почки могутъ развиваться не только на стебляхъ, но также на корняхъ и на листьяхъ (см. рис. 347). Изъ нихъ разрастаются **придаточные побѣги**. Примѣромъ такихъ придаточныхъ побѣговъ могутъ служить, напримѣръ, такъ называемыя **вѣдьмовы метлы** и **фасціаціи**. На нѣкоторыхъ деревьяхъ, напримѣръ, на березѣ, ольхѣ, ясенѣ, соснѣ и др., нерѣдко наблюдается группа неправильно и сильно развѣтвленныхъ вѣтвей, точно вѣники. Народное повѣріе приписываетъ образованіе такихъ густыхъ неправильныхъ вѣтвленій дѣйствію нечистой силы, вѣдьмамъ, отчего образованія эти и называются въ простонародіи „вѣдьмовы метлы,“ а у нѣмцевъ „Hexenbesen“. На самомъ дѣлѣ такое неправильное вѣтвленіе является результатомъ пораженія данной части растенія паразитными грибками. Вслѣдствіе этого происходитъ гипертрофія тканей и обильное заложеніе придаточныхъ почекъ внутри пораженныхъ грибкомъ тканей. Фасціа-

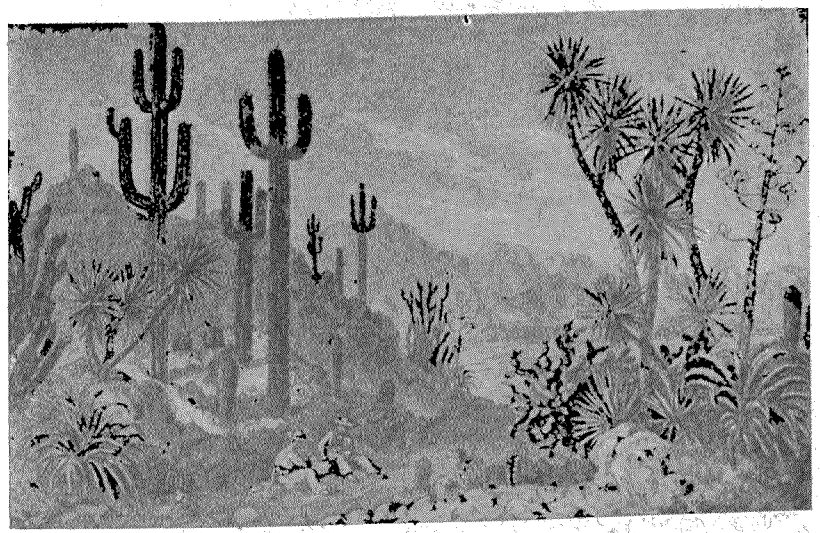


Рис. 348. Мексиканскій пейзажъ съ кактусами, юкками и агавами въ цвѣту.

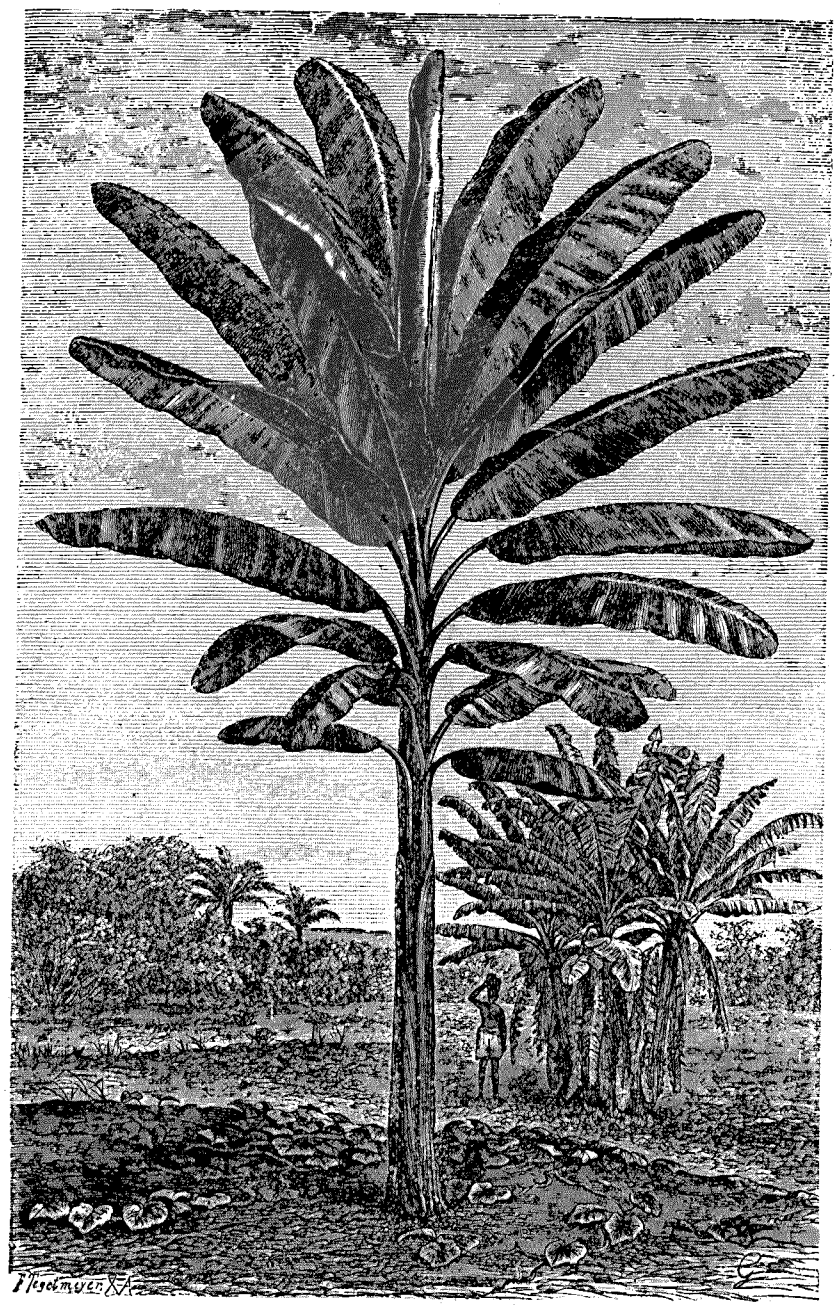


Рис. 349. *Musa sapientum* — бананъ.

ціей называется неправильное гипертрофическое срастаніе нѣсколькихъ придаточныхъ побѣговъ между собою, причемъ образуются обыкновенно плоскіе вѣтви или стебли. Фасціаціи наблюдаются какъ у древесныхъ породъ, такъ еще чаще

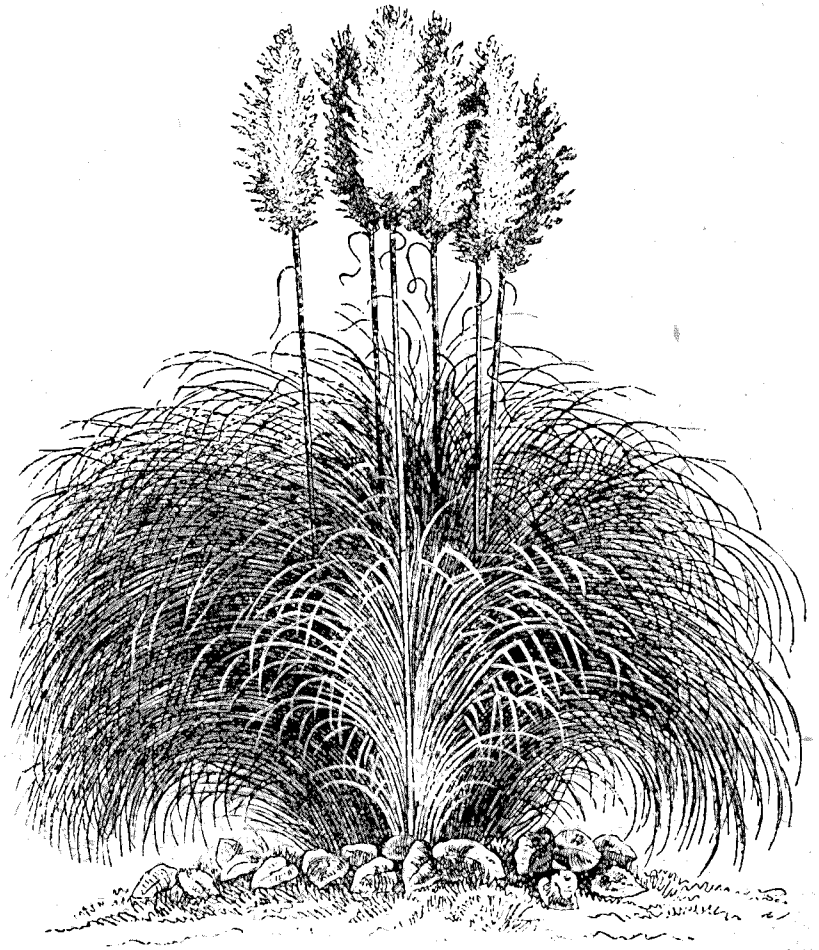


Рис. 350. Крупный злакъ — *Gynerium argenteum*, растущій въ Бразиліи, какъ примѣръ растенія съ округлыми стеблями.

у многихъ травянистыхъ растеній. Близъ стволовъ нѣкоторыхъ деревьевъ, напримѣръ, тополей, вязовъ, сѣрой ольхи, нерѣдко наблюдается густая образующаяся безъ всякаго видимаго порядка такъ называемая **корневая поросль**. Побѣги эти выходятъ изъ стелющихся подъ землею корней и развиваются изъ придаточныхъ почекъ, залагающихся на корняхъ.

Весьма разнообразно и оригинально вѣтвленіе тропическихъ деревьевъ въ связи съ біологическими особенностями ихъ существованія. Габерландъ, извѣстный изслѣдователь тропической природы, описываетъ разнообразные частные типы вѣтвленія тропическихъ деревьевъ и другихъ тропическихъ растеній, напримѣръ, **ширмообразныя, канделяброобразныя вѣтвленія** и пр. Типичный примѣръ канделяброобразнаго вѣтвленія представляютъ нѣкоторые гигантскіе кактусы Мексики (см. рис. 348). У другихъ тропическихъ растеній образуются **ложные стебли**, напримѣръ, у банановъ (см. рис. 349). Бананы представляютъ крупныя деревья, какъ бы съ толстымъ округлымъ стволомъ и очень крупными цѣльными удлиненными листьями. На самомъ дѣлѣ то, что мы съ перваго взгляда готовы принять за стволъ банана, не есть стебель растенія, а толстыя влагалища прикорневыхъ листьевъ, обхватывающія другъ друга и производящія такимъ образомъ ложный стебель растенія. Самъ же стебель банана очень короткій, съ сближенными узлами и крайне сокращенными междоузліями, помѣщается у самого основанія этого ложнаго стебля, внутри его, и окутанъ стеблеобразными влагалищами листьевъ.

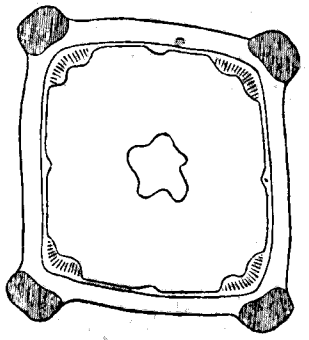


Рис. 351. Схематическій рисунокъ поперечнаго разрѣза четырехграннаго стебля глухой кропивы (*Lamium album*) изъ сем. губоцвѣтныхъ (*Labiatae*).



Рис. 352. Орхидея — *Anguloa Clowesii*, по экземпляру, выращенному въ Юрьевскомъ Бот. Саду. Стебли вздутые въ видѣ зеленыхъ шишекъ или огурцовъ.

Стебли растеній отличаются другъ отъ друга также по **формѣ** своей, точнѣе говоря, по очертанію поперечнаго сѣченія стеблей. Стебли могутъ быть круглые (напримѣръ, у злаковъ — соломина, см. рис. 350), трехгранные (у осокъ, молочаевъ, см. рис. 390), четырехгранные (у губоцвѣтныхъ, см. рис. 351) многогранные (у кактусовъ — см. рис. 348). Они могутъ быть сплошные и дудчатые, т. е. полые внутри; таковы, напримѣръ, соломины злаковъ, стебли многихъ зонтичныхъ. У нѣкоторыхъ растеній наблюдаются сильно **вздутые стебли.** Въ такихъ вздутыхъ стебляхъ особенно развита паренхимная ткань сердцевины или первичной коры, и ткань эта играетъ функцію собирающей про запасъ въ большомъ количествѣ воду. Вздутые стебли встрѣчаются нерѣдко у растеній тропическихъ странъ, растущихъ въ такихъ мѣстахъ, гдѣ иногда б. и. м. значительное время господствуетъ засуха. Такимъ растеніямъ надо всегда имѣть про запасъ воду, и они накапливаютъ эту воду въ паренхимной водоносной ткани своихъ вздутыхъ стеблей. Многіе кактусы (см. рис. 348), африканскіе молочаи (см. рис. 390) и др. сочныя растенія (суккуленты) имѣютъ б. и. м. вздутые стебли, богатые водоносной паренхимной тканью. Нѣкоторыя пальмы имѣютъ также вздутые стебли. Характерные вздутые стебли, напоминающіе по внѣшнему виду скорѣе какъ-бы огурцы или маленькія тыквы, имѣются у многихъ тропическихъ орхидныхъ, ведущихъ эпифитный образъ жизни (см. рис. 352 и 353). Орхидныя эти растутъ высоко на вѣтвяхъ тропическихъ деревьевъ и, какъ вы уже знаете,



Рис. 353. Орхидея — *Stanhopea oculata*, съ вздутыми стеблями, по экземпляру, выращенному въ Юрьевскомъ Ботаническомъ Саду.

обильно поглощаютъ воздушными корнями своими влагу тропическаго вѣчно влажнаго лѣса (см. рис. 291). Но иногда и въ такомъ лѣсу можетъ временно, хотя бы не надолго, появиться засушливый періодъ, и въ такомъ случаѣ растенія эти, ведущія собственно воздушный образъ жизни, легко могли бы завянуть, если бы у нихъ не было оригинальнаго приспособленія этого, въ видѣ сильно вздутыхъ зеленыхъ стеблей, въ которыхъ накапливается въ изобиліи вода про запасъ. Въ Бразиліи мѣстами растутъ особые лѣса, называемые

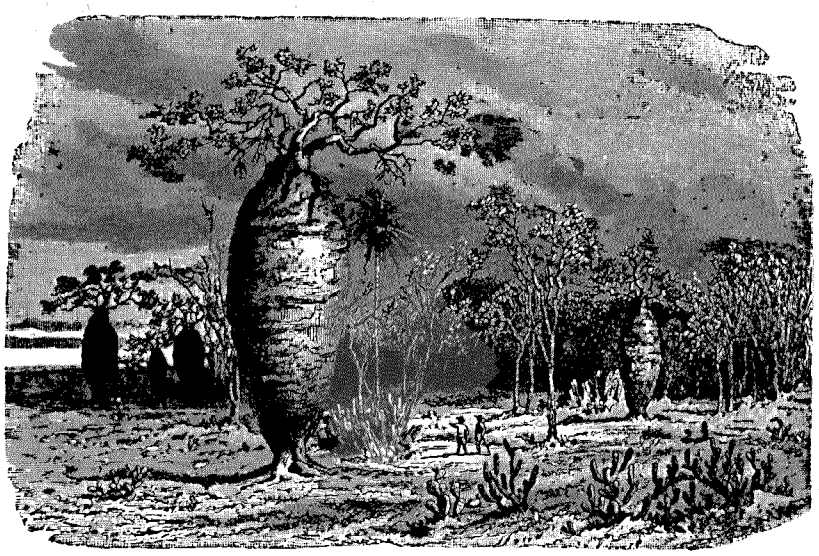


Рис. 354. Баригуды въ бразильскомъ лѣсу „хатинга".

„хатинга" (см. рис. 354). Лѣса эти растутъ въ мѣстностяхъ, подвергающихся періодически продолжительной засухѣ. Когда наступаетъ засушливое время года, деревья хатингъ такъ же теряютъ свои листья, какъ наши сѣверные лѣса сбрасываютъ свои листья на зиму. Трава вся выгораетъ и высыхаетъ въ этихъ лѣсахъ, и они стоятъ обнаженные, напоминая собою отчасти нашъ зимній лѣсной ландшафтъ. Но лишь только возвращается влажное время года, какъ лѣса эти, точно по мановенію жезла волшебника, сразу распускаются и покрываются листьями и цвѣтами. Многія растенія бразильскихъ хатингъ имѣютъ различнѣйшія приспособленія для перенесенія неблагопріятнаго засушливаго времени года. Нѣкоторыя

деревья этихъ лѣсовъ, называемыя баригудами, имѣютъ, между прочимъ, очень толстые вздутые стволы, на подобіе колоссальныхъ бочекъ, боченкообразно-вздутые стебли (см. рис. 354). Въ рыхлой и объемистой сердцевинѣ такихъ стволовъ скапливается огромный запасъ воды, который и потребляется постепенно этими деревьями какъ въ засушливое время года, такъ и весною, при наступленіи влажнаго періода и почти моментальнаго пробужденія жизни въ этихъ бразильскихъ лѣсахъ.

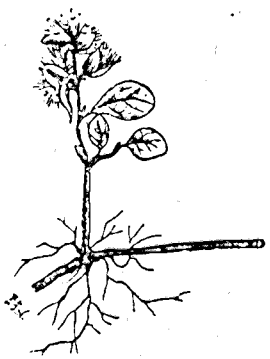


Рис. 355. Полярная ива — *Salix polaris*, въ естеств. величину, взрослая и съ зрѣлыми плодами.

По направленію роста стеблей можно тоже отличить нѣсколько біологическихъ ихъ типовъ. Въ сущности, молодой главный стебель, въ силу отрицательнаго геотропизма, растетъ всегда вертикально вверхъ. Но, по мѣрѣ дальнѣйшаго роста, стебель, вырабатывая внутри себя прочныя механическія ткани и другія механическія приспособленія, самъ себя поддерживаетъ въ вертикальномъ направленіи и вырастаетъ въ видѣ иногда очень высокихъ прямостоячихъ стеблей или стволовъ. Такіе **прямостоячіе стебли**, иногда огромной высоты, мы видимъ, напримѣръ, у нашихъ

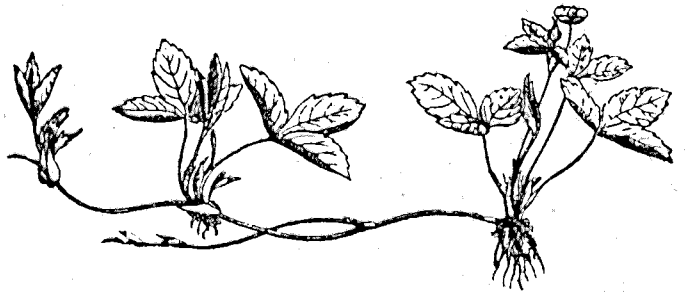


Рис. 356. Земляника — *Fragaria vesca*, съ стелющимися по землѣ усами или плетями.

сѣверныхъ деревьевъ (см. рис. 373, 374, 375), у тропическихъ пальмъ (см. рис. 341), драценъ, юккъ (см. рис. 348), бамбуковъ и т. д. Но не всѣ растенія могли выработать въ себѣ вполнѣ надежныя механическія приспособленія, которыя обезпечивали бы навсегда прямостоячій ростъ ихъ и возможность

поддерживать собою всю иногда колоссальную тяжесть вѣтвей и листьевъ даннаго растенія. Тогда такіе стебли либо ползутъ по землѣ, образуя **лежачіе стебли** (см. рис. 356),

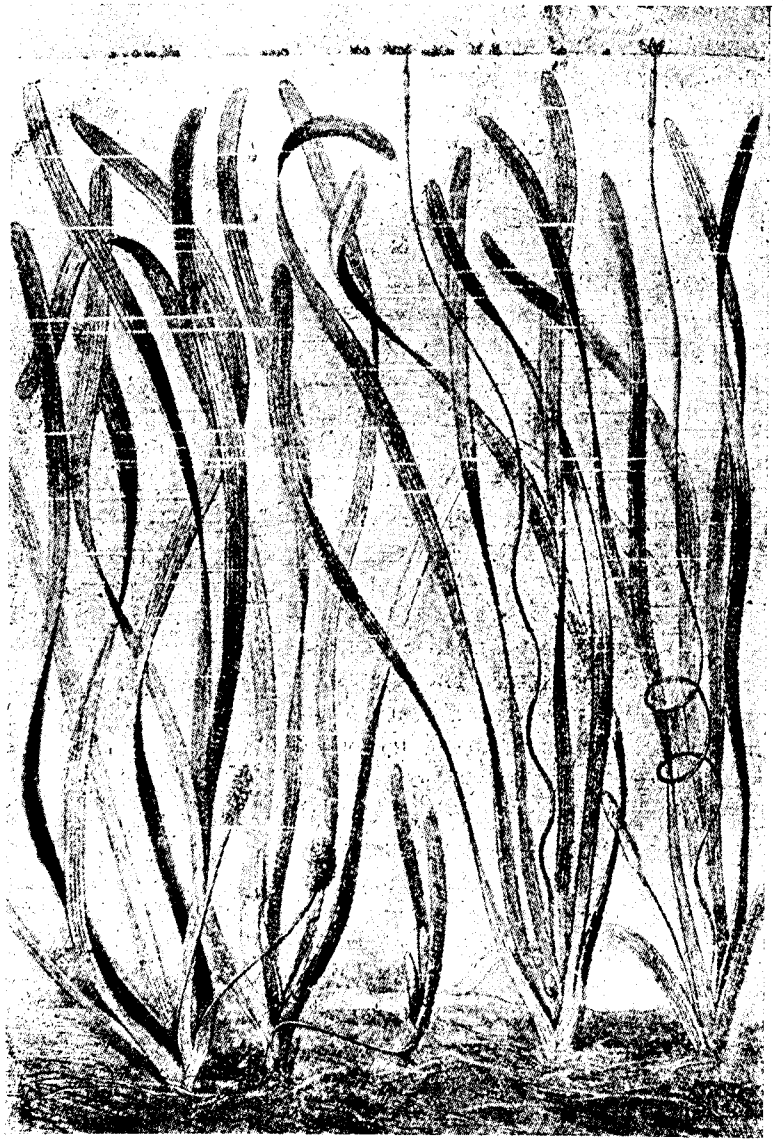


Рис. 357. Водяное растеніе — *Vallisneria spiralis*, съ прямостоячими подводными стеблями.

либо при помощи различныхъ приспособленій цѣпляются за другія растенія или вертикально стоящіе предметы и только такимъ образомъ поднимаются кверху, образуя особый типъ растеній, называемыхъ **ліанами** (см. рис. 360, 361).

Многіе альпійскіе и арктическіе кустарники образуютъ лежачіе или приподымающіеся стебли, которые ползутъ по землѣ и не вырастаютъ высоко надъ поверхностью. Ихъ стебли не растутъ въ вышину не потому, что нѣтъ у нихъ достаточныхъ механическихъ приспособленій для поддержа-

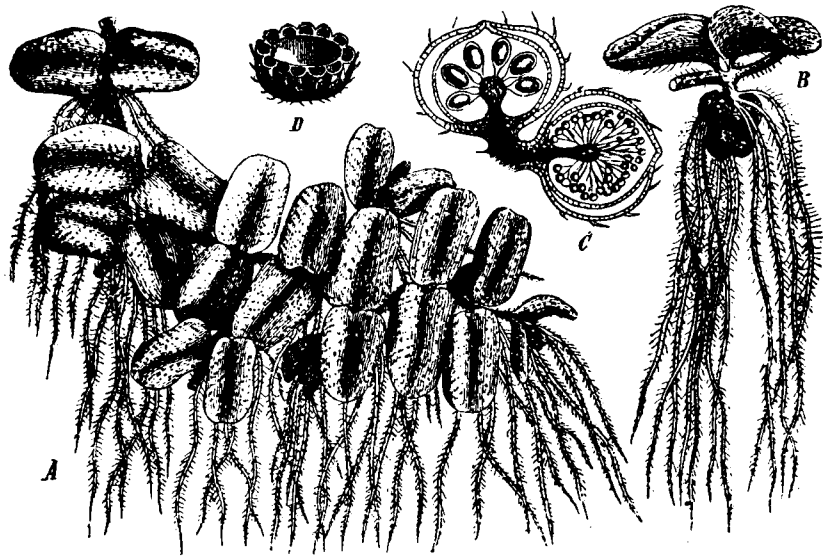


Рис. 358. Плавающее на поверхности воды водяное растеніе — *Salvinia natans*, въ естественную величину (*A*, *B*); *C*, *D* — продольный и поперечный разрѣзъ его спорокарпіевъ, въ увеличенномъ видѣ.

нія тяжести вѣтвей и листьевъ, а потому, что въ холодномъ арктическомъ или альпійскомъ климатѣ растенія, образуя лежачія стебли, прижимаются ближе къ землѣ и въ болѣе теплыхъ нижнихъ слояхъ атмосферы ищутъ защиты отъ холода; а зимою они прикрываются толстой пеленой снѣга и тѣмъ защищаютъ себя отъ лютыхъ морозовъ. Бэръ описываетъ способъ роста полярныхъ ивъ на Новой Землѣ. Въ то время, какъ у насъ нѣкоторыя ивы достигаютъ размѣровъ огромныхъ деревьевъ, толщиною въ нѣсколько обхватовъ, на Новой Землѣ ивы растутъ въ видѣ маленькихъ приземистыхъ кустарниковъ, деревянистые стебли которыхъ ползутъ по

землѣ, прячутся среди обломковъ камней, среди мха и лишаевъ, а надъ поверхностью земли выставляютъ лишь коротенькія вѣточки, съ 2—3 листочками и маленькой сережкой мужскихъ или женскихъ цвѣтовъ и плодовъ (см. рис. 355). И, несмотря на карликовый ростъ свой, такія полярныя ивы достигаютъ иногда весьма почтеннаго возраста, судя по годовымъ слоямъ ихъ древесины.

Другія растенія образуютъ **ползучіе стебли**, прикрѣпляющіеся къ почвѣ придаточными корешками, выпускаемыми узлами этихъ стеблей на сторонѣ, обращенной къ почвѣ. Третьи образуютъ **плети, усы**, т. е. очень длинные, лежачіе на землѣ стебли, съ длинными междоузліями; при помощи плетей этихъ нерѣдко такія растенія размножаются вегетативнымъ путемъ, какъ, напримѣръ, наша земляника (*Fragaria vesca*) (см. рис. 356), клубника и мн. др. растенія. Водяныя растенія имѣютъ прямостоячіе стебли, но съ слабо развитой механической тканью, и поддерживаются въ б. и. м. вертикальномъ положеніи въ водѣ лишь пассивно, самой же водой (см. рис. 357). У другихъ водяныхъ растеній имѣются въ стебляхъ механическія ткани, и они выносятъ свои стебли даже надъ водой, продолжая и въ воздухѣ расти вертикально. Но третьи водяныя растенія имѣютъ столь слабыя въ механическомъ отношеніи стебли, что, пока они растутъ подъ водой, они наклоняются въ сторону теченія, а доросши до поверхности воды, распространяются по ней въ видѣ **плавающихъ** на водѣ **стеблей**, поддерживаемыхъ въ своемъ положеніи широкой поверхностью плавающихъ на

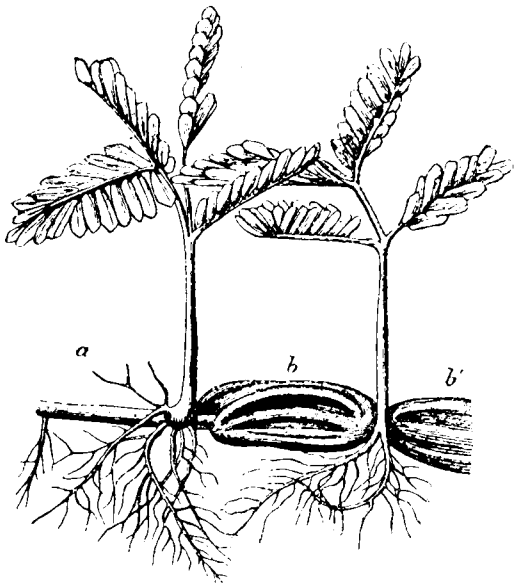


Рис. 359. Плавающій на поверхности воды стебель *Desmanthus natans* въ естеств. величину; *b*, *b'* — плавательные пузыри.

водѣ листьевъ (см. р. 358). У нѣкоторыхъ плавающихъ растеній образуются даже особые плавательные органы, своего рода какъ бы **плавательные пузыри**, наполненные воздухомъ и



Рис. 360. Тропическая ліана — *Anamirta Cocculus*, изъ сем. *Menispermaceae*, въ $^1/_3$ естественной величины.

уменьшающіе удѣльный вѣсъ растенія, какъ это мы видимъ, напримѣръ, у *Desmanthus natans* (см. рис. 359).

Ліаны свойственны главнымъ образомъ тропическимъ странамъ, но встрѣчаются и въ умѣренномъ поясѣ земного шара.

Подъ тропиками насчитывается до 2000 видовъ ліанъ (см. рис., нпрм., 360), въ умѣренномъ поясѣ всего до 200. Тропическіе лѣса зачастую совершенно непроходимы отъ окуты-

вающихъ ихъ разнообразныхъ ліанъ (см. рис. 361). Высоко взбираются онѣ на деревья, свѣшиваютъ оттуда свои гибкія эластичныя вѣтви, иногда обильно покрытыя цвѣтами или поникающія подъ тяжестью плодовъ, опутываютъ густой сѣтью кроны деревьевъ, непролазными проволочными загражденіями распространяются по опушкамъ лѣса, такъ что пробраться въ такой лѣсъ, опутанный ліанами, можно лишь съ огромнымъ трудомъ и только при помощи топора. У насъ въ Россіи ліаны сильно развиты въ лѣсахъ древней Колхиды, въ

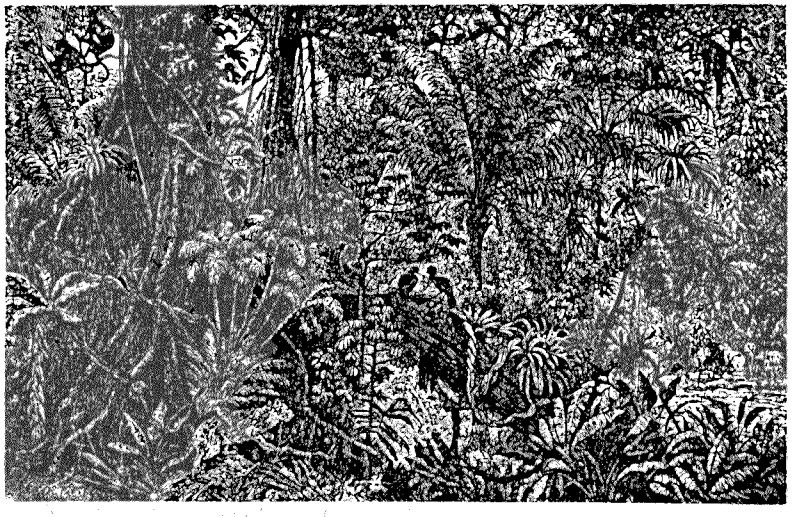


Рис. 361. Общій видъ тропическаго лѣса Бразиліи, состоящаго изъ смѣси разнообразныхъ вѣчнозеленыхъ древесныхъ породъ, обвитыхъ ліанами и усаженныхъ эпифитами.

западномъ Закавказьѣ. Буковые и каштановые лѣса Абхазіи (см. рис. 374) положительно непроходимы отъ чащи ліанъ. По опушкамъ ихъ массами растетъ колючая ежевика, перепутавшаяся сама своими длинными плетями и запутавшая колючими плетями этими всѣ кустарники, растущіе у опушки. По деревьямъ цѣпляется еще болѣе колючая сассапариль. Ея длинныя вѣтви крѣпки и тверды, какъ проволока. И проволока эта, точно гвоздями, со всѣхъ сторонъ усажена острыми твердыми колючками. Виноградъ (см. рис. 366) высоко взбирается по деревьямъ колхидскаго лѣса и вмѣстѣ съ сассапарилью цѣпляется за сучья и вѣтви деревьевъ своими цѣпкими усиками, свѣшивая оттуда свои сочныя гроздья. Хмель (см. рис. 363, 365),

вьюнокъ (см. рис. 365), периплока, діоскорея (см. рис. 362) и другія вьющіяся растенія обвиваются вокругъ стволовъ и вѣтокъ деревьевъ, забираются высоко въ кроны и перепутываютъ ихъ такъ, что разобраться въ этомъ хаосѣ вѣтвей, стеблей, листьевъ, колючекъ положительно невозможно. Черезъ дѣвственный колхидскій лѣсъ можетъ пробраться лишь туземецъ-черкесъ, но и то съ огромнымъ кинжаломъ въ рукѣ и поцарапавъ все лицо, руки и ноги до крови, разорвавъ бешметъ свой въ лохмотья. . . . .



Рис. 362. *Dioscorea caucasica.* По экземпляру, выращенному въ Юрьевскомъ Ботаническомъ Саду.

По способу роста своего ліаны могутъ быть подраздѣлены на нѣсколько біологическихъ типовъ. Первый типъ ліанъ — это ліаны съ **сплетающимися стеблями** (stirps plectens). Онѣ образуютъ длинные, упругіе, но не стойкіе стебли, которые сплетаются другъ съ другомъ и съ вѣтвями сосѣднихъ кустарниковъ и деревьевъ и образуютъ безпорядочную массу растительности. Очень часто стебли или листья такихъ ліанъ одѣты колючками или шипами, иногда изогнутыми и направленными назадъ. Такіе колючки и шипы дѣйствуютъ, какъ якори, задерживая гибкія, длинныя, упругія стебли этихъ растеній въ томъ мѣстѣ, до котораго они доросли и гдѣ зацѣпились. Розы, ежевика, жасминъ и др. подобные кустарники образуютъ такія сплетающіяся массы вѣтвей, растущія обыкновенно не очень высоко, но непроходимой чащей оплетающія опушки сырыхъ лѣсовъ, джунгли болотъ и подобныя мѣста. Stirps plectens нерѣдко встрѣчается и среди травянистыхъ растеній, напримѣръ, *Geranium palustre*, *Galium Aparine* и другія цѣпляющіяся тра-

вянистыя растенія. Но иногда сплетающіеся стебли достигаютъ колоссальной длины и высоко взбираются въ кроны сосѣднихъ прямостоячихъ деревьевъ. Ротанговыя пальмы (см. рис. 364), съ ихъ колючими сплетающимися стеблями, съ ихъ крупными перистыми листьями, усаженными съ нижней стороны крючковидными зацѣпками и оканчивающимися длинными сильно крючковатыми плетями, точно гарпунами, достигаютъ длины до 300 метровъ и высоко взбираются по деревьямъ тропическихъ лѣсовъ Азіи и др. странъ, густой сѣтью сплошь опутывая цѣлые лѣса.

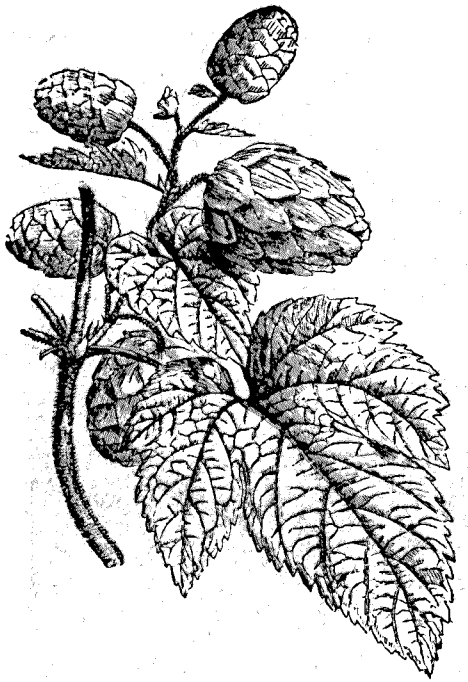


Рис. 363. Хмель — *Humulus Lupulus*, вѣтвь съ женскими соплодіями.

Второй типъ ліанъ — это ліаны съ **рѣшетчатыми стеблями** (stirps clathrans). Это очень рѣдкій типъ ліанъ. Представителемъ его можетъ быть тропическое растеніе *Fagraea obovata* изъ сем. *Clusiaceae*. У этого растенія вѣтви даютъ анастомозы, въ видѣ рѣшетокъ, и петлями такихъ рѣшетокъ зацѣпляется растеніе это за сучья, вѣтви, неровности стволовъ прямостоячихъ деревьевъ и забирается все выше и выше, поближе къ свѣту и свѣжему воздуху.

Вьющіеся стебли (stirps volubilis) — довольно распространенный типъ ліанъ какъ тропическаго, такъ и умѣреннаго климата (см. рис. 360, 362, 363, 365). Травянистыя растенія, полукустарники и даже деревянистыя растенія обладаютъ такими вьющимися стеблями, изъ которыхъ одни (большинство) вьются справа налѣво, напримѣръ, фасоль, вьюнокъ (см. рис. 365, *B*), немногія же другія слѣва направо,

напримѣръ, хмель (см. рис. 363, 365, *A*). Это обвиваніе происходитъ при помощи особыхъ нутаціонныхъ движеній верхушки стебля такихъ вьющихся растеній. Молодая растущая

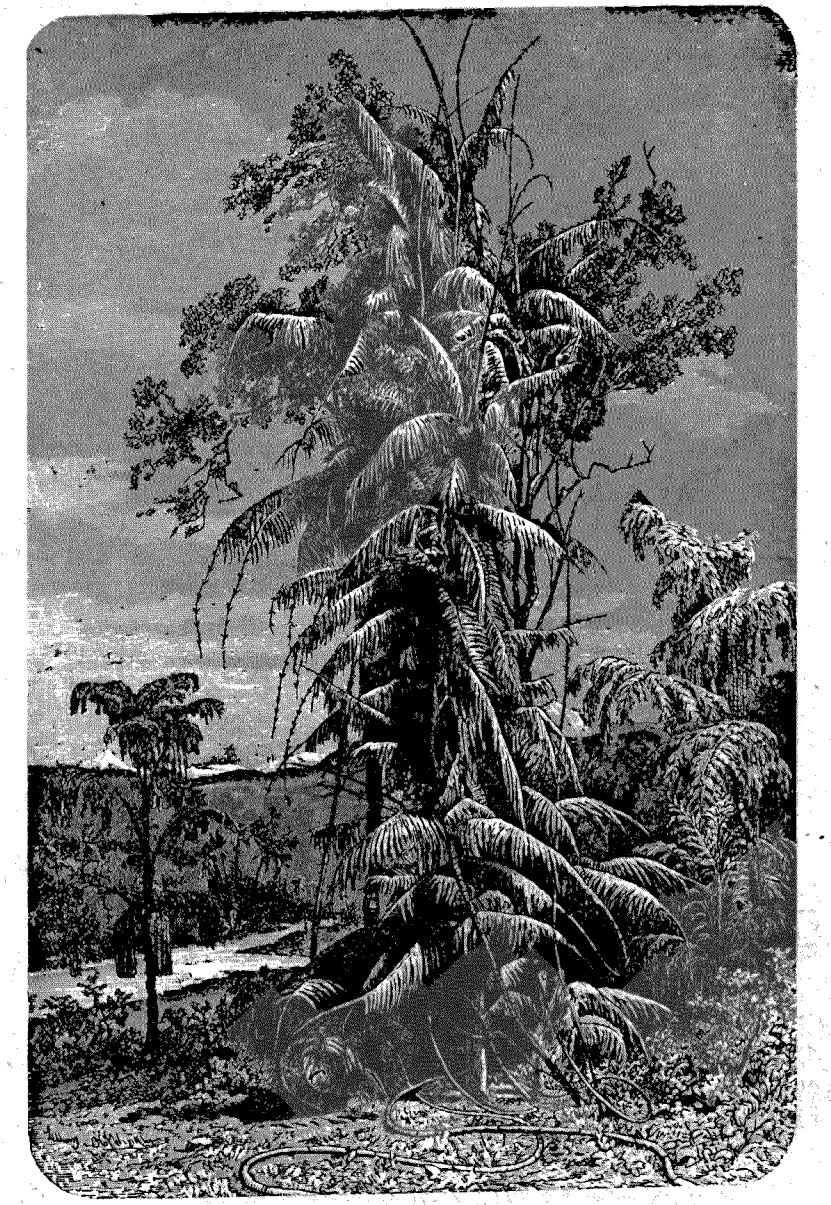


Рис. 364. Ротанговая пальма-ліана на островѣ Явѣ.

асть стебля на значительномъ протяженіи отогнута въ сторону и растетъ не прямо кверху, а медленно перемѣщается по кругу, производя въ теченіе нѣсколькихъ часовъ полный оборотъ, ища какъ бы опоры. Если таковая при этомъ попадется на пути нутирующаго конца стебля, то стебель обвивается вокругъ нея по тому именно направленію, по которому происходила нутація, а направленіе это постоянно для каждаго даннаго растенія. Завитки обвивающагося растенія, вначалѣ рыхлые и сближенные между собою, затѣмъ постепенно выпрямляются, и стебель очень плотно прижимается къ опорѣ, вокругъ которой вьется, къ проволокѣ, веревкѣ или стеблю другого прямостоячаго растенія. Это объясняется тѣмъ, что въ болѣе выросшихъ частяхъ вьющагося стебля появляется отрицательный геотропизмъ, свойственный прямо вверхъ растущимъ стеблямъ, но котораго не было еще у нутирующаго стебля, и эта болѣе взрослая часть стебля стремится теперь расти прямо кверху, подтягивая образованные имъ вокругъ опоры завитки. Сама же нутація кончика вьющагося стебля объясняется тѣмъ, что кончикъ этотъ поочередно растетъ сильнѣе на одной лишь своей сторонѣ, а на противоположной сторонѣ ростъ его, наоборотъ, замедляется. Такая нутація стебля называется круговою, обвиваніе же стеблей вьющихся растеній вокругъ подпорокъ полезно потому, что при этомъ растеніе выноситъ высоко къ свѣту свои листья, но имѣетъ стебель очень тонкій, затрачивая на построеніе его очень мало

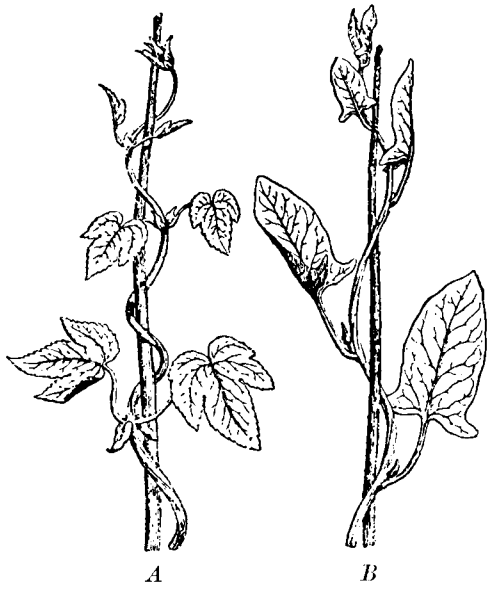


Рис. 365. Вьющіеся стебли: *A* — хмеля *(Humulus Lupulus)*, вьется вправо, и *B*—вьюнка *(Convolvulus arvensis)*, вьется влѣво.

матеріала и сравнительно слабо развивая механическую ткань.

Того же самого достигаютъ и другія ліаны, имѣющія очень слабый стебель, но поднимающіяся всетаки высоко къ свѣту, благодаря усикамъ, образующимся либо на стебляхъ, либо на листьяхъ. Такія ліаны имѣютъ, слѣдовательно, **стебли, снабженные усиками** (stirps cirrhosus), и тоже нерѣдко встрѣчаются какъ среди тропической растительности, такъ и среди растительности умѣреннаго климата. Кончики усиковъ, напримѣръ, у винограда (см. рис. 366) или *Sicyos angulatus* (см. рис. 367) нутируютъ, описываютъ круговыя движенія, пока не зацѣпятся за какую-либо точку опоры. Тогда основная часть усика начинаетъ штопорообразно закручиваться и подтягиваетъ стебель къ этой опорѣ. У нѣкоторыхъ растеній, напримѣръ, у *Ampelopsis* (см. рис. 368), усики обладаютъ на концѣ чувствительными клѣтками и, прикоснувшись кончиками своими къ какому-либо твердому предмету, они разрастаются въ особыя щупальца или присоски, которыми плотно прирастаютъ къ стѣнѣ или корѣ деревьевъ, а затѣмъ основная часть усика такъ же штопорообразно завивается и подтягиваетъ слабый стебель растенія къ этой опорѣ. У такихъ растеній стебли какъ бы прижаты къ стѣнѣ или къ корѣ крупныхъ деревьевъ и все выше и выше взбираются по такой опорѣ, отыскивая какъ можно больше свѣта для своихъ листьевъ.

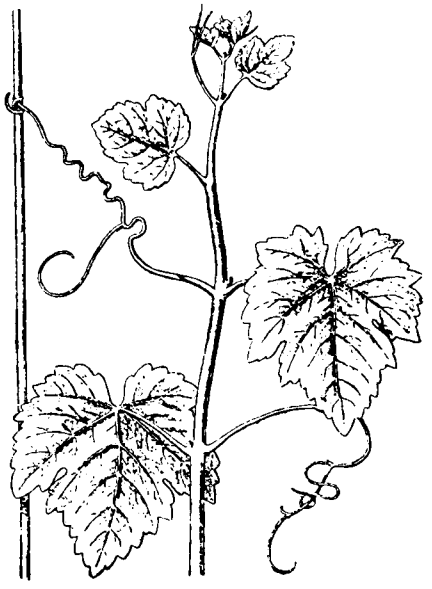


Рис. 366. Стебель винограда съ вѣточками, метаморфозированными въ усики.

Пятый и послѣдній типъ ліанъ — это ліаны съ **лазящимъ стеблемъ** (stirps radicans). Ліаны эти также весьма плотно обрастаютъ цѣлымъ ковромъ вертикальныя

стѣны, скалы, стволы высокихъ деревьевъ, прикрѣпляясь къ нимъ придаточными воздушными корешками, вырастающими изъ узловъ слабыхъ самихъ по себѣ стеблей этихъ растеній, что мы видимъ, напримѣръ, у плюща, у нѣкоторыхъ лазящихъ тропическихъ фикусовъ (*Ficus radicans*, *F. stipulacea*) и у многихъ другихъ растеній.

Ліанамъ не только очень выгодно расти высоко, такъ или иначе зацѣпляясь за разныя опоры, каковыми обыкно-

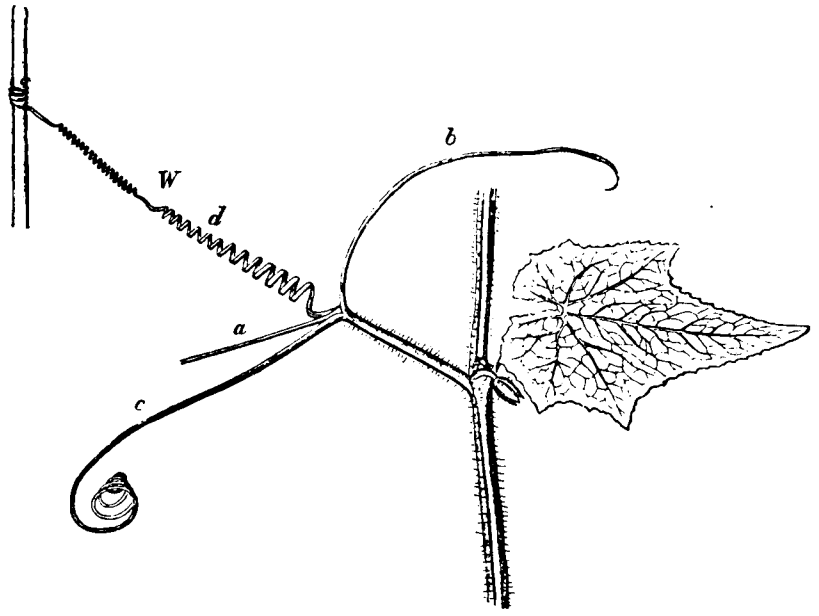


Рис. 367. Побѣгъ *Sicyos angulatus* съ усикомъ: *a*, *b*, *c*, *d* — развѣтвленія усика; *W* — мѣсто перехода одной спирали усика въ другую.

венно въ природѣ являются другія прямостоячія растенія, но это прямо необходимо имъ для правильнаго или нормальнаго развитія. Если мы какимъ-либо вьющимся или цѣпляющимся растеніямъ не дадимъ опоры для взбиранія вверхъ, то, хотя бы почва, на которой растенія эти растутъ, была вполнѣ плодородная, и достаточно вокругъ было бы свѣта, такія растенія будутъ расти слабо и плохо, распространяя стебли свои по землѣ. Но какъ только приладимъ мы вблизи ихъ точку опоры, поставимъ жердочки, на которыя могли бы взбираться такія растенія, или протянемъ снизу вверхъ веревки или проволоки, растенія эти сейчасъ же начинаютъ

виться или цѣпляться вокругъ этихъ опоръ и вмѣстѣ съ тѣмъ начинаютъ гораздо лучше развиваться и успѣшнѣе расти.

Различныя растенія имѣютъ различную **долговѣчность**, и, сообразно съ этимъ различной долговѣчностью пользуются и ихъ стебли. Однолѣтнія растенія или растенія эфемерныя имѣютъ какъ однолѣтніе корни, такъ и стебли. На приложенномъ рисункѣ (см. рис. 369) изображено однолѣтнее растеньице изъ арктическихъ странъ, называемое *Koenigia islandica*, и мы видимъ, какую ничтожную величину и незначительное развитіе имѣютъ его корни и стебли. У двулѣтнихъ растеній корень живетъ два года, а развитой стебель, приносящій въ концѣ концовъ цвѣты и плоды, развивается лишь на второй годъ жизни растенія и существуетъ одинъ всего вегетаціонный періодъ, слѣдовательно, онъ однолѣтній.

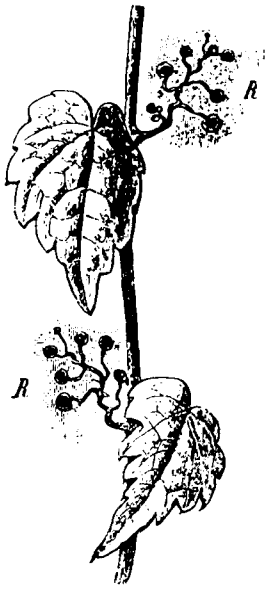


Рис. 368. Стебель дикаго винограда (*Ampelopsis Veitchii*), у котораго усики образовали на концѣ вздутія, въ видѣ присосковъ или подушечекъ (*R*).

Имѣется много такъ называемыхъ многолѣтниковъ или многолѣтнихъ травянистыхъ

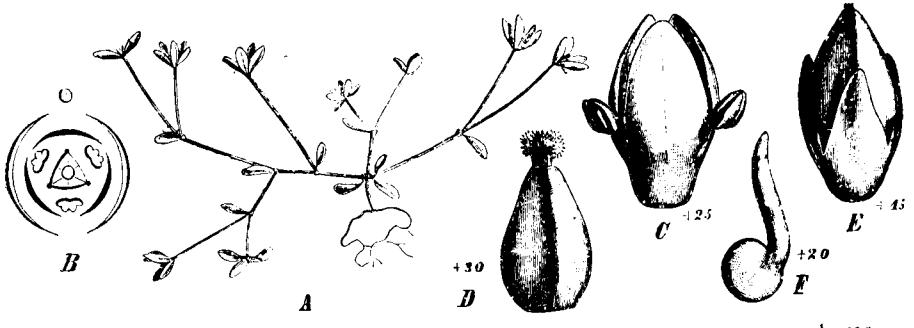


Рис. 369. *A* — *Koenigia islandica* изъ арктическихъ странъ: однолѣтнее растеніе въ естественную величину, *B* — діаграмма цвѣтка, *C* — цвѣтокъ, *D* — завязь со столбикомъ и рыльцемъ, *E* — зрѣлый плодъ, *F* — сѣмя; фиг. *C*—*F* увеличены въ 15—30 разъ.

растеній. У нихъ корни и подземные стебли (корневища) многолѣтни и деревянисты, но травя-

нистый надземный стебель ихъ однолѣтній и по окончаніи лѣта засыхаетъ и отмираетъ, тогда какъ жизнь подземныхъ частей продолжается много лѣтъ кряду (см. рис. 370).

У полукустарниковъ, кустарниковъ и деревьевъ стебли также многолѣтни, но однолѣтними могутъ быть иногда нѣкоторыя ихъ боковыя (напримѣръ, пло-

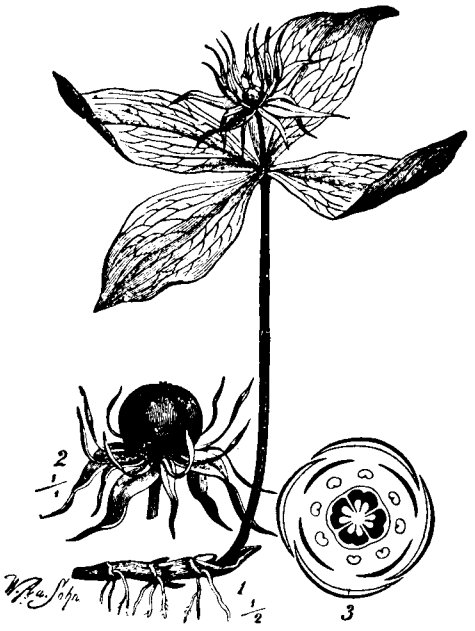


Рис. 370. Вороній глазъ — *Paris quadrifolia*: *1* — цѣлое растеніе съ многолѣтнимъ корневищемъ и однолѣтнимъ травянистымъ стеблемъ, 2 — плодъ, 3 — діаграмма.

дущія) вѣточки, которыя, совершивъ свою функцію, отмираютъ и опадаютъ.

Наиболѣе глубокаго возраста, наибольшей высоты и толщины достигаютъ стебли многихъ деревьевъ. У деревьевъ мы отличаемъ **стволъ** и **крону.** Стволъ дерева можетъ быть либо главнымъ стеблемъ растенія (при моноподіальномъ вѣтвленіи дерева), либо стеблемъ, образованнымъ изъ вѣтвей разныхъ порядковъ (при вѣтвленіи симподіальномъ). Стволы нѣкоторыхъ деревьевъ достигаютъ замѣчательно глубокаго

возраста. Такъ, драконовое дерево (см. рис. 371) живетъ до 6000 лѣтъ, баобабъ (см. рис. 372) до 5000 лѣтъ. Одному старому платану (см. рис. 430) въ Константинополѣ насчитали



Рис. 371. Драконовое дерево — *Dracaena Draco*, изъ Оротовы на остр. Тенерифѣ.

4000 лѣтъ возраста. Слѣдующая табличка показываетъ предѣльный возрастъ нѣкоторыхъ другихъ деревьевъ:

Taxodium mexicanum . . .	4000 лѣтъ
Кипарисъ	3000 „
Taxus baccata (тиссъ) . . .	3000 „
Каштанъ (см. рис. 375) . .	2000 „

Дубъ	2000 лѣтъ
Ливанскій кедръ	2000 „
Ель	1200 „
Липа	1000 „



Рис. 372. Баобабъ — *Adansonia digitata*, изъ тропической Африки.

Кедръ	700 лѣтъ
Лиственница	600 „
Сосна	570 „
Букъ (см. рис. 374)	300 „
Грабъ	150 „



Рис. 373. Группа *Sequoia gigantea* изъ Калифорніи.



Рис. 374. Общій видъ лѣса по Черноморскому побережью Кавказа, между Сочи и Догомысомъ. На первомъ планѣ букъ (*Fagus orientalis*).

Нѣкоторыя растенія имѣютъ гигантской длины стебли. Мы уже упоминали раньше, что стебли ліановой пальмы — ротанги *(Calamus Rotang)*, растущей въ восточной Индіи, достигаютъ почтенной длины въ 300 метровъ (см. рис. 364). Изъ прямостоячихъ деревьевъ наиболѣе высокими считаются растущіе въ Австраліи эукалипты, достигающіе высоты 140 метровъ. Одно изъ высочайшихъ хвойныхъ деревьевъ — это знаменитая растущая въ Калифорніи *Sequoia gigantea* (см. рис. 373), достигающая 120 метровъ высоты.

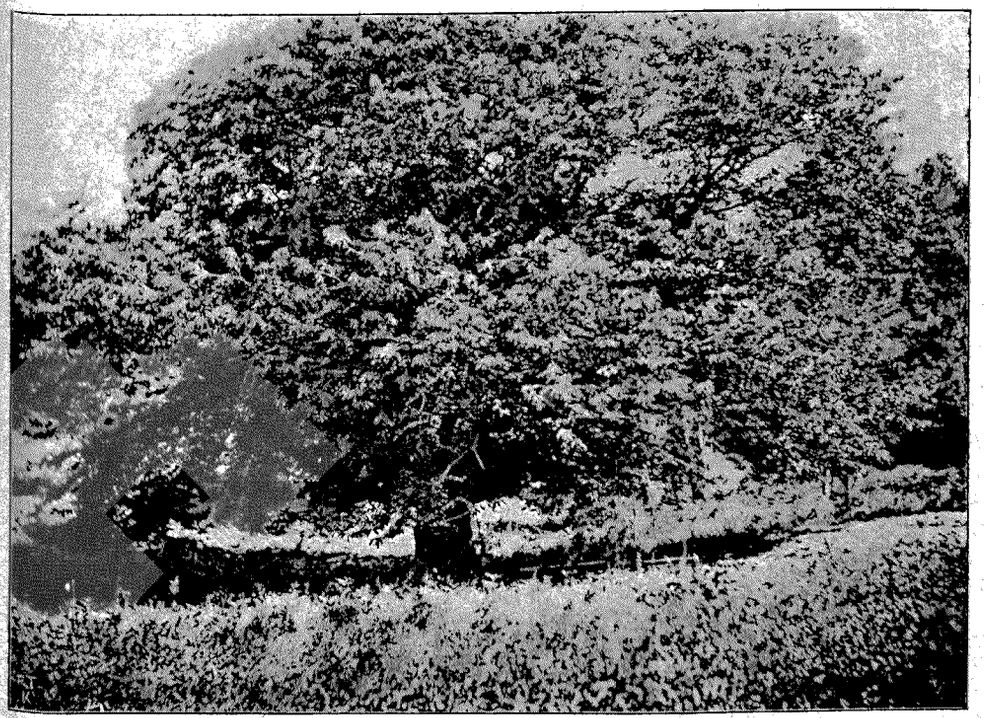


Рис. 375. Исполинскій каштанъ *(Castanea vulgaris)* въ цвѣту, на Черноморскомъ побережьѣ Кавказа, въ Кучукъ-Дере.

Растущіе въ Африкѣ по саваннамъ баобабы (см. рис. 372) и въ Мексикѣ по болотистымъ лѣсамъ *Taxodium distichum* наиболѣе толстыя деревья. Ихъ стволы достигаютъ 10—12 метровъ въ толщину, что представляетъ величину весьма и весьма почтенную.

Лекція тридцать вторая.

Метаморфозы стебля.

Стебель, по существу своему,— надземный органъ, такъ же, какъ корень — органъ подземный. Но мы видѣли уже раньше, что растенія въ дальнѣйшемъ приспособленіи своемъ къ особымъ условіямъ существованія сумѣли выработать не только различные типы подземныхъ корней, но и корни надземные, воздушные. Также и стебли, съ другой стороны, бываютъ



Рис. 376. Стелющіеся надземные стебли земляники — *Fragaria vesca.*

не только надземные, но и подземные. Подземныхъ стеблей бываетъ нѣсколько типовъ, и они, на первый взглядъ, совершенно не похожи на обыкновенные надземные стебли, иначе говоря, они представляютъ стебли метаморфозированные, измѣнившіеся, приспособившіеся къ новой средѣ обитанія и къ особымъ задачамъ подземнаго образа жизни.

Наиболѣе распространенный типъ подземныхъ стеблей, это, такъ называемыя, **корневища**, свойственныя большинству травянистыхъ растеній, именно многолѣтнимъ травамъ или многолѣтникамъ (Stauden — по-нѣмецки). Въ простѣйшемъ случаѣ корневище представляетъ какъ бы лежачій стебель, подобно, напримѣръ, плетямъ и усамъ многихъ растеній (см. рис. 376), но растущій не по землѣ, а подъ

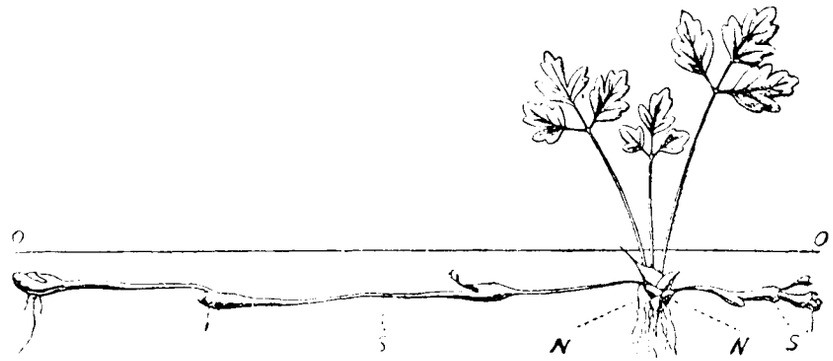


Рис. 377. Стелющіеся подземные стебли (корневища — *S*) *Adoxa Moschatellina*; *O—O* — поверхность земли; *N*, *N* — подземные листья — чешуйки.

землею (см. рис. 377). Какъ и надземный стебель, онъ имѣетъ длинныя тонкія междоузлія и болѣе толстые узлы. Къ узламъ этимъ прикрѣпляются листья, но такъ какъ подъ землею листья нормальнаго типа, зеленые, широкіе, развиваться не могутъ, то листья, сидящіе на узлахъ корневища, метаморфозировались въ безцвѣтныя небольшія чешуйки (*N*, *N*), и въ пазухахъ этихъ чешуекъ сидятъ боковыя или пазушныя почки такъ же, какъ и у надземнаго стебля. Гораздо чаще, однако, корневища представляютъ б. и. м. сильно утолщенные подземные органы, подземные стебли (см. рис. 378), на которыхъ тоже можно всегда отличить узлы и междоузлія, только междоузлія эти часто бываютъ

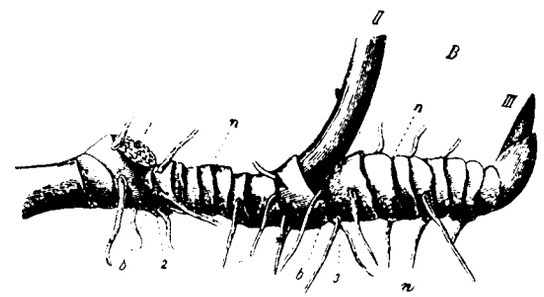


Рис. 378. Корневище *Polygonatum officinale*: *I* — слѣдъ прошлогодняго надземнаго побѣга; *II* — побѣгъ даннаго года, служащій продолженіемъ оси корневища *2*; *III* — верхушка оси *3*, изъ которой разовьется въ будущемъ году надземный побѣгъ: *n* — листья корневища; *b—b* — листья, въ пазухахъ которыхъ образовались побѣги *II* и *III*; *w* — корни.

укороченныя, а узлы сближенные; на такихъ узлахъ всегда можно замѣтить боковые листовые органы, въ видѣ безцвѣтныхъ, желтоватыхъ или бурыхъ чешуекъ (*n*). Отъ узловъ корневища, а иногда и отъ междоузлій, отходятъ вертикально внизъ придаточные корни (*w*), само же корневище растетъ обыкновенно подъ землею горизонтально, удлиняясь на одномъ концѣ и отмирая на другомъ (см. рис. 379, 381); вслѣдствіе этого растенія, снабженныя корневищами, медленно, а иногда и довольно сравнительно быстро, перемѣщаются съ мѣста на мѣсто, и новый надземный стебель выходитъ изъ

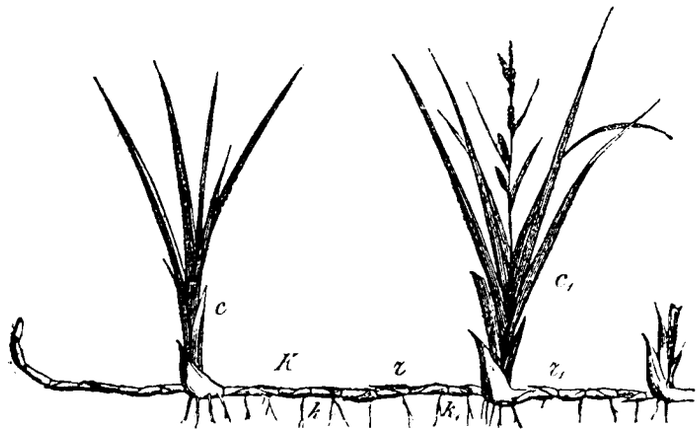


Рис. 379. Корневище осоки (*Carex*).

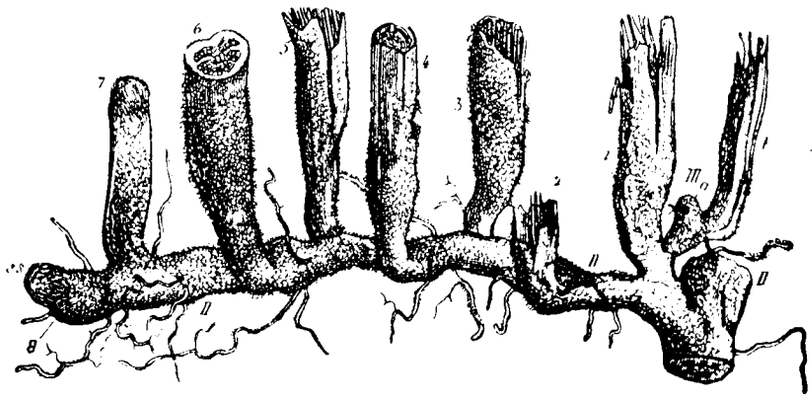


Рис. 380. Корневище папоротника — *Pteris aquilina*: *ss* — молодая вершина его, *1—6* — основанія листьевъ, *7* — самый молодой листъ.

земли не на томъ мѣстѣ, гдѣ росъ стебель прошлогодній или вообще раньше образовавшійся. Иногда и листья, залагающіеся на узлахъ корневища, не остаются подъ землею въ видѣ незначительныхъ чешуекъ, какъ это мы видимъ, напримѣръ, на корневищѣ осоки (см. рис. 379, *r*, r_1), а черешки ихъ вытягиваются, и каждый листъ узла корневища выходитъ изъ земли и вырастаетъ въ нормальный зеленый листъ, какъ это, напримѣръ, мы видимъ на корневищахъ многихъ папоротниковъ (см. рис. 380). Корневища папоротниковъ, слѣдовательно, даютъ и надземные листья (рис. 380, *1—7*), и боковыя вѣтви (рис. 380, *II*, *III*), образующія развѣтвленія того-же корневища. У другихъ растеній корневища время отъ времени даютъ, кромѣ мелкихъ чешуйчатыхъ подземныхъ листьевъ, крупные зеленые надземные листья и однолѣтніе надземные цвѣточные побѣги или цвѣточныя стрѣлки, какъ это можно видѣть, напримѣръ, у нашей весенней *Anemone nemorosa* (вѣтряницы) или у *Hydrastis canadensis* (см. рис. 381).

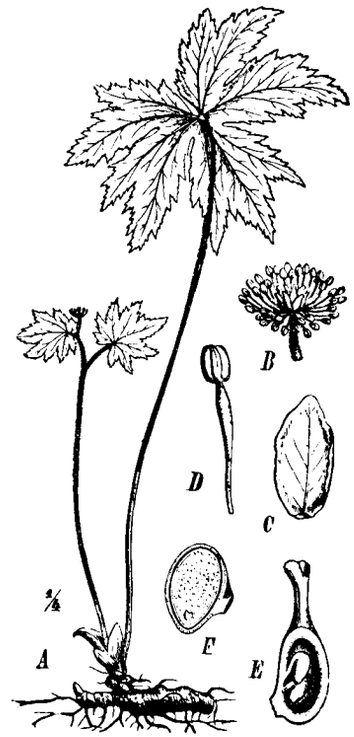


Рис. 381. *Hydrastis canadensis*: *A* — цѣлое растеніе съ корневищемъ, *B* — цвѣтокъ, *C* — лепестокъ, *D* — тычинка, *E* — пестикъ въ продольномъ разрѣзѣ, *F* — сѣмя въ продольномъ разрѣзѣ.

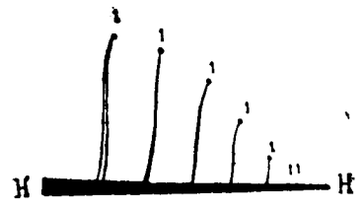


Рис. 382. Схема неопредѣленнаго корневища.

Подобно стеблямъ надземнымъ, **корневища** могутъ быть **моноподіальныя** или **неопредѣленныя** и **симподіальныя** или **опредѣленныя.** Неопредѣленное корневище (см. рис. 382) представляетъ на всемъ своемъ протяженіи одинъ стебель и растетъ все дальше и дальше подъ землею верхушечною почкою, надземный же побѣгъ у такихъ

корневищъ образуется ежегодно изъ одной изъ пазушныхъ почекъ (см. также рис. 380). Опредѣленное корневище, наоборотъ, состоитъ изъ побѣговъ разнаго порядка и составляетъ ложную ось (см. рис. 383). Въ такомъ корневищѣ ежегодно верхушечная почка, загибаясь кверху, даетъ надземный стебель, а само корневище разрастается далѣе подъ землею изъ боковой почки (см. рис. 378).

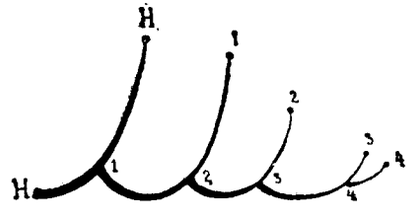


Рис. 383. Схема опредѣленнаго корневища.

Корневища, подобно корнямъ, служатъ для прикрѣпленія растеній къ субстрату и для передачи въ стебли и листья питательныхъ веществъ, добытыхъ изъ земли корнями. Развѣтвляясь, корневища способствуютъ вегетативному размноженію растеній. Вмѣстѣ съ тѣмъ это одно изъ распространенныхъ приспособленій растеній для перезимовыванія или для сохраненія травянистаго растенія во время засушливаго времени года, когда всѣ наружныя части его засыхаютъ и отмираютъ, а растеніе сохраняется въ состояніи покоя подъ землею. Наконецъ, въ большинствѣ случаевъ корневища являются своего рода кладовыми или амбарами растеній, куда эти послѣднія складываютъ на зиму или вообще на время покоя богатые запасы готовыхъ органическихъ соединеній — крахмала, бѣлковыхъ соединеній и т. д. Оттого многія корневища и бываютъ особенно толстыя (см. рис. 378, 380, 381). Корневище нерѣдко бываетъ также похоже на корень (см. рис. 384), но его всегда можно отличить отъ корня по присутствію зачаточныхъ листовыхъ органовъ и узловъ и междоузлій.


Рис. 384. Вертикальное корневище.

Другая форма подземнаго стебля — это **клубни**. Клубни встрѣчаются рѣже корневищъ и представляютъ утолщенный стебель или даже чаще всего лишь утолщенную часть стебля (см. рис. 385, *tb*), обильно наполненную запасными питательными органическими веществами и имѣющую узлы и междоузлія, а на узлахъ едва замѣтные метаморфозированные листовые органы, въ видѣ очень маленькихъ чешуекъ. Въ пазухахъ такихъ чешуекъ сидятъ боковыя почечки, такъ называемые **глазки** (*br*), изъ которыхъ при благопріятныхъ условіяхъ могутъ вырасти новые подземные или надземные стебли. Не всегда, однако, клубни стеблевого происхожденія. Мы видѣли на одной изъ предыдущихъ лекцій клубни георгины (см. рис. 308) корневого происхожденія. Наоборотъ, клубни картофеля (см. рис. 385) происхожденія стеблевого. По присутствію или отсутствію глазковъ, узловъ и междоузлій всегда можно рѣшить, имѣемъ ли мы дѣло съ клубнями стеблевого или корневого происхожденія. На клубняхъ картофеля глазки видны очень хорошо. Также хорошо видно у картофеля, что въ образованіи его клубней корни (см. рис. 385, *r*, *r*) никакого участія не принимаютъ. Клубни или картофелины (*tb*) развиваются изъ тонкихъ подземныхъ стеблей, несущихъ чешуйчатые листья (*ec*) и утолщающихся на концахъ. Каждый клубень (*tb*) состоитъ изъ нѣсколькихъ междоузлій, а глазки (*br*) помѣщаются на днѣ особыхъ ямокъ (листовыхъ пазухъ). У картофеля образуется подъ землею много клубней. Но у нѣкоторыхъ растеній, напримѣръ, у нашихъ на-

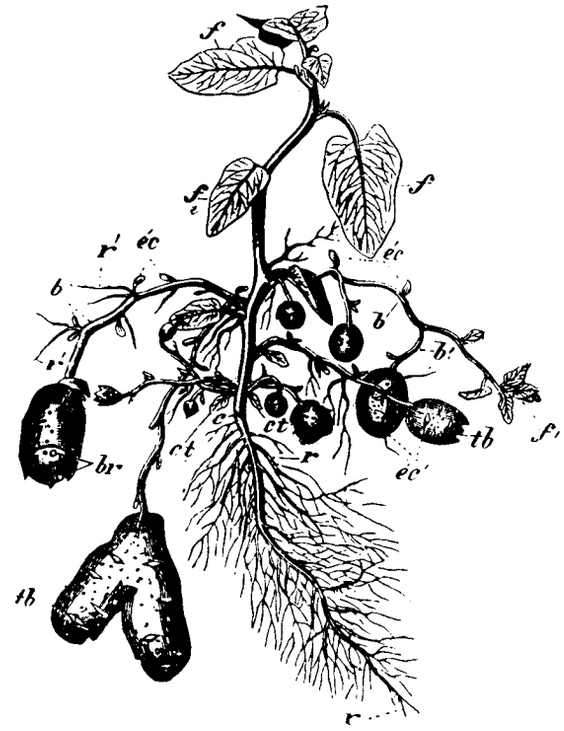


Рис. 385. Развитіе картофельныхъ клубней: *ct* — сѣмядоли, *f* — зеленые листья, *b* — подземныя вѣтви съ низовыми листьями *ec*, *tb* — клубни, *br* — глазки (почки).

земныхъ орхидныхъ, образуется у одного растенія всегда только пара клубней, округлыхъ или лопастныхъ (см. рис. 386), причемъ одинъ клубень старый, прошлогодній, другой новый, текущаго года. Старый клубень оканчивается цвѣтущимъ побѣгомъ (*b*), вырастающимъ на счетъ запасного питательнаго вещества клубня, отложеннаго въ немъ въ предыдущемъ году; этотъ старый клубень дряблый и послѣ отмиранія цвѣтущаго побѣга и самъ отмираетъ. Молодой же клубень плотный, твердый, клѣтки его обильно и туго набиты питательными органическими веществами; онъ заканчивается одной всего почкой (*k*), изъ которой на слѣдующій годъ разовьется новый цвѣтущій побѣгъ.

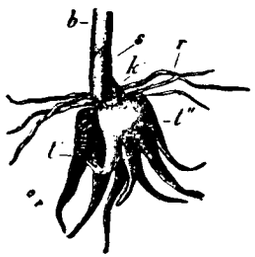


Рис. 386. Клубни орхиднаго — *Orchis latifolia*: *b* — стебель, *t'* — старый, *t''* — молодой клубень, *k* — почка, *s* — низовой листъ, *r* — корни.

Подземнымъ метаморфозированнымъ листостебельнымъ побѣгомъ является также **луковица**. Луковицы встрѣчаются

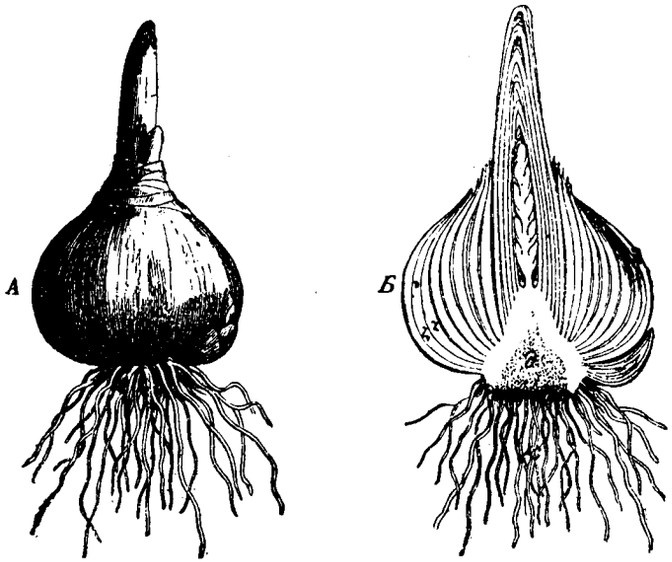


Рис. 387. Пленчатая луковица гіацинта цѣликомъ (*А*) и въ продольномъ разрѣзѣ (*Б*): *r*, *r* — луковичныя чешуи, *d* — донце, *k* — придаточные корни.

у многихъ однодольныхъ растеній, напримѣръ, въ сем. лилейныхъ *(Liliaceae)*. Это тоже утолщенный подземный органъ, но въ образованіи утолщенія этого принимаютъ главное участіе подземные мясистые листья. Если разрѣзать луковицу пополамъ вдоль (см. рис. 387, *Б*), то мы увидимъ въ ней низкую, широкую, въ разрѣзѣ треугольную часть, называемую **донцемъ** (*d*). Это стеблевая часть луковицы. Она выпускаетъ съ нижней стороны своей много подземныхъ придаточныхъ корешковъ. Но главную массу луковицы составляютъ безцвѣтные мясистые метаморфозированные листья (*r*, *r*), называемые **питающими** или **луковичными чешуями.** Верхушка донца занята будущимъ надземнымъ стеблемъ, на которомъ въ зачаточномъ видѣ заложены даже цвѣты растенія. Если луковицу посадить въ сырую землю, то самыя верхнія луковичныя чешуи вырастаютъ въ зеленые надземные листья растенія, а зачаточный стебель очень быстро развивается и даетъ цвѣты и плоды.

Весьма быстрое развитіе цвѣтущихъ стеблей луковичныхъ растеній объясняется тѣмъ, что въ питательныхъ чешуяхъ луковицъ отложены въ большомъ количествѣ запасныя органическія вещества и вода, а потому, подобно сѣменамъ, можно луковицу посадить даже въ дистиллированную воду, и изъ нея вырастетъ цвѣтущій побѣгъ, воспринимающій тогда пищу лишь изъ питательныхъ чешуй. Нѣкоторыя луковицы прорастаютъ даже въ сухомъ состояніи, ибо въ чешуяхъ ихъ запасены не только нужныя для питанія органическія вещества, но въ клѣткахъ ихъ имѣется въ большомъ количествѣ и вода. Луковичныя растенія живутъ въ степяхъ и пустыняхъ, отличающихся сухимъ и жаркимъ лѣтомъ. Дождливое время года приходится здѣсь лишь на весну, и вотъ весною-то и запасаются растенія эти большимъ количествомъ воды, которая скопляется въ луковичныхъ чешуяхъ; въ это же время выгоняютъ растенія эти свои листья и цвѣтущіе побѣги, готовятъ органическія соединенія въ зеленыхъ листьяхъ и вновь откладываютъ ихъ про запасъ въ луковичныхъ чешуяхъ. Быстро проходитъ весна. Сразу цѣлою массою яркихъ цвѣтовъ распустившіяся луковичныя скоро теряютъ свой нарядный брачный уборъ, и съ наступленіемъ засухи вянутъ и отмираютъ ихъ надземные стебли и листья. Луковичныя растенія какъ-бы прячутся подъ землю, гдѣ однако жизнь ихъ продолжается дальше. Въ теченіе долгой подземной жизни, во время сухого жаркаго лѣта, въ луковицахъ

происходитъ цѣлый рядъ физіологическихъ процессовъ, сопровождаемыхъ выработкою новыхъ тканей, органовъ и т. д. Къ осени въ луковицѣ развивается цвѣтущій побѣгъ будущаго года. За лѣто же въ пазухахъ луковичныхъ чешуй образуются боковыя почки, изъ которыхъ вырастаютъ со временемъ такъ называемыя **дѣтки**, т. е. маленькія луковички, при помощи которыхъ луковичныя растенія могутъ размножаться вегетативно и образовать новыя луковицы (см. рис. 388). Сама же старая луковица ежегодно образуетъ внутри себя двѣ главныхъ почки, одну, изъ которой развивается въ будущемъ году надземный цвѣтущій побѣгъ, и другую, изъ которой дальше вырастаетъ та же луковица, образуются но-

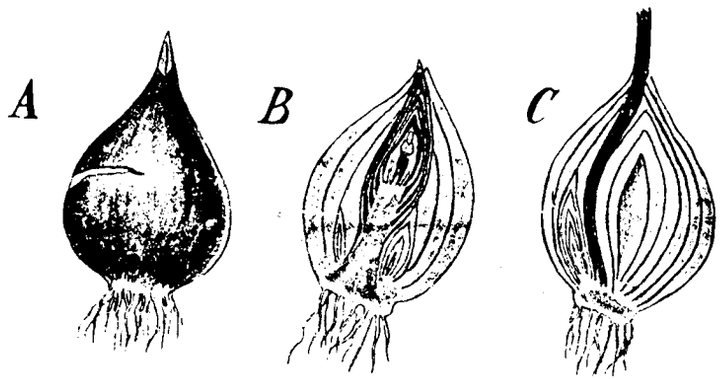


Рис. 388. Пленчатая луковица тюльпана: *A* — цѣльная, *B* и *C* — въ продольномъ разрѣзѣ, съ дѣтками.

выя ея чешуи и разрастается донце. Подобно надземнымъ стеблямъ и подземнымъ корневищамъ, и луковицы развиваются далѣе моноподіально или симподіально. **Моноподіальная** или **неопредѣленная луковица** это такая, у которой сама луковица разрастается дальше изъ верхушечной почки, а цвѣтущій побѣгъ ея изъ боковой почки (наприм., у нарцисса), а **симподіальная** или **опредѣленная луковица** такая, у которой изъ верхушечной почки разрастается цвѣтущій побѣгъ, а дальнѣйшій ростъ самой луковицы идетъ на счетъ боковой почки (напримѣръ, у тюльпана, гіацинта, лука, см. рис. 387, 388). Что касается боковыхъ почекъ, дающихъ дѣтки, то таковыхъ можетъ быть или немного (одна — см. рис. 387, двѣ — см. рис. 388) или очень много, даже по нѣскольку въ пазухѣ одной чешуи. Тогда старая луковица подъ чешуями своими,

точно насѣдка подъ крыльями, скрываетъ цѣлую массу маленькихъ луковочекъ-дѣтокъ (напримѣръ, у чеснока), и по мѣрѣ ссыханія старыхъ чешуй и отпаденія ихъ, освобождаются эти дѣтки, отваливаются отъ материнской луковицы и начинаютъ вести самостоятельный образъ жизни. Луковичныхъ чешуй обыкновенно бываетъ у одной луковицы много; чешуи эти могутъ прикрывать краями другъ друга, какъ черепица (напримѣръ, у лиліи, см. рис. 389), и такія луковицы называются **черепичатыми**; или луковичныя чешуи облекаютъ одна другую б. и. м. сплошь, какъ чехлы (наприм., у гіацинта, рис. 387, у тюльпана, рис. 388, у лука), и такія луковицы называются **пленчатыми**.



Рис. 389. Чешуйчатая или черепичатая луковица лиліи.

Кромѣ подземныхъ метаморфозированныхъ стеблей нерѣдко бываютъ метаморфозированные стебли или побѣги надземные. Такіе метаморфозированные побѣги исполняютъ различныя побочныя функціи растеній. Такъ, у растеній нерѣдко развиваются особые органы — **колючки**, твердые и острые придатки, служащіе растенію для защиты отъ нападенія животныхъ (см. рис. 390). Колючки не надо смѣшивать съ шипами. Шипы, какъ вы знаете, эпидермальнаго происхожденія. Это метаморфозированный и одеревенѣлый волосокъ. Колючки же происхожденія не только эпидермальнаго, но въ значительной мѣрѣ и субэпидермальнаго. Колючка можетъ быть стеблевого или листового происхожденія. Стеблевая колючка развивается всегда въ пазухѣ листа, т. е., есть не что иное, какъ ненормально развивающаяся и одеревенѣлая, на концѣ острая боковая почка даннаго стебля, или боковой побѣгъ (см. рис. 391). На такой колючкѣ стеблевого происхожденія мы всегда можемъ замѣтить, хотя бы въ молодости ея, какъ-бы небольшіе рубцы, остатки листовыхъ слѣдовъ атрофированныхъ листьевъ, и, слѣдовательно, на ко-

лючкѣ имѣются узлы и междоузлія. Иногда стеблевыя колючки несутъ даже, въ свою очередь, маленькія пазушныя почки, развивающія небольшіе листочки (см. рис. 392), а у *Gleditschia* даже сами колючки б. и. м. сильно вѣтвятся.

Стебли могутъ метаморфозироваться въ **прицѣпки** или **усики** (см. рис. 393) — нитевидные органы, обвивающіеся вокругъ постороннихъ предметовъ. Мы видѣли такіе усики, на-

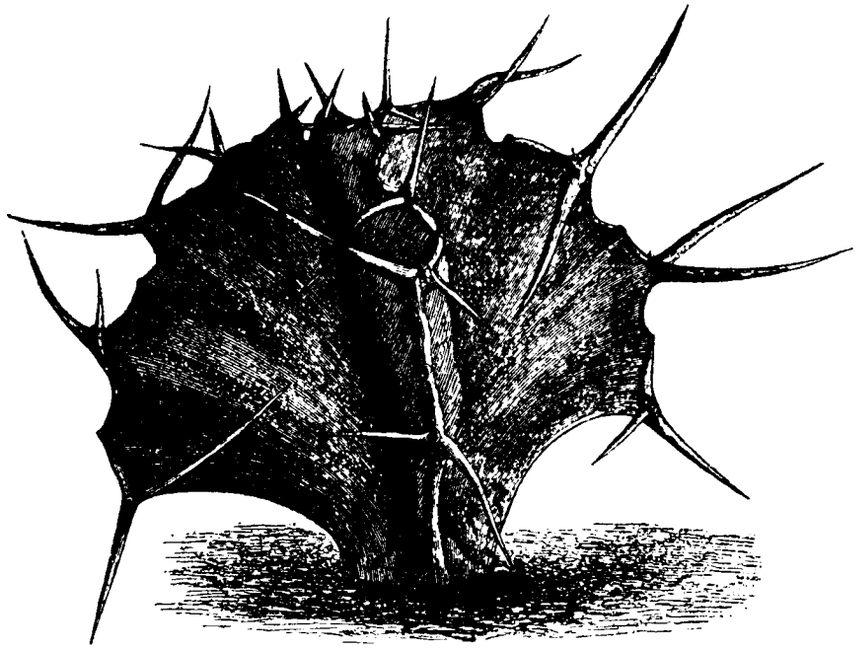


Рис. 390. Молочай — *Euphorbia grandidens* изъ пустынь южной Африки, съ крупными колючками, которыми сочное растеніе это защищается отъ нападенія животныхъ.

примѣръ, у винограда (см. рис. 366, 368), у тыквенныхъ (см. рис. 367) и у другихъ цѣпляющихся растеній и уже знакомы съ ихъ функціей. Здѣсь надо добавить лишь одно. Подобно колючкамъ, и усики могутъ быть либо стеблевого, либо листового происхожденія. Усики стеблевого происхожденія отличаются отъ усиковъ листового происхожденія мѣстомъ своего заложенія на стеблѣ (обыкновенно въ пазухахъ листьевъ) и тѣмъ, что иногда на нихъ можно замѣтить остатки листовыхъ органовъ, въ видѣ маленькихъ чешуечекъ, или слѣды узловъ и междоузлій. У нѣкоторыхъ растеній, усики которыхъ стеблевого происхожденія и сильно вѣтвятся, нѣкоторыя конечныя вѣточки усика несутъ иногда даже зачаточные цвѣты.

Метаморфозированные, сильно **мясистые стебли**, въ видѣ толстыхъ плоскихъ зеленыхъ лепешекъ, встрѣчаются у нѣкоторыхъ кактусовъ, напримѣръ, у опунцій (*Opuntia*) (см. рис. 394). Такіе стебли похожи скорѣе на очень толстые листья, чѣмъ на стебли или ихъ вѣтви, и, дѣйствительно, исполняютъ у кактусовъ важнѣйшія физіологическія функціи зеленаго листа — испаренія воды и синтеза органическихъ соединеній. Кромѣ того внутри своей сочной мясистой ткани такія лепешки кактусовъ накапливаютъ много воды и жадно ее удерживаютъ въ себѣ. Хотя органы эти и похожи на листья, тѣмъ не менѣе стеблевое происхожденіе ихъ не подлежитъ сомнѣнію. У опунцій такія лепешки развиваются одна изъ другой (см. рис. 394), а листъ изъ листа никогда не развивается, стебель же одного порядка развивается всегда изъ стебля низшаго порядка. Далѣе, лепешки опунцій производятъ цвѣты и плоды (см. рис. 394), что совершенно не свойственно листьямъ, а только стеблямъ. Наконецъ, на этихъ лепешкахъ сидятъ пучками на особыхъ возвышеніяхъ или бугоркахъ колючки. Бугорки эти — это узлы мясистаго метаморфозированнаго стебля кактуса, а колючки — метаморфозированные его листья. Значитъ, сама мясистая лепешка опунціи несомнѣнно метаморфозированный стебель.

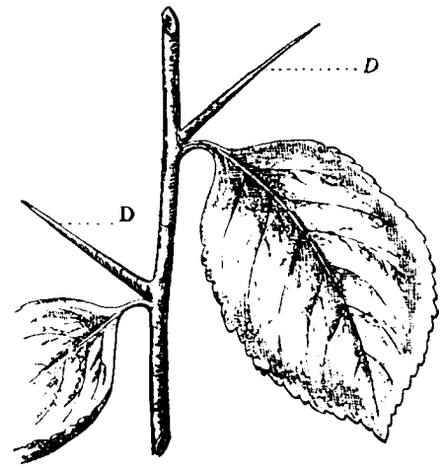


Рис. 391. Побѣгъ боярышника — *Crataegus prunifolia*. Пазушныя почки превратились въ колючки стеблевого происхожденія (*D*).

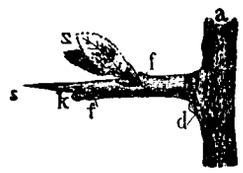


Рис. 392. Вѣтвь степного терна — *Prunus spinosa*, превращенная въ колючку: *a* — стебель, *d* — листовой слѣдъ, *s* — верхушка колючки, *f* — слѣды листьевъ, *k* — пазушная почка, *z* — молодая вѣтвь.

Еще менѣе похожи на стебель или вѣтви стебля такъ называемые **филлокладіи** или **кладодіи** (phyllocladia, cladodia), встрѣчаемыя у нѣкоторыхъ растеній сухихъ странъ, напримѣръ, у *Ruscus, Carmichelia, Phyllanthus, Colletia cruciata* и др. Одно изъ такихъ растеній съ кладодіями изображено на рис. 395. Это кладодіи *Ruscus Hypoglossum*. Вы видите здѣсь какъ бы стебель съ плоскими кожистыми зелеными листьями, съ дугообразной нерватурой. Будучи совершенно похожи на листья, образованія эти исполняютъ и всѣ функціи листа, т. е. черезъ нихъ происходитъ испареніе воды, въ нихъ происходитъ синтезъ органическихъ соединеній. И тѣмъ не менѣе это не листья, а метаморфозированные стебли. Цилиндрическая вѣточка этого растенія на узлахъ своихъ несетъ настоящіе листья, но въ видѣ маленькихъ безцвѣтныхъ чешуекъ (*B*), а въ пазухахъ этихъ чешуекъ сидятъ кладодіи или метаморфозированные листовидные стебли. Что это не листья, а стебли, видно, кромѣ положенія ихъ въ пазухѣ чешуйчатаго листа, а не на самомъ узлѣ, изъ слѣдующаго. Кладодіи расположены въ вертикальной плоскости, а не въ горизонтальной или наклонной, какъ нормальные листья. Вертикальное положеніе кладодій сильно уменьшаетъ испареніе воды, а потому-то кладодіи и свойствены растеніямъ жаркихъ сухихъ странъ (Средиземноморскаго побережья, Австраліи и т. д.). Вторая важная особенность кладодій,

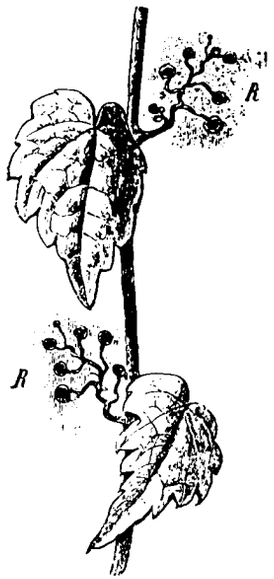


Рис. 393. Стебель дикаго винограда (*Ampelopsis Veitchii*), у котораго усики стеблевого происхожденія и образовали на концѣ вздутія, въ видѣ подушечекъ (*R*).

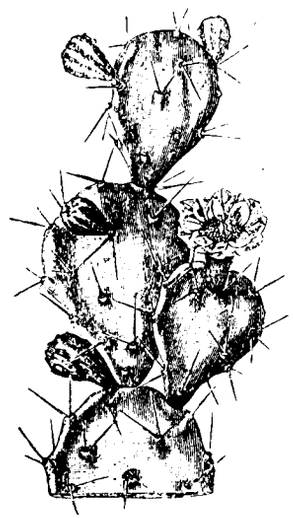


Рис. 394. Листовидно расширенный плоскій стебель кактуса — *Opuntia monacantha*.

это то, что на кладодіяхъ развиваются въ свою очередь чешуйчатые маленькіе листья (B_2), а въ пазухахъ этихъ листочковъ образуются цвѣты и плоды. Кладодіи бываютъ разной формы. У *Ruscus*'а кладодіи имѣютъ видъ овальныхъ или эллиптическихъ заостренныхъ листьевъ, у спаржи (*Asparagus*) кладодіи нитевидные или игловидные, въ видѣ хвои хвойныхъ деревьевъ, у нѣкоторыхъ растеній изъ сем. гречишныхъ — это широкія плоскія членистыя зеленыя образованія. На рис. 396 изображено два растенія изъ сем. гречишныхъ (*Polygonaceae*). Одно — растущая въ сырыхъ тропическихъ лѣсахъ *Coccoloba nucifera* (см. рис. 396, *D*). У нея нормальный стебель съ крупными черешчатыми округлыми зелеными листьями. Другое растеніе называется *Muehlenbeckia platyclados* (см. рис. 396, *A*). Оно родомъ съ Соломоновыхъ острововъ, гдѣ растетъ на открытыхъ солнечныхъ мѣстахъ. Стебли его плоскіе, широкіе, членистые, листовидные. Они зеленаго цвѣта и взяли на себя всѣ важнѣйшія функціи листа; листья же *Muehlenbeckia platyclados*, утерявъ свою функцію, сократились въ небольшія зеленыя ромбоидальныя образованія, сидящія на узлахъ плоскаго листовиднаго стебля этого растенія. Тутъ тоже стебель растенія обратился въ филлокладіи, и каждый членикъ его соотвѣтствуетъ одному междоузлію. Сокращеніе листовой поверхности этого растенія и перенесеніе функцій листа въ филлокладіи вполнѣ гармонируетъ съ особыми климатическими условіями, въ которыхъ растеніе это живетъ на Соломоновыхъ островахъ.

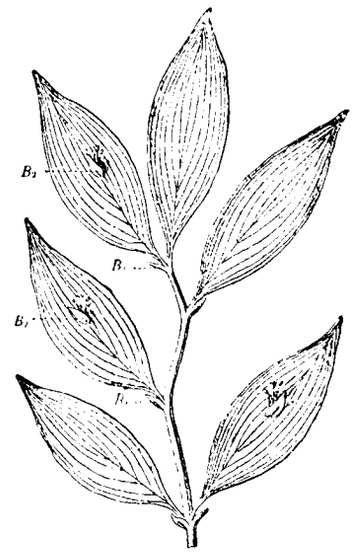


Рис. 395. Побѣгъ *Ruscus Hypoglossum*, несущій въ углахъ редуцированныхъ листьевъ B_1, B_1 кладодіи, на которыхъ въ пазухахъ листочковъ B_2, B_2 сидятъ цвѣтки.

Изъ всего, что мы теперь знаемъ о морфологическомъ строеніи корня и стебля, вы видите, какъ разнообразны могутъ быть внѣшнія формы этихъ двухъ основныхъ осевыхъ органовъ растенія. Приспособляясь къ различнымъ условіямъ

существованія, корни и стебли, на основаніи закона метаморфоза органовъ, могутъ сильно измѣнять свой внѣшній видъ и свое строеніе и нерѣдко подражать другому органу въ

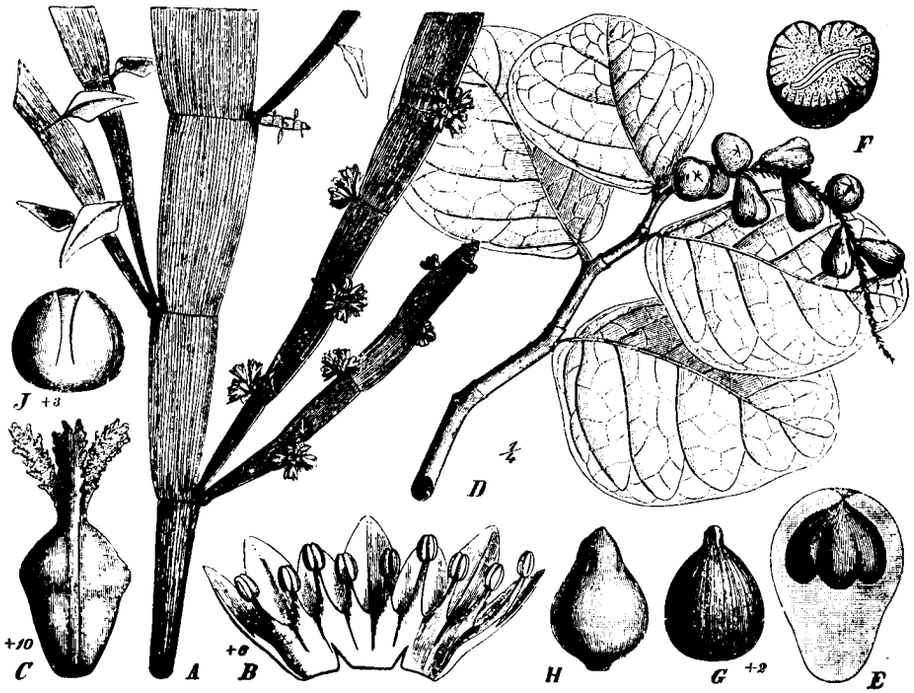


Рис. 396. *A—C. Muehlenbeckia platyclados: A* — общій видъ растенія, съ плоскими зелеными стеблями — кладодіями, направо съ цвѣтами, налѣво съ молодыми облиственными побѣгами, *B* — цвѣточный покровъ съ тычинками въ развернутомъ видѣ, *C* — пестикъ съ тремя крупными рыльцами. *D—F. Coccoloba nucifera: D* — вѣтвь съ плодами, *E* — продольный разрѣзъ черезъ мясистый покровъ плода, съ плодомъ внутри, *F* — поперечный разрѣзъ черезъ плодъ. *G* — плодъ *Coccoloba barbadensis*, *H* — плодъ *C. nitida*, *J* — плодъ *C. caracasana*.

своемъ устройствѣ, оставаясь по происхожденію своему все тѣмъ же корнемъ или стеблемъ. Еще бо́льшему метаморфозу подчинены листья растеній, но объ этомъ мы скажемъ впослѣдствіи.

Лекція тридцать третья.

Анатомическое строеніе стебля.

Мы видѣли на послѣднихъ лекціяхъ, что внѣшнее строеніе стебля вполнѣ гармонируетъ съ физіологическими задачами его и съ внѣшними, напримѣръ, климатическими и другими условіями, въ которыхъ живетъ то или иное растеніе. Внутреннее анатомическое строеніе стебля тоже, конечно, вполнѣ отвѣчаетъ основнымъ физіологическимъ его задачамъ, а таковыми главнѣйшими задачами стебля являются, во-первыхъ, поддержаніе всей массы листвы растенія и направленіе ея поближе къ свѣту и, во-вторыхъ, проведеніе сырого питательнаго сока изъ корня въ листья и готоваго питательнаго сока изъ листьевъ по всему растенію. Первая задача — механическая, и для ея выполненія въ стебляхъ растеній развита **механическая ткань** (склеренхима, колленхима, лубяныя и древесныя волокна и т. д.), располагающаяся внутри стебля по законамъ механики. Для удовлетворенія второй задачи въ стебляхъ имѣется особая **проводящая ткань**. Обыкновенно механическая и проводящая ткани въ стеблѣ сгруппированы вмѣстѣ и образуютъ извѣстные уже намъ **сосудисто-волокнистые пучки**, замкнутые или открытые, при чемъ древесная часть пучка служитъ для проведенія по стеблю восходящаго тока, состоящаго изъ воды и растворенныхъ въ ней минеральныхъ соединеній, добываемыхъ корнями изъ земли; лубяная же часть пучка имѣетъ задачею разносить по растенію готовый питательный сокъ, состоящій изъ растворенныхъ органическихъ соединеній, изготовленныхъ въ листьяхъ; это такъ называемый нисходящій токъ. Въ корняхъ, какъ

мы видѣли, нѣтъ настоящихъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, ибо въ корняхъ элементы древесины расположены отдѣльно отъ элементовъ луба. Но въ стебляхъ мы по большей части имѣемъ типично выраженные сосудисто-волокнистые коллятеральные пучки, проходящіе вдоль стебля растенія въ видѣ жилокъ или нервовъ снизу вверхъ и содержащіе въ себѣ какъ проводящую, такъ и механическую ткань. Впрочемъ, не всегда механическая ткань стебля входитъ всецѣло въ составъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ. Бываетъ и такъ, что механическіе элементы образуютъ особые пучки или собираются въ спеціальную ткань, независящую отъ ткани проводящей, и тогда такая **механическая ткань** располагается на поперечныхъ разрѣзахъ стебля именно тамъ, гдѣ въ ней имѣется наибольшая нужда для приданія надлежащей крѣпости стеблю растенія. При этомъ ткань эта располагается такъ, чтобы при затратѣ наименьшаго количества матеріала достигнуть наибольшей прочности. А такъ какъ стебель растенія подверженъ наиболѣе опасности изгиба или излома, то, по законамъ механики, наиболѣе прочные его элементы должны быть сосредоточены на периферіи. Въ корняхъ растеній, подверженныхъ опасности разрыва, механическіе элементы, какъ вы помните, сосредоточиваются ближе къ центру; здѣсь же, въ стебляхъ, соотвѣтственно другой своей задачѣ — предохранить стебель отъ излома, они располагаются, наоборотъ, ближе къ периферіи и подальше отъ центра. Рис. 397 показываетъ схематическій поперечный разрѣзъ черезъ четырехгранный стебель глухой кропивы. На этомъ рисункѣ мы видимъ подъ самой кожицей стебля въ четырехъ выдающихся углахъ группы механической ткани, а именно **колленхимы**; группы эти на рисункѣ затушеваны и располагаются такъ, что придаютъ особую прочность четырехгранному стеблю противъ изгиба или излома. Здѣсь механическая ткань обо-

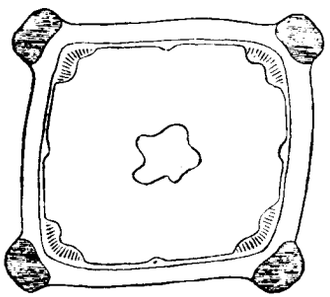


Рис. 397. Схематическій рисунокъ поперечнаго разрѣза стебля глухой кропивы (*Lamium album*); затушеванные участки по угламъ стебля представляютъ группы колленхимы (механической ткани).

соблена отъ ткани проводящей. Рис. 398 схематически изображаетъ поперечный разрѣзъ черезъ часть стебля злака — *Molinia coerulea*. Механическая ткань тоже здѣсь затушевана штриховкой, и мы видимъ, что ткань эта располагается кольцомъ близъ периферіи стебля, но на нѣкоторомъ небольшомъ отъ нея разстояніи; а мѣстами идутъ къ самой периферіи стебля еще добавочныя какъ бы балочки той же механической ткани. Сосудистые пучки, т. е. ткань проводящая, частью замурованы въ механической ткани какъ разъ въ тѣхъ мѣстахъ ея, гдѣ отъ сплошного кольца механической ткани отходятъ къ периферіи поперечныя перекладины или балочки; частью же проводящая ткань расположена глубже, но все же далеко отъ центра стебля, и къ ней снаружи примыкаютъ незначительныя полоски механической ткани, тоже поперечными скрѣпами связанныя съ главнымъ кольцомъ механической ткани. У большинства однако растеній механическая ткань въ стеблѣ не располагается столь независимо отъ ткани проводящей, а входитъ въ составъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ стебля, имѣющихъ задачу и ткани проводящей, и ткани скрѣпляющей, скелетной.

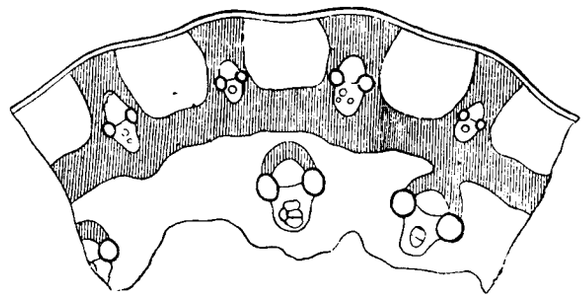


Рис. 398. Схематическій рисунокъ части поперечнаго разрѣза стебля злака — *Molinia coerulea*. Затушеванныя мѣста изображаютъ механическую ткань.

Сосудисто-волокнистые пучки въ стеблѣ, какъ мы знаемъ, могутъ быть общими, проходящими изъ стебля въ листья, и частными, свойственными лишь только стеблю. Располагаются сосудисто-волокнистые пучки на поперечномъ разрѣзѣ стебля двояко, смотря по растеніямъ. Первый типъ можетъ быть названъ **типомъ однодольныхъ**, ибо такое расположніе сосудисто-волокнистыхъ пучковъ въ стеблѣ свой-

ственно главнымъ образомъ однодольнымъ растеніямъ. На поперечномъ разрѣзѣ стеблей большинства однодольныхъ (см. рис. 399) мы видимъ, что сосудисто-волокнистые пучки разсѣяны по всей поверхности поперечнаго срѣза, и здѣсь они всегда замкнутые. Флоэмной частью своею обращены всѣ эти коллятеральные пучки кнаружи, а ксилемной — внутрь, къ центру. Сосудистые пучки лежатъ среди живой основной паренхимной ткани, которая снаружи окружена либо кожицей, либо пробковой тканью. Совсѣмъ иначе располагаются сосудисто-волокнистые пучки на поперечныхъ разрѣзахъ стебля большинства двудольныхъ, а потому этотъ типъ расположенія сосудисто-волокнистыхъ пучковъ можетъ быть названъ **типомъ двудольныхъ.** Въ молодыхъ стебляхъ двудольныхъ на поперечномъ разрѣзѣ ихъ (см. рис. 400 и 405) мы видимъ слѣдующее: снаружи находится однослойная **эпидерма** или **кожица** стебля; подъ кожицей находится основная паренхимная ткань стебля и среди нея коллятеральные сосудисто-волокнистые пучки, расположенные у двудольныхъ обыкновенно **однимъ всего кругомъ**, а не разбросанно по всей поверхности срѣза, какъ у однодольныхъ. Сосудисто-волокнистые пучки въ стеблѣ двудольныхъ могутъ быть или замкнутыми, или открытыми, какъ на нашемъ, напримѣръ, ри-

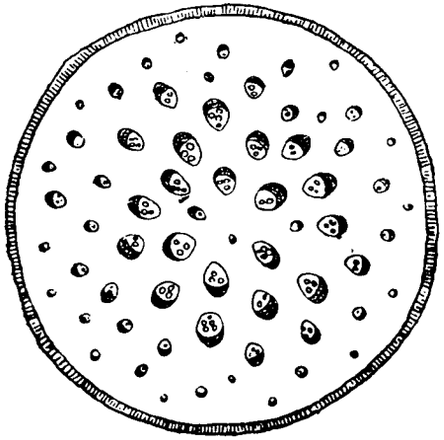


Рис. 399. Поперечный разрѣзъ черезъ стебель однодольнаго (пальмы) съ разбросанными по всему срѣзу сосудисто-волокнистыми пучками.

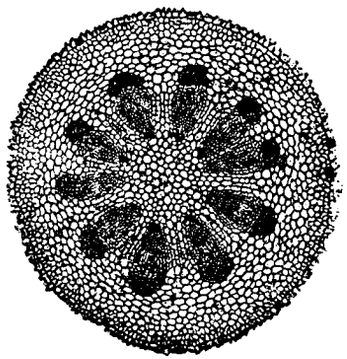


Рис. 400. Поперечный разрѣзъ стебля двудольнаго (*Viscum album*) въ концѣ перваго вегетаціоннаго періода.

сункѣ (см. рис. 400). Часть основной ткани, располагающаяся между эпидермой и сосудисто-волокнистыми пучками, называется **первичной корой** стебля (см. рис. 405, *r*), часть основной ткани, заключенная внутри стебля и окруженная сосудисто-волокнистыми пучками, называется **сердцевиной** (*m*), а полоски основной ткани между сосудисто-волокнистыми пучками называются **первичными сердцевинными лучами** (*st*). Сами сосудисто-волокнистые пучки въ стеблѣ двудольныхъ расположены такъ, что флоэмной частью своей они обращены кнаружи, къ кожицѣ, а ксилемной — внутрь, къ сердцевинѣ. Если сосудисто-волокнистые пучки открытые, то между флоэмой и ксилемой ихъ въ каждомъ пучкѣ находится тонкая полоска **камбія** (*c*). Таковы два важнѣйшихъ типа строенія молодого стебля высшихъ растеній. У однодольныхъ среди основной ткани первичная кора, сердцевина и первичные сердцевинные лучи обыкновенно не обособлены столь ясно, какъ у двудольныхъ, такъ какъ у многихъ однодольныхъ нерѣдко часть сосудисто-волокнистыхъ пучковъ лежитъ даже подъ самой эпидермой, напримѣръ, у кукурузы, и, слѣдовательно, въ этомъ случаѣ первичная кора совершенно отсутствуетъ; у той же кукурузы нѣтъ и сердцевины, ибо и въ самомъ центрѣ стебля помѣщаются сосудисто-волокнистые пучки. У другихъ однодольныхъ (напримѣръ, у большинства злаковъ) стебель внутри бываетъ полымъ, равно какъ и у многихъ двудольныхъ (напримѣръ, у зонтичныхъ), и тогда сердцевина тоже отсутствуетъ, такъ какъ на ея мѣстѣ находится пустота.

Описанное строеніе стебля однодольныхъ и двудольныхъ мы встрѣчаемъ въ молодыхъ стебляхъ, недалеко отъ конуса нарастанія стебля. Мы знаемъ, что конусъ нарастанія стебля, такъ же какъ и корня, состоитъ изъ однообразной паренхимной живой ткани, называемой **первичной меристемой.** Вы помните, конечно, что первичная меристема стебля весьма скоро дифференцируется на три меристематическихъ ткани, на дерматогенъ, периблему и плерому (см. рис. 401). Изъ дерматогена конуса нарастанія стебля образуется кожица, изъ плеромы развивается сердцевина стебля, а въ периблемѣ залагаются тяжи прокамбіальной ткани, изъ которой вырабатываются сосудисто-волокнистые пучки, остальная же ткань периблемы идетъ на образованіе первичной коры и первичныхъ серд-

цевинныхъ лучей стебля. Если при развитіи сосудисто-волокнистыхъ пучковъ стебля на образованіе ихъ идетъ вся цѣликомъ ткань **прокамбія**, то получаются сосудисто-волокнистые пучки **замкнутые** (какъ у всѣхъ однодольныхъ и у многихъ двудольныхъ). Если же между флоэмной и ксилемной частями развивающихся изъ прокамбія сосудисто-волокнистыхъ пучковъ часть прокамбіальной ткани остается безъ измѣненія и не теряетъ своей способности размножаться дальше путемъ дѣленія, то получаются сосудисто-волокнистые пучки **открытые** (какъ у большинства двудольныхъ и у голосѣменныхъ). Анатомическое строеніе стебля голосѣменныхъ то же, что и большинства двудольныхъ. Но среди самихъ двудольныхъ попадаются **уклоненія отъ нормальнаго** вышеописаннаго анатомическаго **типа**, и нѣкоторыя двудольныя на поперечныхъ разрѣзахъ стеблей очень похожи на однодольныя.

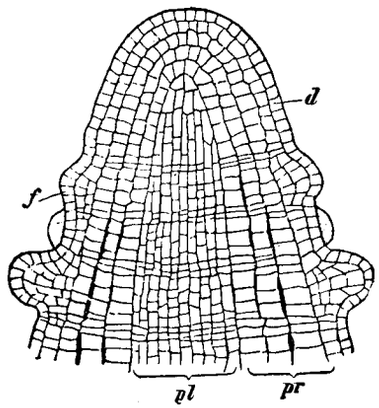


Рис. 401. Конусъ нарастанія стебля *Hippuris vulgaris* въ продольномъ разрѣзѣ: *d* — дерматогенъ, *pr* — периблема, *pl* — плерома, *f* — зачатки листьевъ; увелич. 240 разъ.

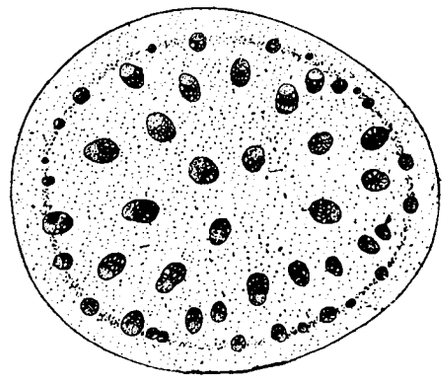


Рис. 402. Поперечный разрѣзъ стебля двудольнаго — *Podophyllum peltatum* (изъ сем. *Berberidaceae*), съ разсѣянными сосудисто-волокнистыми пучками, по типу однодольныхъ.

Рис. 402 представляетъ поперечный разрѣзъ черезъ стебель *Podophyllum peltatum*. Растеніе это принадлежитъ къ двудольнымъ, къ сем. *Berberidaceae* (барбарисовыхъ). Мы видимъ, что анатомическое строеніе стебля этого растенія однако совершенно подходитъ подъ типъ однодольныхъ и очень схоже съ анатомическимъ строеніемъ стебля, напримѣръ, *Ruscus aculeatus* (см. рис. 403), относящагося къ однодольнымъ (ср. также рис. 399).

На рис. 404 изображены два поперечныхъ разрѣза черезъ стебли растеній, принадлежащихъ къ тропическому сем. *Piperaceae* (перечныхъ), относимому обыкновенно къ двудольнымъ. Фиг. *B* представляетъ разрѣзъ черезъ стебель *Peperomia magnoliaefolia*. Мы видимъ, что сосудисто-волокнистые пучки расположены совершенно по типу однодольныхъ, но что, кромѣ того, здѣсь имѣется еще особая механическая ткань — колленхима (*coll*), лежащая подъ самой эпидермой, какъ это нерѣдко бываетъ тоже у однодольныхъ. У другого растенія того же семейства — у *Piper nigrum* (см. фиг. *A*), поперечный разрѣзъ стебля показываетъ анатомическое строеніе какъ бы переходное между типомъ двудольныхъ и однодольныхъ. У этого растенія имѣются крупные сосудисто-волокнистые пучки, расположенные ближе къ серединѣ стебля однимъ кругомъ, какъ у двудольныхъ. Между пучками этими мы ясно различаемъ сердцевину и первичные сердцевинные лучи, снаружи имѣется первичная кора. Но въ этой первичной корѣ, ближе къ периферіи, хотя и не подъ самимъ эпидермисомъ, мы видимъ извилистое кольцо механической ткани — склеренхимы (*skl*), а между нею и эпидермисомъ опять сосудисто-волокнистые пучки, расположенные однимъ кругомъ и примыкающіе внутренней стороной своей къ склеренхимному кольцу. Сосудисто-волокнистые пучки и у *Peperomia*, и у *Piper* замкнутые. Имѣется немало и другихъ отклоненій отъ нормальнаго строенія стебля у однодольныхъ и двудольныхъ, а потому, хотя какъ основные типы эти два типа строенія стебля и можно принять, но не слѣдуетъ при этомъ забывать, что эти два типа обыкновенны, но не абсолютны. Встрѣчаются различныя уклоненія какъ въ зависимости отъ систематическаго положенія

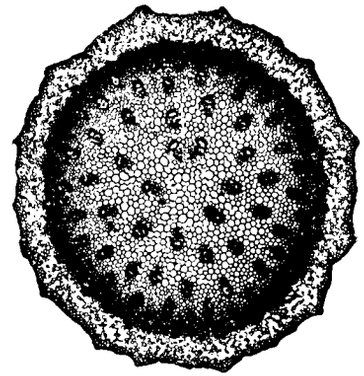


Рис. 403. Поперечный разрѣзъ стебля однодольнаго (*Ruscus aculeatus*).

того или иного растенія и его филогенетическаго родства, такъ и отъ біологическихъ причинъ. Такъ, напримѣръ, многія тропическія ліаны, вслѣдствіе своеобразнаго образа жизни и функціи ихъ стеблей, имѣютъ совершенно особое анатомическое ихъ устройство. У папоротниковъ и въ особенности у ископаемыхъ прежде жившихъ древовидныхъ папоротникообразныхъ анатомія стебля также отличается отъ вышеописанныхъ двухъ основныхъ типовъ. Мы не станемъ входить здѣсь въ эти подробности, но я замѣчу только, что въ настоящее время детальное изученіе анатомическаго строенія въ особенности ископаемыхъ растеній имѣетъ огромное

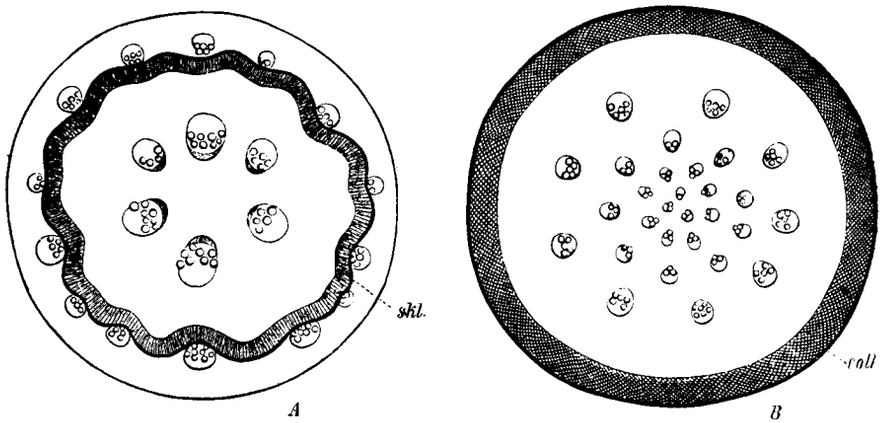


Рис. 404. Поперечный схематическій разрѣзъ стебля: *A* — *Piper nigrum*, *B* — *Peperomia magnoliaefolia*; *skl* — склеренхима, *coll* — колленхима.

значеніе при выясненіи цѣлаго ряда спеціальныхъ филогенетическихъ вопросовъ, т. е. вопросовъ о родствѣ и происхожденіи различныхъ группъ архегоніатныхъ и цвѣтковыхъ растеній. Это, впрочемъ, уже область филогенетической систематики, для которой подробное изученіе анатомическаго строенія стебля за послѣднее время пріобрѣтаетъ все бо́льшее и бо́льшее значеніе.

Описанное анатомическое устройство стебля растеній мы наблюдаемъ у стеблей однолѣтнихъ, травянистыхъ. Въ стебляхъ деревянистыхъ и кустарныхъ растеній, т. е., иначе говоря, въ стебляхъ многолѣтнихъ, современемъ наблюдаются измѣненія и усложненія въ ихъ анатомическомъ строеніи.

Наименѣе всего наблюдается измѣненій въ **многолѣтнихъ стебляхъ однодольныхъ** растеній. Мы знаемъ, что у однодольныхъ растеній сосудисто-волокнистые пучки замкнутые, въ нихъ нѣтъ камбія, а потому такіе пучки дальше въ ширину разрастаться не могутъ, а, слѣдовательно, не можетъ разрастаться въ ширину и стебель однодольныхъ растеній. Во всѣхъ учебникахъ ботаники мы встрѣчаемъ обыкновенно при этомъ въ видѣ примѣра ссылку на стволы **пальмъ**, при чемъ утверждается, что будто бы у пальмъ, равно и у другихъ деревянистыхъ однодольныхъ, „стебель обыкновенно быстро достигаетъ окончательной толщины простымъ разрастаніемъ клѣтокъ мякоти и затѣмъ уже не утолщается: стволъ столѣтней пальмы не толще ствола молодого экземпляра“. Такое утвержденіе однако не точно. Во-первыхъ, тотъ, кто видѣлъ молодые пальмы и крупные старые экземпляры, никакъ не согласится съ тѣмъ, что стволъ столѣтней пальмы не толще ствола молодого экземпляра. Старые экземпляры многихъ пальмъ имѣютъ весьма толстые стволы, въ особенности у своего основанія (см. рис. 341). Этой толщины стволы пальмъ достигаютъ въ теченіе очень долгаго періода первоначальной своей жизни, а вовсе не быстро. При этомъ пальмы въ это время не растутъ въ вышину, не удлиняютъ свой стволъ, а образуютъ у корня все новые и новые листья, причемъ стебель пальмъ растетъ въ толщину не путемъ дѣятельности камбія, а путемъ образованія новыхъ прикорневыхъ листьевъ, сосудистые пучки которыхъ входятъ въ стебель и даютъ все бо́льшее и бо́льшее количество общихъ пучковъ въ основаніе стебля. Лишь послѣ очень долгаго періода такого прикорневого роста, продолжающагося у многихъ пальмъ цѣлые десятки лѣтъ, пальма, сильно расширивъ, по сравненію съ молодыми экземплярами, основаніе своего ствола, начинаетъ удлинять стволъ, выгонять его въ вышину, и вотъ съ этого времени дальнѣйшее расширеніе ствола пальмъ уже невозможно, ибо въ стеблѣ пальмъ нѣтъ камбія, и сосудисто-волокнистые пучки его замкнутые. Только въ этомъ смыслѣ и вѣрно утвержденіе учебниковъ, что стволъ пальмъ не утолщается. У нѣкоторыхъ, однако, однодольныхъ, напримѣръ, у **драценъ**, юккъ, алоэ, стебель можетъ утолщаться дальше, несмотря на то, что и у нихъ сосудисто-волокнистые пучки замкнутые; достигается это слѣдующимъ образомъ: въ первичной мякоти ствола драценъ, недалеко отъ периферіи его, находится кольцо мелкихъ жи-

выхъ дѣлящихся клѣтокъ, образующихъ такъ называемый **вторичный камбій.** Камбій этотъ, дѣленіемъ своихъ клѣтокъ, образуетъ ковнутри стебля новую мякоть и новые замкнутые проводящіе пучки; эти пучки въ листья однако не заходятъ и составляютъ частные пучки стебля драценъ и др. подобныхъ растеній. Нѣкоторыя драцены достигаютъ такимъ образомъ огромной толщины своихъ стеблей (см. рис. 371).

Гораздо сложнѣе происходитъ **утолщеніе стеблей** кустарныхъ и древесныхъ породъ **двудольныхъ** и **голосѣменныхъ** растеній. У нихъ сосудисто-волокнистые пучки всегда открытые и расположены на поперечномъ разрѣзѣ стебля однимъ кругомъ (см. рис. 405, *A*). Въ каждомъ сосудисто-волокнистомъ пучкѣ имѣется тонкая полоска камбія, отдѣляющая наружную флоэмную часть пучка отъ внутренней — ксилемной. Камбій, какъ мы знаемъ, представляетъ живую дѣятельную ткань, состоящую изъ удлиненныхъ, но не прозенхимныхъ тонкостѣнныхъ клѣтокъ, легко приступающихъ къ дѣленію тангентальными перегородками. При этомъ изъ раздѣлившихся клѣтокъ камбія образуются новые элементы либо флоэмы, либо ксилемы, послѣдней больше. Камбій сосудисто-волокнистыхъ пучковъ на поперечномъ разрѣзѣ годоваго стебля представляетъ прерывистую круговую линію. Но вскорѣ въ первичныхъ сердцевинныхъ лучахъ стебля (*st*) между сосудисто-волокнистыми пучками залагаются тонкія прослойки вторичнаго камбія (*c*, на фиг. *B*). Прослойки эти растутъ въ обѣ стороны и примыкаютъ или дорастаютъ до камбіальныхъ полосокъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ; получается тогда одна сплошная круговая линія камбія (*c*), иначе говоря, происходитъ **смыканіе** или **сліяніе сосудисто-волокнистыхъ пучковъ** (см. рис. 405, *B*). Разъ смыканіе это произошло, дальнѣйшей дѣятельностью камбія внутрь стебля налагаются все новые и новые элементы древесины, а кнаружи подкладываются все новые и новые элементы луба, и такимъ образомъ стебель разрастается въ ширину, причемъ отложеніе новыхъ элементовъ древесины и луба происходитъ не только въ области сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, но и въ области первичныхъ сердцевинныхъ лучей (см. рис. 406). Такимъ образомъ растетъ стебель деревянистыхъ двудольныхъ и голосѣменныхъ растеній въ толщину; при этомъ утолщается все время главнымъ образомъ его **древесина**; **кора** же, состоящая теперь изъ первичной коры и первичныхъ и вторичныхъ лубяныхъ элементовъ, утолщается гораздо медленнѣе древесины отъ двухъ причинъ: во-первыхъ, какъ я уже сказалъ выше, камбій больше отлагаетъ внутрь элементовъ древесины, чѣмъ наружу лубяныхъ элементовъ; во-вторыхъ же, у многихъ древесныхъ породъ эпидермисъ со временемъ слущивается. Подъ эпидермисомъ изъ ткани первичной коры образуется либо сплошной слой **пробковой ткани**

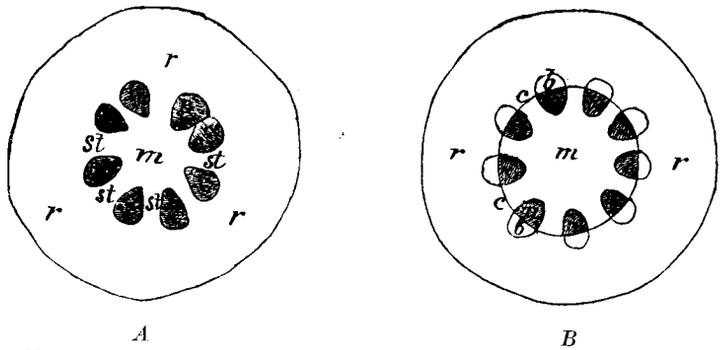


Рис. 405. *A* — схема первоначальнаго расположенія проводящихъ пучковъ на поперечномъ разрѣзѣ стебля двудольнаго. *B* — схема сліянія проводящихъ пучковъ въ стеблѣ двудольнаго: *r* — первичная кора, *m* — сердцевина, *st* — первичные сердцевинные лучи, *c* — камбій, *a* — древесная часть пучка, *b* — лубяная его часть.

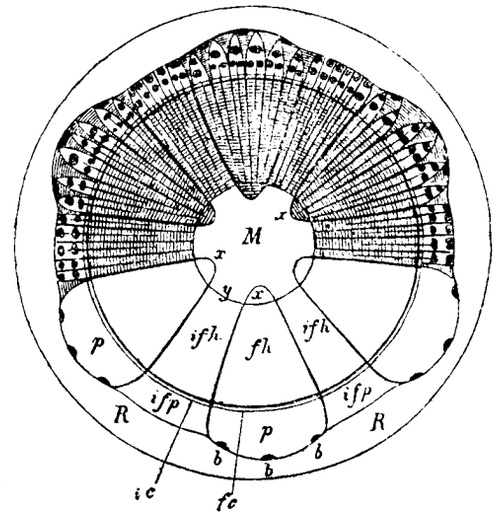


Рис. 406. Дальнѣйшее разрастаніе стебля двудольнаго: *R* — первичная кора, *M* — сердцевина, *p*, *fh*, *x* — сосудистые пучки, *p* — флоэма, *fh* — ксилема, *fc* — пучковый камбій, *ic* — межпучковый камбій, *ifp* — вторичные элементы луба, *ifh* — вторичные элементы древесины.

(см. рис. 200, 201, 202), либо отдѣльныя прослойки **пробки** (см. рис. 203); пробка же коры, часто трескаясь по разнымъ направленіямъ, тоже отпадаетъ кусками и стирается съ наружной части коры дерева, но взамѣнъ того изъ болѣе глубоко лежащихъ слоевъ первичной коры, дѣятельностью новыхъ прослоекъ **пробковаго камбія** или **феллогена** (см. рис. 202, *ph*, 203), образуется все новая и новая пробка. Такимъ образомъ у многихъ деревьевъ кора снаружи разрушается и



Рис. 407. *Betula Raddeana* на Гунибскомъ плато въ Дагестанѣ. Хорошо видна на фотографіи сильно шелушащаяся кора этой березы.

постепенно отваливается кусочками или цѣлыми слоями (см. рис. 407), а молодая кора, состоящая главнымъ образомъ изъ вторичныхъ элементовъ луба, нарастаетъ изнутри дѣятельностью камбія; древесина же разрастается все дальше и дальше, утолщая стебель и распирая изнутри кору дерева.

У древесныхъ породъ, растущихъ въ климатахъ, гдѣ вслѣдствіе наступленія зимы или засушливаго времени года имѣется періодическая остановка въ вегетаціи, дѣятельность камбія тоже періодическая. Во время вегетаціи камбій продолжаетъ свою работу, утолщая стебель. А во время зимы

или засухи дѣятельность его временно пріостанавливается. У такихъ древесныхъ породъ эта періодичность дѣятельности камбія очень отчетливо выражается на строеніи древесины и обусловливаетъ такъ называемые **годичные слои** или **кольца утолщенія деревьевъ**. По числу такихъ колецъ утолщенія можно вполнѣ точно опредѣлить возрастъ дерева.

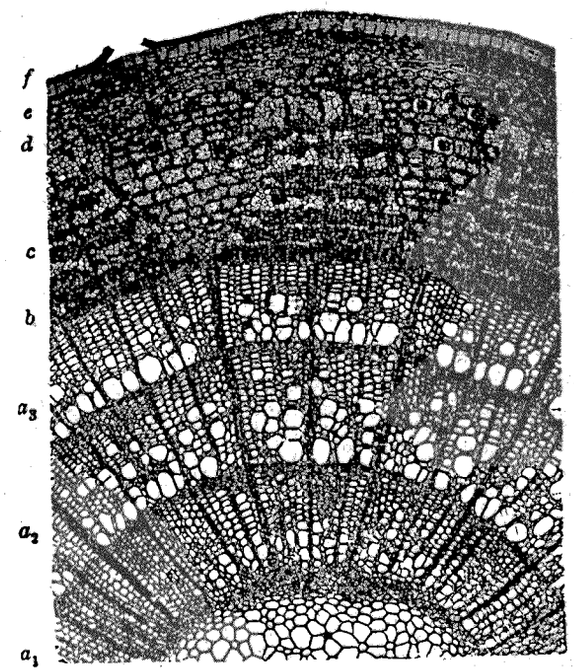


Рис. 408. Часть поперечнаго разрѣза трехлѣтней вѣтви липы. Внизу (въ центрѣ) сердцевина. Она окружена тремя одинъ за другимъ образовавшимися слоями древесины (a_1—a_3); въ древесинѣ замѣтны сосуды (крупныя отверстія) и сердцевинные лучи (радіальныя полоски); *b* — камбій; за нимъ начинается кора: *c* — вторичная кора, состоящая изъ лубяныхъ элементовъ, *d* — первичная кора, состоящая изъ первичной паренхимной ткани. На поверхности пробковая ткань — *e*, покрытая кожицей — *f*; кожица въ одномъ мѣстѣ разорвалась. Въ мякоти первичной коры видны одиночныя крупныя клѣтки съ друзами.

Такіе **годичные слои утолщенія** дерева располагаются обыкновенно на поперечномъ разрѣзѣ ствола концентрически, и каждый слой есть результатъ дѣятельности камбія въ теченіе одного лишь года. На рис. 408 изображенъ поперечный разрѣзъ черезъ часть вѣтви липы. Мы ясно видимъ на этомъ разрѣзѣ три слоя древесины, значитъ, вѣтвь

эта имѣетъ трехлѣтній возрастъ. Чѣмъ ближе слой древесины къ камбію, тѣмъ онъ моложе, такъ какъ слои древесины налагаются снаружи внутрь изъ камбія (*b*). Линія, отдѣляющая одинъ слой древесины отъ другого, указываетъ мѣсто, гдѣ зимою отдыхалъ камбій, и линія эта получается оттого, что въ теченіе вегетаціоннаго періода камбій налагаетъ не одни и тѣ же древесинные элементы: весною отлагаются камбіемъ элементы болѣе тонкостѣнные и гораздо болѣе широкіе, чѣмъ осенью; осенніе же элементы сплюснуты по радіусу. Переходъ отъ весеннихъ элементовъ къ осеннимъ, какъ хорошо видно на рисункѣ, весьма постепенный, но между осенними элементами прошлаго года и весенними слѣдующаго года имѣется очень рѣзкая разница, что и обозначается линіей, отграничивающей одинъ годовой слой отъ другого. Ширина годовыхъ слоевъ древесины весьма различна у разныхъ деревьевъ и даже различна у деревьевъ одного и того же вида, въ зависимости отъ климатическихъ, почвенныхъ и иныхъ внѣшнихъ (такъ называемыхъ экологическихъ) условій существованія дерева. Тополь, напримѣръ, образуетъ очень широкіе слои утолщенія, иначе говоря, очень скоро разрастается въ ширину, наоборотъ, тиссъ или буксусъ (самшитъ) имѣютъ слои очень тонкіе, но зато весьма плотные. Деревья, нарастающіе очень медленно въ толщину и образующіе очень тонкіе, но плотные годовые слои, имѣютъ древесину твердую и очень цѣнную въ техническомъ отношеніи.

Сосна, растущая на крайнемъ сѣверѣ или у насъ на торфяныхъ болотахъ, имѣетъ годовые слои очень тонкіе; но та же сосна, растущая на пескахъ въ борахъ болѣе умѣреннаго климата или, напримѣръ, въ южныхъ нашихъ губерніяхъ, имѣетъ годовые слои древесины широкіе. Поэтому тонкое сосновое дерево крайняго сѣвера можетъ быть на самомъ дѣлѣ значительно старше, чѣмъ наша крупная боровая сосна. Даже одно и то же дерево образуетъ годовые слои разной ширины въ разные годы, въ зависимости отъ климатическихъ условій даннаго лѣта. Если лѣто было благопріятное, то деревья образуютъ болѣе широкіе годовые слои; наоборотъ, неблагопріятное въ климатическомъ отношеніи лѣто обусловливаетъ развитіе узкихъ слоевъ древесины у деревьевъ.

Одностороннее освѣщеніе также вліяетъ на ширину годовыхъ слоевъ; такъ, напримѣръ, у деревьевъ, растущихъ на опушкѣ лѣса, годовые слои шире на освѣщенной сторонѣ и уже на сторонѣ затѣненной. У такихъ деревьевъ на поперечномъ разрѣзѣ ствола годовые слои экцентричные, и сердцевина дерева помѣщается не въ центрѣ разрѣза, а сбоку. Тоже самое наблюдается у деревьевъ, растущихъ далеко на сѣверѣ. Въ суровомъ сѣверномъ климатѣ большая разница оказывается въ питаніи дерева между стороной, обращенной на югъ, и другой, обращенной на сѣверъ, а потому на сторонѣ, обращенной на сѣверъ, слои древесины уже, чѣмъ на противоположной южной сторонѣ. Это хорошо извѣстно сѣвернымъ лѣсопромышленникамъ и охотникамъ, и, заблудившись въ лѣсу, они въ случаѣ, если небо покрыто тучами, легко орьентируются въ странахъ свѣта, срубая какое-либо дерево и по слоямъ его опредѣляя, какъ по компасу, гдѣ сѣверъ и гдѣ югъ.

У многихъ деревьевъ разъ образовавшаяся древесина не подвергается дальнѣйшимъ измѣненіямъ. Но есть и такія деревья, у которыхъ древесина съ возрастомъ пріобрѣтаетъ бо̀льшую крѣпость и болѣе темную окраску. Тогда въ древесинѣ можно отличать такъ называемое **ядро** и **заболонь**. Ядро — внутренняя, старая, наиболѣе цѣнная въ техническомъ отношеніи часть древесины; заболонь, наоборотъ, — молодая, наружная, менѣе цѣнная ея часть. У клена, липы и др. деревьевъ въ древесинѣ мы не можемъ различить ядра и заболони, и такая древесина менѣе цѣнна въ техническомъ отношеніи.

Итакъ, болѣе старые стебли и вѣтви древесныхъ породъ имѣютъ кору и плотную древесину. Кора, отдѣляющаяся отъ стебля нѣжными клѣтками камбія, легко сдирается, обнажая въ такомъ случаѣ древесину. **Кора** есть, слѣдовательно, совокупность всѣхъ внѣшнихъ тканей стебля вплоть до камбіальнаго слоя (см. рис. 408, *b*) и имѣетъ весьма сложное строеніе: поверхность ея занята кожицею (*f*) или пробковою тканью (*e*), подъ нею лежатъ паренхимныя клѣтки мякоти, т. е. первичная кора (*d*), а дальше внутрь идетъ **вторичная кора** или лубъ (*c*), состоящій изъ ситовидныхъ трубокъ, лубяной паренхимы и лубяныхъ толстостѣнныхъ волоконъ (см. рис.

208, *P*, 209, *k-n*). Подъ корою находится тонкій слой **камбія** (*b*), а затѣмъ идутъ **годовые слои древесины** (a_3, a_2, a_1) и, наконецъ, у многихъ деревьевъ еще **сердцевина**. **Древесина** состоитъ изъ древесныхъ толстостѣнныхъ волоконъ, древесныхъ сосудовъ и древесной паренхимы (см. рис. 208, *X*, 209, *b-h*). Бо́льшая часть гистологическихъ элементовъ стебля вытянута въ длину, и, кромѣ того, большая часть стеблей древесныхъ растеній состоитъ изъ тканей уже мертвыхъ, отжившихъ. А между тѣмъ первичная кора дерева, камбій и сердцевина его состоятъ изъ клѣтокъ живыхъ, паренхимныхъ. На первый взглядъ, получается довольно странная анатомическая картина, какъ бы абсурдная даже. Живые нѣжные элементы стебля какъ бы ущемлены среди элементовъ мертвыхъ, отжившихъ и замурованы въ этихъ массахъ отжившихъ тканей. Казалось бы, такія уединенныя живыя ткани не имѣютъ прямого сообщенія ни другъ съ другомъ, ни съ окружающей средой, и является вопросъ, какъ же онѣ могутъ существовать, дышать и питаться, разъ со всѣхъ сторонъ окружены омертвѣлыми гистологическими элементами. Живая сердцевина древесныхъ растеній замурована среди иногда огромнаго количества годовыхъ слоевъ мертвой древесины; камбій — нѣжный, дѣлящійся, жизнедѣятельный, требующій, слѣдовательно, особенно энергичнаго притока кислорода воздуха и питательнаго сока, плотно ущемленъ въ видѣ очень тонкой прослойки среди двухъ сплошныхъ массъ омертвѣлой ткани: коры и древесины. Въ корѣ имѣется живая ткань — первичная кора. Но и она со всѣхъ сторонъ окружена мертвыми тканями, снаружи — пробкой, совнутри — лубомъ. Болѣе внимательное изученіе луба и древесины деревьевъ обнаруживаетъ однако, что, хотя въ массѣ, лубъ и древесина состоятъ изъ мертвыхъ тканей, но среди этихъ мертвыхъ тканей разсѣяны живыя клѣтки лубяной и древесной паренхимы, наполненныя протоплазмой, часто туго набитыя крахмаломъ (см. рис. 209, *e*, *m*) и находящіяся въ непрерывномъ соединеніи другъ съ другомъ. Не только живыя паренхимныя клѣтки древесины соприкасаются другъ съ другомъ, но ряды этихъ клѣтокъ, при посредствѣ такъ называемыхъ **сердцевинныхъ лучей**, находятся въ сообщеніи съ живыми клѣтками луба и первичной коры и съ живыми клѣтками сердцевины, а потому, хотя

масса ствола дерева и соткана изъ элементовъ мертвыхъ, отжившихъ, но среди этой омертвѣлой массы имѣется непрерывная живая ткань, какъ бы пронизывающая въ видѣ сѣти всю толщу древесины и коры и сообщающаяся съ внутренней живой тканью сердцевины, съ наружной живой тканью первичной коры и съ окружающей атмосферой при помощи чечевичекъ (см. рис. 204, 205), всегда имѣющихся въ опробковѣлыхъ слояхъ коры.

Сердцевинные лучи, въ противоположность остальнымъ гистологическимъ элементамъ дерева, состоятъ изъ элементовъ, вытянутыхъ не вдоль, а поперекъ стебля, и при томъ исключительно изъ элементовъ живыхъ. Это ряды живыхъ паренхимныхъ клѣтокъ, расположенныхъ подъ прямымъ угломъ къ сосудамъ, волокнамъ и прочимъ элементамъ древесины и луба и пересѣкающихъ древесину и лубъ по направленію радіусовъ. На поперечномъ разрѣзѣ стебля ихъ обыкновенно легко видѣть даже простымъ глазомъ, еще лучше замѣтны они подъ микроскопомъ. На рис. 408 мы видимъ цѣлый снопъ такихъ сердцевинныхъ лучей, болѣе крупныхъ и толстыхъ, сплошь протянутыхъ отъ сердцевины стебля черезъ всѣ три слоя древесины и черезъ камбій до первичной коры; еще болѣе длинные, но тонкіе сердцевинные лучи пробѣгаютъ вдоль по радіусу отъ сердцевины черезъ древесину, камбій, вторичную кору (или лубъ) до первичной коры. Такіе сердцевинные лучи называются **первичными**. Есть однако же и такіе сердцевинные лучи, которые до сердцевины не доходятъ. Они начинаются во второмъ, третьемъ и другихъ наружныхъ слояхъ древесины и тянутся все же оттуда черезъ камбій и лубъ до первичной коры. Эти сердцевинные лучи называются **вторичными**, и число ихъ увеличивается съ каждымъ годомъ. Но разъ заложился въ древесинѣ (изъ камбія) вторичный сердцевинный лучъ, онъ не прерывается и непремѣнно при дальнѣйшемъ ростѣ стебля въ толщину продолжаетъ тянуться изъ древесины черезъ камбій въ лубъ, до первичной коры. Часть луча, проходящая по древесинѣ, состоитъ изъ клѣтокъ одеревенѣлыхъ, но все же живыхъ, въ лубѣ же клѣтки, образующія сердцевинные лучи, тонкостѣнныя, неодеревенѣлыя. **Лучи** могутъ быть **узкими** и **широкими**. Узкій лучъ на поперечномъ разрѣзѣ состоитъ изъ одного всего ряда клѣтокъ (см. рис. 409, *f*), широкій лучъ можетъ

быть составленъ изъ нѣсколькихъ рядовъ клѣтокъ. Сердцевинные лучи не проходятъ сплошной массой по стволу сверху внизъ (см. рис. 410). Непрерывно проходя отъ периферіи къ

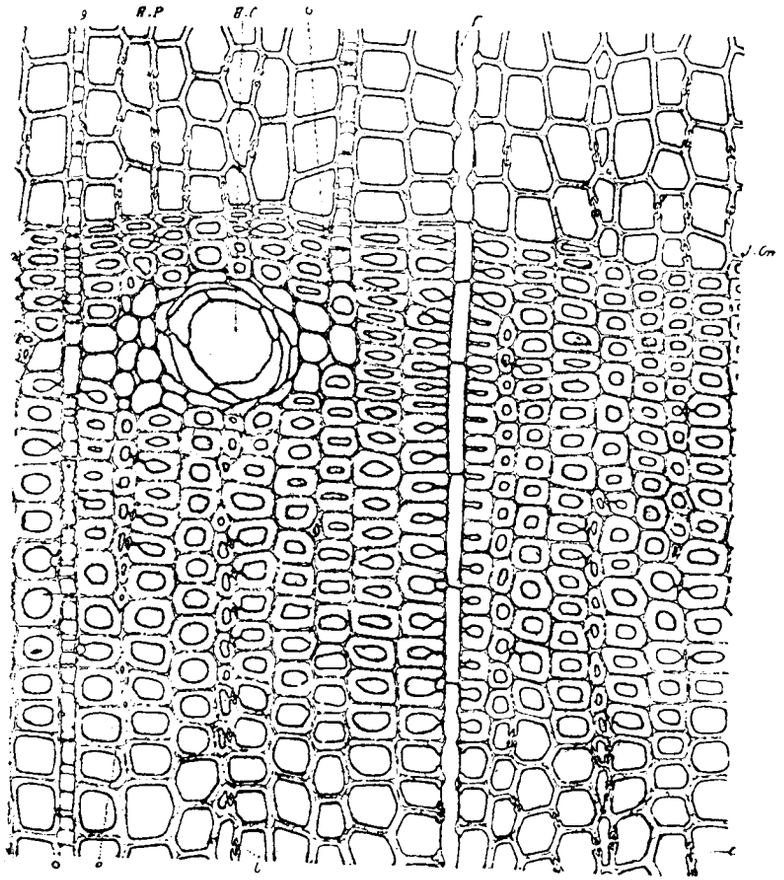


Рис. 409. Поперечный разрѣзъ черезъ древесину сосны: *J, Gn* — граница между двумя годовыми слоями; книзу отъ этой границы (ковнутри) осенняя древесина прошлаго года, а кверху (кнаружи) весенняя древесина слѣдующаго года; *f* — сердцевинный лучъ, *HC* — смоляной ходъ.

центру стебля, сердцевинные лучи въ продольномъ направленіи обыкновенно очень не высоки, состоя всего изъ нѣсколькихъ вертикальныхъ рядовъ клѣтокъ. Въ клѣткахъ этихъ очень часто наблюдается крахмалъ. Служа живыми связующими элементами между всѣми живыми тканями ствола

дерева, сердцевинные лучи способствуютъ обмѣну вещества между корой и древесиной. Мы знаемъ, что по ситовиднымъ трубкамъ коры дерева идетъ нисходящій питательный сокъ, богатый запасными питательными веществами. Черезъ сердцевинные лучи сокъ этотъ передается и въ жизнедѣятельный камбій, нуждающійся постоянно въ притокѣ свѣжаго строительнаго матеріала, и въ живыя клѣтки древесины и сердцевины, гдѣ онъ откладывается на зиму про запасъ, въ видѣ крахмала. Оттого-то живыя клѣтки древесной паренхимы, сердцевинныхъ лучей и сердцевины часто заполнены бываютъ крахмаломъ, котораго особенно много скопляется въ стволахъ деревьевъ подъ осень.

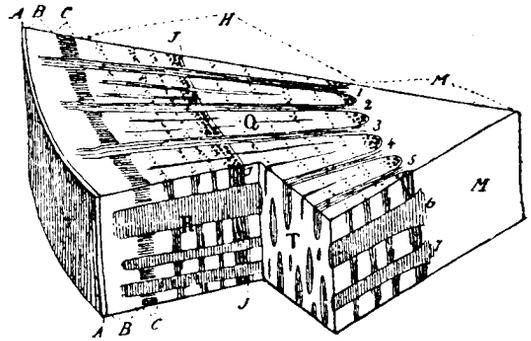


Рис. 410. Сердцевинные лучи на поперечномъ (*Q*), радіальномъ (*R*) и тангентальномъ (*T*) разрѣзахъ ствола дерева: *A* — пробковая ткань, *B* — кора, *C* — камбій, *H* — древесина, *M* — сердцевина. Древесина состоитъ изъ двухъ годичныхъ слоевъ, *J* — граница между ними.

Вслѣдствіе существованія въ древесинѣ сердцевинныхъ лучей и годовыхъ слоевъ, продольный разрѣзъ древесины имѣетъ одинъ видъ на разрѣзѣ радіальномъ и совершенно другой — на тангентальномъ разрѣзѣ (см. рис. 410). Радіальный продольный разрѣзъ древесины *(R)* обнаруживаетъ годовые слои, пересѣкаемые подъ прямымъ угломъ болѣе широкими или болѣе узкими полосками ткани сердцевинныхъ лучей. На тангентальномъ же разрѣзѣ древесины *(T)* годовыхъ слоевъ не видно, а въ волокнистой массѣ древесины обнаруживаются поперечные разрѣзы сердцевинныхъ лучей, имѣющіе обыкновенно вытянутую веретенообразную форму въ направленіи сверху внизъ и разную величину, смотря по тому, разрѣзанъ ли лучъ узкій или широкій, первичный или вторичный.

Лекція тридцать четвертая.

Корневая сила.

Стебель, какъ мы уже не разъ говорили, имѣетъ двѣ основныхъ задачи: 1) **механическую**—поддерживать листву растенія и располагать ее наиболѣе выгоднымъ образомъ по отношенію къ свѣту и 2) **чисто физіологическую** — разносить по всему растенію воду. Выполненіе первой задачи вполнѣ понятно изъ того, что мы уже знаемъ о наружномъ и внутреннемъ строеніи стебля и о его вѣтвленіи. Сегодня намъ надо остановиться нѣсколько подробнѣе на второй его задачѣ, на **водоснабженіи** растенія и всѣхъ его органовъ. Мы знаемъ, что корень поглощаетъ изъ земли воду съ растворенными въ ней минеральными веществами, и что вода эта по главному корню и стеблю поднимается кверху въ листья. Изъ физики вамъ должно быть извѣстно, что насосомъ можно поднять воду всего до 34 футовъ, а между тѣмъ есть немало деревьевъ и ліанъ, достигающихъ значительно большей высоты. Спрашивается, какимъ же образомъ у растеній вода можетъ по стеблю подниматься на такую огромную высоту.

Для объясненія этого явленія слѣдуетъ принять во вниманіе цѣлый рядъ сложныхъ физіологическихъ процессовъ, совершающихся какъ въ корнѣ, такъ и въ стеблѣ растеній. Первое, на что приходится обратить вниманіе — это на такъ называемую **корневую силу.** Корень, поглощая корневыми волосками воду изъ почвы, продавливаетъ ее далѣе кверху, сначала по центральному цилиндру своему, а потомъ по древесной части сосудистыхъ пучковъ или по древесинѣ стебля, съ значительной силой, нерѣдко превышающей атмосферное давленіе. Если у растенія срѣзать стебель у самого

основанія, то изъ срѣза начинаетъ высачиваться вода. Прикрѣпивъ, при помощи каучуковой трубочки, къ срѣзу стеклянную трубку, мы можемъ собрать эту воду и изслѣдовать ее. Выдѣляемая вода представляетъ обыкновенно очень слабый растворъ минеральныхъ соединеній, и, слѣдовательно, это та самая вода, которую растеніе корневыми волосками поглощаетъ изъ почвы. Вода выдавливается изъ срѣза въ теченіе нѣсколькихъ, а иногда и довольно многихъ дней, и при этомъ въ стеклянной трубкѣ можетъ накопиться такое количество воды, которое занимаетъ объемъ гораздо большій, чѣмъ можетъ сразу помѣщаться въ корнѣ. Ясно, что и послѣ срѣза растенія корень продолжаетъ высасывать изъ земли воду и накачивать ее кверху, въ данномъ случаѣ не въ стебель, а въ замѣняющую его въ нашемъ опытѣ стеклянную трубку. Если вмѣсто прямой стеклянной трубки прикрѣпить къ срѣзу нашему V-образную трубку (см. рис. 411), съ однимъ колѣномъ расширеннымъ, и налить въ трубку эту ртуть, т. е., иначе говоря, если прикрѣпить къ срѣзу манометръ, то вода, выдавливаемая изъ корня, будетъ давить на заключенный въ лѣвой части трубки воздухъ, а тотъ въ свою очередь передастъ давленіе это ртути, и ртуть подымется въ правомъ узкомъ колѣнѣ. Разность уровней ртути въ манометрѣ укажетъ намъ ту силу, съ которой вода выдавливается изъ корня, т. е. корневую силу, въ единицахъ атмосфернаго давленія. Опыты показываютъ, что, напримѣръ, у виноградной лозы корневая сила больше атмосфернаго давленія; у другихъ растеній она тоже значительная, но б. ч. меньше атмосфернаго давленія. Дальнѣйшія изслѣдованія съ описаннымъ приборомъ показали, что корневая сила дѣйствуетъ

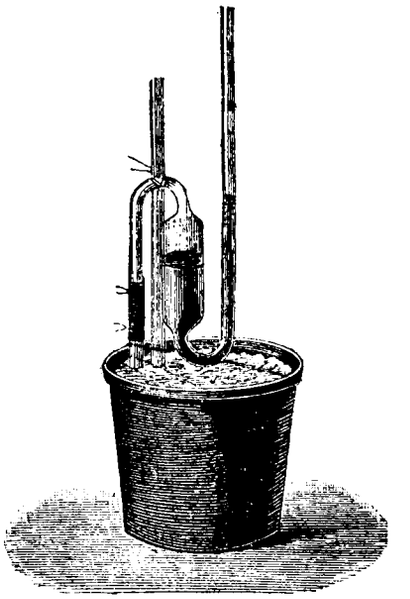


Рис. 411. Приборъ для измѣренія корневой силы.

строго періодически; если опытъ вести все время въ темнотѣ и при постоянной опредѣленной температурѣ, то все же оказывается, что максимума своего корневая сила достигаетъ около полудня, а ночью она значительно ослабѣваетъ, и это повторяется ежедневно, хотя бы растеніе все время стояло въ темнотѣ. Но молодые проростки или этіолированныя растенія не обнаруживаютъ такой періодичности истеченія сока изъ прикорневого срѣза, и у нихъ истеченіе это идетъ равномѣрно въ теченіе цѣлыхъ сутокъ, какъ долго бы оно ни продолжалось. Это показываетъ намъ, что ближайшая причина періодичности корневой силы есть свѣтъ или, точнѣе говоря, смѣна дня и ночи. И если растеніе уже долгое время подвергалось такой смѣнѣ дня и ночи, то корень его, самъ находящійся всегда въ темнотѣ, точно раскачавшійся маятникъ, продолжаетъ, такъ сказать, по привычкѣ, и далѣе выдавливать днемъ много, а ночью мало сока послѣ удаленія самого растенія и даже въ случаѣ помѣщенія опыта на цѣлыя сутки въ темноту; у молодыхъ же или этіолированныхъ проростковъ такой **физіологической привычки** или **физіологической инерціи** еще нѣтъ, а потому корневая сила ихъ не обнаруживаетъ вышеуказанной періодичности въ истеченіи сока послѣ срѣза. Эти интересные опыты еще лишній разъ указываютъ намъ на явленіе передачи раздраженія въ растительномъ тѣлѣ, о которомъ мнѣ приходилось говорить съ вами неоднократно въ началѣ этого курса. И здѣсь воспринимаетъ раздраженіе, получаемое отъ смѣны дня и ночи, надземная часть растенія, по всей вѣроятности, листья; но раздраженіе это передается далеко внизъ, въ части растенія, находящіяся подъ землею, собственно въ корневые волоски, которые подъ вліяніемъ раздраженія этого, воспринимаемаго однако листьями, днемъ высасываютъ много воды изъ почвы и съ силой выталкиваютъ ее въ центральный цилиндръ корня, а ночью дѣятельность корневыхъ волосковъ и самого корня понижается, и корень нагнетаетъ гораздо меньше воды. И если растеніе уже разъ восприняло и при томъ въ достаточной степени раздраженіе смѣны дня и ночи, то и по удаленіи воспринимающихъ органовъ (всей надземной части растенія) корни его все же продолжаютъ свою работу такъ же, какъ бы раздраженіе это продолжало существовать. Вотъ почему этіолированныя растенія или

молодые проростки не обнаруживаютъ періодичности корневой силы. Эти явленія совершенно аналогичны, напримѣръ, тѣмъ явленіямъ, которыя сопровождаютъ передачу раздраженія при геотропическихъ изгибахъ кончика корня. Я вамъ въ свое время разсказывалъ объ этихъ явленіяхъ и говорилъ, что воспринимаетъ геотропическое раздраженіе кончикъ корня, а производитъ геотропическій изгибъ часть корня, наиболѣе сильно растущая и находящаяся на нѣкоторомъ разстояніи отъ верхушки. И если, напримѣръ, положить молодой кончикъ корня горизонтально и черезъ нѣсколько времени, но пока онъ не успѣлъ еще изогнуться, отрѣзать этотъ кончикъ, то геотропическій изгибъ все же получится, при чемъ безразлично, въ какомъ положеніи будетъ корешокъ послѣ его обезглавливанія; изгибъ же этотъ направится именно въ ту сторону, въ которую долженъ былъ бы онъ направиться до обезглавливанія, а не въ зависимости отъ вновь приданнаго корню положенія послѣ обезглавливанія. Но если у вертикально растущаго корешка сначала отрѣзать верхушку, а затѣмъ положить его горизонтально, то корень будетъ расти дальше горизонтально и не дастъ геотропическаго изгиба. Тутъ мы имѣемъ также дѣло съ передачей раздраженія и съ послѣдѣйствіемъ, происходящимъ даже тогда, когда причина раздраженія или воспринимающій раздраженіе органъ удалены.

Примѣровъ **физіологической инерціи** или **послѣдѣйствія** можно было бы привести много и изъ другихъ явленій раздраженія въ области растительнаго царства. Такъ, напримѣръ, каждый изъ васъ знаетъ, что осенью деревья наши сбрасываютъ свои листья, вслѣдствіе наступленія холодовъ. Но вотъ что интересно. Бываетъ запоздалая осень, очень теплая, сухая, называемая въ простонародіи бабьимъ лѣтомъ. И тѣмъ не менѣе многія деревья начинаютъ желтѣть и сбрасывать свою листву въ опредѣленное нормальное время. Если наши деревья перенести въ теплую оранжерею, то все же въ опредѣленное время начинается листопадъ, какъ будто бы черезъ стекла оранжереи растеніе видитъ, что на дворѣ наступила уже осень. И если въ теченіе зимы въ оранжереѣ тепло, но не очень уже жарко, то растеніе все-таки будетъ оставаться въ состояніи покоя, и только весною, съ наступленіемъ измѣненія температуры на дворѣ,

растеніе и въ теплицѣ начинаетъ оживать и распускать свои почки. Нахожденіе въ теплой оранжереѣ можетъ нѣсколько ускорить распусканіе почекъ, можетъ нѣсколько сократить стадію покоя, но самую періодичность жизнедѣятельности растенія оно не измѣняетъ, хотя періодичность эта есть несомнѣнный результатъ вліянія смѣны климатическихъ условій разныхъ временъ года. Только сильно повышая температуру оранжереи, мы можемъ вызвать несвоевременныя явленія въ жизни растеній. Это называется выгонкой растенія. И когда садовники выгоняютъ въ оранжереяхъ зимою свѣжую клубнику или землянику или выгоняютъ луковичныя растенія къ цвѣтенію вмѣсто весны въ зимніе мѣсяцы, то они черезъ-чуръ искусственными пріемами нарушаютъ физіологическую инерцію растеній, но нарушаютъ не безъ вреда для самого растенія. Выгнанная зимою земляника хотя и стоитъ огромныхъ денегъ и дорого продается въ гастрономическихъ магазинахъ, однако же она далеко уступаетъ по своему вкусу и аромату тѣмъ же плодамъ, созрѣвшимъ въ нормальное время и при нормальныхъ условіяхъ. Цвѣты гіацинтовъ, тюльпановъ, искусственно выгнанные зимою, пожалуй, не хуже цвѣтущихъ въ нормальное время. Но зато само растеніе уже хуже, оно истощено форсированной выгонкой и въ слѣдующемъ году дастъ очень плохо развитые цвѣты. Вотъ почему нельзя въ теплыхъ оранжереяхъ культивировать растенія холодныхъ климатовъ. Они, правда, растутъ скорѣе, сильно вытягиваются, раньше цвѣтутъ, но все это обходится имъ не даромъ, и, не имѣя достаточнаго отдыха въ повышенной температурѣ оранжерей, такія растенія холодныхъ странъ скоро истощаются и въ концѣ концовъ гибнутъ, ибо физіологическія привычки ихъ или инерція сильно нарушены ненормальными, можетъ быть, черезъ-чуръ благопріятными для нихъ условіями существованія.

Какъ въ жизни человѣка и человѣческихъ обществъ многое и очень многое зависитъ отъ привычки, такъ и въ жизни растеній привычка имѣетъ большое значеніе, и ею, привычкою этой или физіологической инерціей, объясняются многія явленія въ жизни растеній. Такъ, и періодичность корневой силы объясняется ничѣмъ инымъ, какъ привычкой или физіологической инерціей.

Мы видѣли выше, что вытекающій изъ корневого срѣза сокъ состоитъ почти изъ чистой воды съ незначительнымъ лишь количествомъ растворенныхъ въ водѣ неорганическихъ солей. Если мы будемъ разсматривать только-что сдѣланный срѣзъ въ лупу, то увидимъ, что капли воды выдавливаются изъ корневого срѣза только тамъ, гдѣ приходятся разрѣзы черезъ проводящіе пучки, а именно, изъ древесныхъ частей проводящаго пучка. Если осторожно гигроскопической бумагой стереть эти капли, то сейчасъ же изъ срѣза выступаютъ новыя капли и опять на тѣхъ же мѣстахъ. Значитъ, **восходящій токъ**, во-первыхъ, именно сырой питательный сокъ, и, во-вторыхъ, идетъ онъ по сосудамъ растенія, по древеснымъ частямъ проводящихъ пучковъ. Если срѣзъ сдѣланъ не черезъ травянистое растеніе, а черезъ дерево или кустарникъ, то изъ срѣза выдѣляется сокъ не отдѣльными каплями, а сплошь, но лишь изъ древесины дерева, а не изъ луба. Это вполнѣ подтверждаетъ высказанное уже ранѣе положеніе, что восходящій токъ идетъ только по древеснымъ частямъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ или у деревянистыхъ растеній б. и. м. по всей древесинѣ. У деревьевъ, имѣющихъ ядро и заболонь въ древесинѣ, обильнѣе выдѣляется сокъ въ заболони, т. е. въ болѣе молодой части древесины.

Періодичность корневой силы сказывается не одной суточной смѣной силы истеченія восходящаго тока, но зависитъ эта періодичность и отъ смѣны временъ года. Особенно высока корневая сила весною. Нѣкоторыя растенія весною такъ сильно выдавливаютъ сокъ изъ корня, что получается явленіе, называемое **плачемъ растенія.** Если ранней весною, когда только-только начинаютъ распускаться почки на березѣ, сдѣлать въ стволѣ березы глубокую рану, то изъ раны этой вытекаетъ такъ обильно сокъ, что его можно собрать въ стаканъ или чашку. Пораненая береза плачетъ весною. Деревенскіе мальчики любятъ собирать этотъ сокъ и пить его, ибо онъ сладкій. Анализъ такого весенняго сока показываетъ, что въ растворѣ его, притомъ же болѣе концентрированномъ, много сахару, а также и нѣкоторыхъ другихъ органическихъ соединеній. Весенній сокъ струится тоже лишь по древесинѣ. Это все та же

влага, добываемая корнями изъ почвы, состоящая изъ воды съ слабо растворенными минеральными веществами; но, проходя черезъ древесину деревьевъ, сокъ этотъ весною на пути своемъ встрѣчаетъ клѣтки древесной паренхимы и сердцевинныхъ лучей, съ осени туго набитыя запаснымъ крахмаломъ. Весною крахмалъ этотъ постепенно переходитъ въ сахаръ подъ вліяніемъ діастаза, и восходящій сокъ дѣлается сладкимъ и болѣе питательнымъ. Онъ не требуетъ дальнѣйшей переработки и сразу идетъ на питаніе и на дыханіе. На счетъ такого весенняго восходящаго сока, называемаго **пасокой**, деревья строятъ всѣ тѣ молодые ткани и органы, которые весною столь быстро образуются на распускающихся деревьяхъ (листья, цвѣты, молодыя вѣтки и т. д.).

Не одна только береза плачетъ весною при пораненіи. То же самое съ значительной силой наблюдаемъ мы, напримѣръ, у клена и виноградной лозы, но ель и сосна совершенно не обнаруживаютъ этого явленія, м. б. потому, что древесина ихъ лишена сосудовъ. Лѣтомъ плачъ растеній прекращается, и если лѣтомъ вставить въ рану березы трубочку съ водой, то даже, напротивъ, вода эта жадно всасывается древесиной. Но осенью, послѣ листопада, опять наблюдается осенній плачъ деревьевъ, болѣе слабый однако, чѣмъ весенній.

Корневую силу можно объяснить себѣ слѣдующимъ образомъ. Мы знаемъ, что корень состоитъ изъ рыхлой, какъ губка, первичной коры и изъ центральнаго цилиндра, въ которомъ много древесныхъ сосудовъ (см. рис. 326). Живыя клѣтки первичной коры заключаютъ въ себѣ разныя вещества, жадно притягивающія воду, какъ губка. Корневые волоски путемъ осмоса всасываютъ почвенную влагу и осмотическимъ давленіемъ передаютъ ее въ ближайшія клѣтки первичной коры корня. Тѣ въ свою очередь настолько напружаются водою, всасываемою ихъ клѣточнымъ содержимымъ, что съ значительной силой продавливаютъ ее далѣе; а далѣе продавиться вода эта можетъ лишь черезъ пропускныя клѣтки эндодермы (см. рис. 328) въ порожнія полости древесныхъ сосудовъ, радіальными рядами какъ разъ расположенныхъ въ центральномъ цилиндрѣ корня противъ пропускныхъ клѣтокъ эндодермы (см. рис. 327). Каждая

клѣтка первичной коры находится подъ сильнымъ осмотическимъ давленіемъ. Въ огромномъ количествѣ клѣтокъ первичной коры осмотическое давленіе это суммируется. И весь этотъ огромный напоръ воды попадаетъ въ центральный цилиндръ корня лишь черезъ немногія пропускныя клѣтки, представляющія своего рода какъ бы узкія отверстія, черезъ которыя запруженная эндодермой вода, и безъ того находящаяся подъ осмотическимъ давленіемъ, съ силой пробивается въ центральный цилиндръ, гдѣ, наконецъ, она находитъ себѣ открытый путь по сосудамъ центральнаго цилиндра корня. Понятно, что иначе, какъ съ большой силой, она и не можетъ подниматься по корню и оттуда по ксилемѣ сосудистыхъ пучковъ стебля. Отсюда-то и этотъ напоръ, это какъ-бы накачиваніе воды корнемъ въ стебель, нерѣдко превышающее даже атмосферное давленіе. Мы видѣли, что лѣтомъ однако береза не только не плачетъ, но даже жадно всасываетъ древесиной своей воду, если въ рану ея вставить трубочку съ водой. Что же, значитъ, лѣтомъ корневой силы нѣтъ? Конечно, и лѣтомъ корень является все тѣмъ же нагнетательнымъ насосомъ, что и весной. Но лѣтомъ на березѣ имѣется безчисленное множество листьевъ. Листья эти своей обширной поверхностью испаряютъ огромное количество воды, и балансъ между количествомъ воды, нагнетаемой корнемъ и испаряемой изъ стебля листьями, можетъ не уравновѣшиваться. Процессъ испаренія воды черезъ листья можетъ превысить процессъ поднятія воды въ стволѣ при помощи корневой силы, а потому въ итогѣ въ стеблѣ можетъ быть не $+$, а $-$ воды, и тогда пораненый стебель не только не высачиваетъ воду, но даже жадно ее поглощаетъ.

Весною, когда деревья лишь начинаютъ распускаться, корни, пробуждаясь раньше къ жизни, чѣмъ стебли, уже накачиваютъ въ стебель воду, а стебель не образовалъ еще листьевъ, и потери воды черезъ испаренія нѣтъ или ея очень мало; и вотъ въ этомъ случаѣ приходъ воды въ стеблѣ во много разъ больше расхода, откуда и явленіе весенняго плача. То же самое мы видимъ и осенью, послѣ листопада, сразу понижающаго испареніе воды растеніемъ, въ то время какъ корень продолжаетъ еще нагнетать ее изъ почвы, пока послѣдняя не замерзнетъ. Есть растенія,

очень рано распускающія свои почки весною, иногда подъ вліяніемъ весенняго солнца раньше даже, чѣмъ оттаетъ земля. Тогда происходитъ обратное явленіе: молодые нѣжные весенніе листья обильно испаряютъ воду, а притока новой воды нѣтъ, и рано распустившіеся листья вскорѣ вянутъ и гибнутъ. Растеніе точно получило ожогъ отъ рѣзкаго весенняго солнца. Но тутъ не ожогъ, а высыханіе молодыхъ побѣговъ отъ излишняго испаренія. Если такія рано распускающія весною свои почки деревья закутать, напримѣръ, соломой, отличающейся слабой теплопроводностью, то этимъ мы замедлимъ распусканіе почекъ, и оно произойдетъ позже, тогда, когда корни начнутъ въ оттаявшей землѣ свою нагнетательную работу. И растеніе благополучно перенесетъ весеннее горячее солнце. Вотъ почему многіе кустарники и деревья на зиму обворачиваютъ соломой. Не морозы, иногда очень сильные, вредятъ растенію, а весеннее солнце. И обворачивая на зиму растенія соломой, мы дѣлаемъ это не для самой зимы, а для ранней весны. Каждый садовникъ знаетъ, что если очень рано весною снять съ растенія такую соломенную обвертку, то оно окажется еще свѣжимъ и хорошо перенесшимъ зиму съ сильными морозами; но черезъ нѣсколько дней оно все же засохнетъ, какъ бы обожженное привѣтливымъ весеннимъ солнышкомъ; по снятіи соломы, почки начинаютъ дѣйствовать, а корень не началъ еще нагнетать воду изъ замерзшей земли, и растеніе гибнетъ именно весною, перенесши безъ вреда для себя лютые морозы.

Лекція тридцать пятая.

Передача воды по стеблю.

Подъ давленіемъ корневой силы вода съ растворенными минеральными соединеніями, воспринятая корневыми волосками изъ земли, черезъ сосуды центральнаго цилиндра корня передается въ стебель. Мы видѣли на прошлой лекціи, что вода изъ корня въ стебель выдавливается съ значительной силой, нерѣдко превышающей давленіе одной атмосферы; здѣсь въ стеблѣ вода поднимается дальше по древесинной части сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, а въ стебляхъ и стволахъ деревянистыхъ растеній — по всей массѣ древесины. Что вода передается именно по древесиннымъ гистологическимъ элементамъ, а не по лубянымъ, можно доказать цѣлымъ рядомъ опытовъ. Напримѣръ, если у дерева перерѣзать кору въ двухъ мѣстахъ поперекъ и снять ее колечкомъ, то все же дерево не сохнетъ, и части его, лежащія надъ такимъ кольцевымъ срѣзомъ, продолжаютъ развиваться нормально. Такой опытъ называется **кольцеваніемъ** деревьевъ, и онъ показываетъ, что вода въ листья доставляется не по корѣ. Хорошій ростъ дуплистыхъ деревьевъ, у которыхъ отъ времени разрушена вся сердцевина, показываетъ, что и сердцевина не имѣетъ значенія при передачѣ воды по стеблю. Значитъ, остается одна древесина, по которой и идетъ восходящій токъ въ растеніи. Если срѣзанныя вѣтви древесныхъ породъ погрузить въ вишневый сокъ или другую какую-нибудь окрашенную жидкость, то вскорѣ древесина вѣтокъ этихъ замѣтно окрасится, ясно тѣмъ подтверждая, что восходящій токъ струится по древесинѣ. Мало-по-малу окрашенный

сокъ этотъ передается по сосудисто-волокнистымъ пучкамъ въ листья, цвѣты и т. д., и жилки листьевъ, лепестковъ и др. органовъ замѣтно окрасятся въ красный цвѣтъ. Особенно хорошо это можно видѣть на бѣлыхъ лепесткахъ вѣнчиковъ или на листьяхъ, имѣющихъ бѣлыя пятна (folia variegata). На бѣломъ фонѣ ярко выступаютъ тогда окрашенныя жилки, проходящія въ лепесткахъ или листьяхъ. Такой опытъ удается только на срѣзанныхъ вѣтвяхъ и при томъ лучше всего въ томъ случаѣ, если вѣтви срѣзать подъ окрашивающей жидкостью. Если поливать растенія окрашенными жидкостями или корнями помѣстить цѣлое растеніе въ окрашенный сокъ, то ничего не получится, по той простой причинѣ, что, какъ мы знаемъ, живая плазма пропускаетъ черезъ себя воду и нѣкоторыя растворенныя въ водѣ вещества, но не пропускаетъ красящихъ веществъ. Слѣдовательно, уже корневые волоски, какъ клѣтки живыя, будутъ высасывать изъ вишневаго сока воду и нѣкоторыя растворенныя вещества, но не пропустятъ черезъ себя окрашивающее вишневый сокъ начало. Въ старыхъ деревьяхъ вода передается вверхъ даже не по всей массѣ древесины, а лишь по болѣе молодой ея части, по заболони. Это опять таки ясно доказываютъ намъ старыя дуплистыя деревья, у которыхъ не только сердцевина, но и ядро древесины уже разрушилось, и тѣмъ не менѣе дерево растетъ хорошо. Но если мы кольцеваніе дерева произведемъ не до камбія только, а гораздо глубже, надрѣзавъ кольцомъ не только кору, но и всю заболонь, оставивъ въ цѣломъ видѣ лишь ядро древесины, то вѣтви и листья дерева выше такого кольцевого надрѣза очень быстро завянутъ и вскорѣ погибнутъ совершенно. Вода до нихъ уже доходить не можетъ, такъ какъ путь ея перерѣзанъ на всемъ поперечномъ сѣченіи ствола дерева. Но если такое же поперечное сѣченіе ствола сдѣлать въ двухъ мѣстахъ такъ, что въ одномъ мѣстѣ перерѣзать всю правую половину дерева, а немного повыше лѣвую сторону, то дерево не сохнетъ и продолжаетъ расти. Восходящій токъ идетъ въ отвѣсномъ направленіи, но встрѣчая на пути препятствія, онъ можетъ ихъ огибать, пользуясь, очевидно, для этого сердцевинными лучами дерева. Въ послѣднемъ опытѣ вертикальный путь восходящему току въ сущности весь перерѣзанъ, но не сплошь, а въ двухъ противоположныхъ мѣстахъ; и восходящій токъ, дойдя до перерѣзанной правой половины древесины, направляется весь въ лѣвую сторону дерева, а дойдя до преграды къ дальнѣйшему своему движенію въ лѣвой половинѣ дерева, снова цѣликомъ направляется вправо и обходитъ перерѣзанный ему путь.

Сначала предполагали, что вода сочится не въ полостяхъ вытянутыхъ элементовъ древесины, а исключительно по стѣнкамъ сосудовъ, древесныхъ волоконъ, древесной паренхимы, и лишь весною, во время весенняго плача, избытокъ воды проникаетъ и въ полости сосудовъ, откуда и вытекаетъ или, точнѣе говоря, выдавливается каплями при надрѣзѣ стебля. Но вычисленія показали, что даже лѣтомъ, когда деревомъ испаряется масса воды черезъ листья, все же древесина его содержитъ такое большое количество воды, что она въ однѣхъ стѣнкахъ сосудовъ и древесныхъ волоконъ не могла бы помѣститься. Въ настоящее время доказано, что главными путями движенія воды по стеблю являются сосуды, и лишь у такихъ деревьевъ, которыя лишены сосудовъ, напримѣръ, у хвойныхъ, вода струится по древеснымъ волокнамъ.

На продольныхъ разрѣзахъ сосуды кажутся наполненными воздухомъ, и прежде думали, что сосуды — дыхательные органы растенія, проводящіе внутрь растенія воздухъ. Ихъ даже назвали трахеями, отождествляя съ дыхательными трубками насѣкомыхъ, называемыми тоже трахеями. Но такое представленіе о сосудахъ совершенно неправильно. Для провѣтриванія тканей существуетъ въ растеніяхъ система межклѣтныхъ ходовъ и воздухоносныхъ полостей, составляющая одну общую сѣть и черезъ чечевички коры и дыхательныя устьица дѣйствительно соприкасающаяся съ внѣшнимъ воздухомъ. Сосуды, наоборотъ, всегда находятся среди плотно сомкнутой ткани и, напримѣръ, въ корнѣ герметически уединены отъ внѣшняго воздуха даже особымъ непропускающимъ воздухъ слоемъ эндодермы. Если на разрѣзахъ сосуды кажутся намъ наполненными не водою, а воздухомъ, то надо помнить, что въ живомъ растеніи воздуха этого въ сосудахъ не было; онъ устремляется въ сосуды извнѣ во время ихъ перерѣзыванія. Что это дѣйствительно такъ, лучше всего можно убѣдиться слѣдующимъ опытомъ. Перерѣзаютъ какую-либо

вѣтвь подъ ртутью. Если бы въ сосудахъ былъ воздухъ, то ртуть не могла бы въ нихъ войти. Ртуть не смачиваетъ стѣнки сосудовъ и потому не можетъ войти въ сосудъ силою его волосности. Она можетъ войти въ него лишь при одномъ условіи: если сосудъ пустой, т. е., либо совершенно лишенъ воздуха, либо воздухъ въ немъ находится въ сильно разрѣженномъ состояніи, и ртуть входитъ послѣ перерѣза сосуда подъ ртутью подъ вліяніемъ внѣшняго атмосфернаго давленія. Опыты показали, что, дѣйствительно, при перерѣзываніи вѣтки растенія подъ ртутью, эта послѣдняя сейчасъ же устремляется, и довольно быстро притомъ же, въ сосуды, наполняя ихъ до значительной высоты. На разрѣзанныхъ вдоль вѣточкахъ ясно вырисовываются сосуды, блестящіе тонкими полосками серебристой ртути. Значитъ, до перерѣза сосуды были либо совершенно пусты, либо наполнены лишь очень разрѣженнымъ воздухомъ. Наблюдая неповрежденные сосуды, мы можемъ убѣдиться, что они, дѣйствительно, либо цѣликомъ наполнены водой, либо вода въ нихъ чередуется съ пузырьками чрезвычайно разрѣженнаго газа, а обычнаго воздуха въ неповрежденныхъ сосудахъ нѣтъ; онъ набирается въ сосуды лишь послѣ разрѣза и тогда мѣшаетъ правильному ихъ функціонированію. Итакъ, восходящій токъ струится по сосудамъ, высоко поднимаясь по нимъ, въ силу ихъ капиллярности — это разъ, и въ силу значительной разрѣженности въ нихъ воздуха — это два. Вотъ еще двѣ новыхъ причины, способствующихъ поднятію восходящаго тока въ стеблѣ растенія на значительную высоту. Тургорное или осмотическое давленіе и корневая сила нагнетаютъ воду изъ корня въ стебель, а дальше въ стеблѣ вода эта поднимается все выше и выше по сосудамъ вслѣдствіе чрезвычайной разрѣженности воздуха въ сосудахъ и въ силу ихъ капиллярности. Она струится такъ же по сосудамъ вверхъ, какъ керосинъ, напримѣръ, въ лампѣ поднимается вверхъ по фитилю, въ силу капиллярности послѣдняго. Если двѣ одинаковыхъ вѣтки отрѣзать отъ дерева — одну на воздухѣ, другую же подъ водою, и затѣмъ обѣ поставить въ стаканъ съ водой, то хотя обѣ вѣтки будутъ древесиной своей всасывать воду изъ стакана, но одна изъ нихъ завянетъ въ концѣ концовъ раньше, чѣмъ другая. И именно, завянетъ раньше та вѣтвь, которая отрѣзана была

отъ дерева на воздухѣ. Отрѣзая ее на воздухѣ, мы перерѣзаемъ сосуды, и наружный воздухъ входитъ въ нихъ. Если мы теперь поставимъ вѣтвь эту въ воду, то вода все же будетъ подниматься по сосуду, но лишь въ силу капиллярности. Тогда какъ у вѣтви, отрѣзанной подъ водой, въ перерѣзанные сосуды воздухъ извнѣ не попадетъ, а попадетъ вода, и при дальнѣйшемъ всасываніи ея изъ стакана, въ такой вѣтви вода по сосудамъ будетъ подниматься далѣе и вслѣдствіе капиллярности сосудовъ, и вслѣдствіе разрѣженности ихъ воздуха. Поэтому, если вы хотите дамѣ своего сердца поднести букетъ, который долго не вянулъ бы, нарѣжьте букетъ этотъ подъ водой и не вынимайте изъ воды перерѣзанныхъ подъ водой стебельковъ. Тогда букетъ этотъ стоять будетъ очень долго въ водѣ и не вянуть, свидѣтельствуя вмѣстѣ съ тѣмъ о неизмѣнности чувствъ обожателя...

Мы видимъ, что восходящій токъ имѣетъ цѣлый рядъ причинъ для своего движенія кверху противъ силы тяжести, наперекоръ земному притяженію. Каждая изъ этихъ силъ въ отдѣльности не можетъ объяснить намъ поступательное движеніе восходящаго тока въ растеніяхъ на высоту, превышающую поднятіе воды насосомъ до 34 лишь футовъ; но совокупность всѣхъ этихъ силъ, дѣйствующихъ вмѣстѣ въ растеніи, дѣлаетъ если не окончательно возможнымъ, то все же б. и. м. понятнымъ явленіе восходящаго тока. Эндосмосъ и экзосмосъ, осмотическое давленіе, корневая сила, волосность сосудовъ, разрѣженность въ нихъ воздуха — все это, суммируясь, заставляетъ у многихъ растеній подниматься воду гораздо выше 34 футовъ. Корневая сила дѣйствуетъ при этомъ, какъ нагнетательный насосъ. Она выдавливаетъ воду съ большой силой и толкаетъ ее снизу вверхъ. Есть еще одна сила, весьма много содѣйствующая восходящему току — это **испареніе воды листьями.** Если корневую силу можно сравнить съ насосомъ нагнетательнымъ, то испареніе воды черезъ листья можно сравнить съ насосомъ всасывающимъ. Корни гонятъ воду снизу, толкаютъ ее по сосудамъ стебля кверху, а листья сосутъ эту воду, тянутъ ее къ себѣ, вытаскиваютъ ее изъ сосудовъ стебля, если можно такъ выразиться, за волосы. Если корневая сила превышаетъ испаренія черезъ листья, сосуды сплошь наполняются водою, и даже вода эта можетъ выступать въ капельножидкомъ состо-

яніи изъ растенія, напримѣръ, черезъ водныя устьица (см. рис. 197), съ которыми мы въ свое время познакомились на одной изъ лекцій, или черезъ случайныя пораненія. Если, наоборотъ, испареніе воды черезъ листья превышаетъ корневую силу, то сосуды опоражниваются отъ воды, а такъ какъ они со всѣхъ сторонъ замкнуты, то въ нихъ получается торричелліевая пустота, или остается чрезвычайно разрѣженный газъ, притягивающій изъ корня новыя и новыя порціи воды въ сосуды. Вотъ почему тогда мы видимъ въ неповрежденномъ сосудѣ капельки воды, чередующіяся съ пузырьками разрѣженнаго газа, и сосудъ имѣетъ видъ какъ бы четокъ или испорченнаго термометра, въ стеклянной трубкѣ котораго ртуть разбилась на отдѣльныя капли, чередующіяся съ разрѣженнымъ воздухомъ. Вотъ почему также, при превышеніи испаренія надъ корневой силой, растеніе не только не выдавливаетъ воду изъ срѣза, но даже жадно всасываетъ ее своей древесиной, какъ губка или фильтровальная бумага.

Корневая сила и испареніе воды листьями — главнѣйшія причины восходящаго тока. А волосность, разрѣженность воздуха въ сосудахъ, осмотическое давленіе окружающихъ сосуды клѣтокъ — причины побочныя, но все же существенно подсобляющія въ тяжелой, но постоянной работѣ, совершаемой стеблемъ, въ правильномъ водоснабженіи всего тѣла растенія свѣжей водой, безъ которой немыслима жизнь растеній.

Однако стебель имѣетъ другую, не менѣе важную задачу — разносить по всему растенію готовый питательный сокъ, состоящій изъ растворовъ органическихъ веществъ, изготовленныхъ для жизни растенія въ листьяхъ. Сокъ этотъ называется **пластическимъ**, и намъ надо теперь посмотрѣть, какими путями разносится по растенію пластическій матеріалъ этотъ. Вполнѣ понятно, что для движенія пластическаго матеріала по растенію должны быть иные пути, чѣмъ для движенія восходящаго сырого сока, иначе оба сока эти смѣшались бы, и не было бы правильнаго и цѣлесообразнаго движенія водяныхъ токовъ по растенію, правильнаго его питанія. Движеніе пластическаго сока происходитъ по стеблю не по древесинѣ, а по лубянымъ частямъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ. Доказать это тоже не трудно путемъ такого-же кольцеванія, какъ это мы

дѣлали выше для доказательства, что восходящій токъ идетъ лишь по древесинѣ.

Есть растенія, которыя очень легко даютъ придаточные корни, если вѣтви ихъ опустить срѣзанными концами въ воду. Особенно легко даютъ придаточные корни вѣтви разныхъ ивъ. Если взять такую вѣтвь ивы и близъ нижняго конца ея (см. рис. 412) произвести **кольцеваніе коры** такъ, что обнажится древесина (*a*), и затѣмъ нижнимъ концомъ опустить вѣтвь эту въ воду такъ, чтобы окольцованное мѣсто было надъ водой, то въ нижней части вѣтви, подъ окольцованнымъ мѣстомъ, придаточные корни не образуются, несмотря на то, что просто срѣзанная вѣтвь ивы очень легко и скоро даетъ въ водѣ придаточные корни. Но у окольцованныхъ вѣтокъ ивъ придаточные корни начнутъ вырастать надъ водой, близъ верхняго края кольцевого срѣза, и затѣмъ, вырастая дальше, корни эти дорастаютъ до воды и погружаются въ нее. Причина такого именно возникновенія придаточныхъ корней у окольцованныхъ вѣтокъ ивъ вполнѣ понятна, если мы примемъ во вниманіе, что пластическій матеріалъ никогда не передается по древесинѣ стебля, а всегда по корѣ, и именно, по ситовиднымъ трубкамъ вторичной коры деревьевъ. Что именно въ ситовидныхъ трубкахъ луба заключены пластическіе строительные матеріалы, это мы уже знаемъ, ибо трубки эти наполнены густымъ сокомъ, содержащимъ въ себѣ растворенные бѣлки, крахмалъ, масло и т. д. Для новообразованія придаточныхъ корней нуженъ богатый притокъ строительнаго матеріала, а разъ матеріалъ этотъ доставляется лишь по корѣ растенія, а не по древесинѣ, то вполнѣ понятно, что ниже кольцевой вырѣзки не могутъ образовываться придаточные корни, и, наоборотъ, они обильно разовьются близъ верхняго края кольцевой вырѣзки, такъ какъ здѣсь именно обильно скопляется

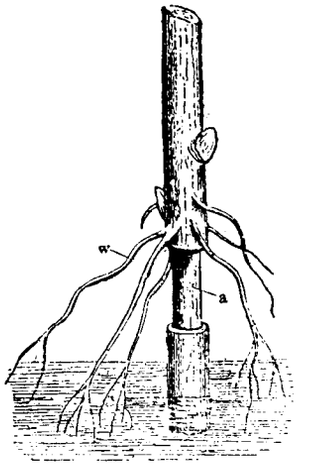


Рис. 412. Опытъ съ кольцеваніемъ вѣтви ивы; придаточные корни (*w*) развиваются надъ обнаженной частью древесины (*a*).

пластическій матеріалъ, текущій внизъ по корѣ и прерванный въ своемъ дальнѣйшемъ движеніи кольцеваніемъ ея.

Кольцеваніе коры стволовъ первое время не вредитъ и крупнымъ деревьямъ, ибо восходящій токъ безпрепятственно идетъ по нетронутой древесинѣ стебля изъ корней въ листья, а изъ листьевъ по корѣ во всѣ части растенія направляется питательный сокъ и нормально питаетъ эти части, находящіяся выше кольцевой вырѣзки. Вѣтви, листья развиваются и далѣе нормально, получая пластическій матеріалъ изъ листьевъ въ достаточномъ количествѣ, нужномъ какъ для ихъ питанія, такъ и для дыханія. Только части растенія, находящіяся ниже кольцевой вырѣзки, лишены теперь притока пластическаго матеріала изъ кроны дерева, и если ниже кольцевой вырѣзки нѣтъ ни одной вѣтви съ листьями, то вся часть стебля ниже кольцевой вырѣзки и вся корневая система лишаются притока новаго строительнаго матеріала. Избытокъ пластическихъ веществъ, спускаясь по корѣ дерева, скопляется близъ верхняго края вырѣзки, а потому мало-помалу верхній край вырѣзки сильно утолщается и получаетъ видъ кольцеобразнаго желвака, отъ наплыва питательныхъ веществъ, встрѣтившихъ здѣсь препятствіе къ дальнѣйшему своему движенію внизъ.

Окольцованное дерево первое время растетъ нормально; но обыкновенно черезъ два-три года оно начинаетъ болѣть, хирѣть и сохнетъ совершенно. Причиною этому служитъ то, что корневая система его теперь не можетъ правильно питаться и развиваться, и хотя крона окольцованнаго дерева растетъ сначала ничуть не хуже, чѣмъ раньше, но корневая система отстаетъ въ своемъ развитіи и не можетъ уже удовлетворять все дерево дальнѣйшимъ притокомъ почвеннаго раствора сырыхъ питательныхъ веществъ.

Есть однако растенія, на которыхъ кольцеваніе коры не производитъ рѣшительно никакого дѣйствія. Къ такимъ растеніямъ принадлежитъ, напримѣръ, олеандръ. Его окольцованныя вѣтви, опущенныя въ воду, даютъ придаточные корни ниже кольцевой вырѣзки, у основанія срѣзанной и погруженной въ воду вѣтки, хотя вся кора перерѣзана кольцевой вырѣзкой. Но дѣло въ томъ, что у олеандра ситовидныя трубки, проводящія пластическій матеріалъ, расположены не только въ корѣ, но и внутри стебля, на границѣ между

сердцевиной и древесиной. Производя кольцеваніе коры олеандра, мы, правда, пересѣкаемъ путь пластическому матеріалу по корѣ, но тогда онъ съ большей силой устремляется въ ситовидныя трубки внутренней части стебля, и такимъ образомъ все же доставляется притокъ строительнаго матеріала къ нижней части вѣтви, помѣщенной въ воду и расположенной подъ кольцевой вырѣзкой.

Если у деревьевъ произвести нѣсколько кольцеваній коры, напримѣръ, на боковыхъ вѣтвяхъ, то тѣ части вѣтвей, которыя ниже кольцевой вырѣзки имѣютъ вѣтви съ листьями, будутъ расти нормально и правильно ежегодно утолщаться, ибо притокъ питательнаго матеріала къ такимъ участкамъ окольцованной вѣтви идетъ все же изъ боковыхъ вѣтвей дерева. Но если на вѣтви нашей будетъ такой участокъ, окольцованный съ двухъ сторонъ, который совершенно лишенъ боковыхъ вѣтвей съ листьями, то этотъ срединный участокъ не будетъ получать строительнаго матеріала ни съ верху, ни съ низу, ни съ боку, а потому, хотя участокъ этотъ и не погибнетъ, но дальнѣйшій ростъ его прекратится, и онъ не будетъ даже образовывать дальнѣйшихъ годовыхъ слоевъ въ древесинѣ. Все это ясно показываетъ, что пластическій сокъ двигается въ стеблѣ лишь по корѣ или по флоэмнымъ частямъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, т. е., иначе говоря, лишь по ситовиднымъ трубкамъ, тогда какъ сырой питательный сокъ движется лишь по древесинѣ, главнымъ образомъ, по ея сосудамъ.

Лекція тридцать шестая.

Наружное строеніе листа.

Мы видѣли раньше, что корень и стебель могутъ принимать различныя формы, приспособляясь къ различнымъ условіямъ существованія растеній и къ выполненію цѣлаго ряда побочныхъ функцій. Но наибольшаго разнообразія внѣшняго вида и формы безспорно достигаетъ листъ, и метаморфозомъ листа объясняется все безчисленное разнообразіе растительнаго царства, его красота и причудливость формъ. **Листъ** имѣетъ очень часто весьма сложное наружное строеніе, но это сложное строеніе листъ никогда не пріобрѣтаетъ сразу. При прорастаніи сѣмянъ самые первые листья прорастающаго растенія функціонируютъ въ качествѣ сѣмядолей. **Сѣмядоли** (см. рис. 413) имѣютъ особое устройство, и если онѣ выходятъ наружу, то обращаются въ зеленые листья, но очень простого устройства. Слѣдующіе за сѣмядолями листья уже б. и. м. приближаются къ типу тѣхъ именно листьевъ, которые свойственны данному растенію;

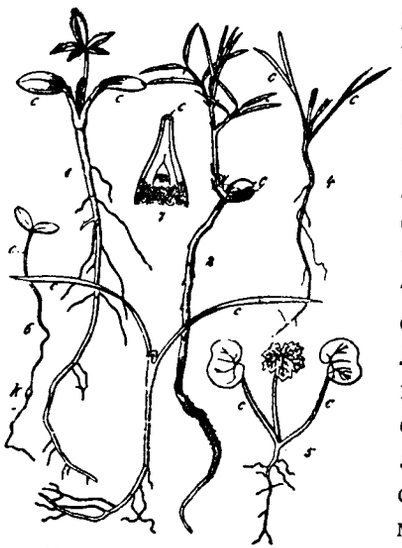


Рис. 413. Проростки и форма сѣмядолей двудольныхъ: *1 — Lupinus Douglasii. 2 — Vicia atropurpurea. 3 — Plantago amplexicaulis. 4 — Escholtzia californica. 5 — Geranium Wallichianum. 6 — Eranthis hyemalis. 7* — зачатокъ стебля въ клубенькѣ *k* фиг. *6*. Буква *c* означаетъ на всѣхъ фиг. сѣмядоли. — Всѣ фиг. (исключ. *7*) приблизит. въ ест. вел.

но и эти первые листья, такъ называемые **низовые листья**, еще очень просто устроены и мельче нормальныхъ листьевъ; только постепенно, шагъ за шагомъ, по мѣрѣ образованія все новыхъ листьевъ на проросткѣ, листъ усложняется и принимаетъ типичную для даннаго растенія форму и нормальную величину. Такіе листья называются **срединными листьями.** Ко времени цвѣтенія растенія зеленые листья его снова однако упрощаются и уменьшаются въ величинѣ, образуя такъ называемые **верхушечные листья** растенія или цвѣтущаго побѣга. Самые упрощенные верхушечные листья, сидящіе близъ цвѣтка, называются **прицвѣтниками**. Послѣ образованія послѣднихъ метаморфозъ листа идетъ еще дальше, и послѣдующіе развивающіеся на цвѣтущемъ побѣгѣ боковые органы метаморфозируются въ **чашелистики**, **лепестки**, **тычинки** и **плодолистики**, срастающіеся въ пестики. Всѣ эти боковые органы цвѣтка, какъ вы помните, однако все тѣ же листья, но сильно метаморфозированные, измѣнившіе не только форму свою, но и окраску, и функцію, приспособляясь уже не для цѣлей питанія, присущихъ зеленымъ листьямъ, а для цѣлей размноженія. То же самое, такой же постепенный листовой метаморфозъ, видимъ мы, наблюдая разрастаніе побѣга древесныхъ растеній изъ почки. **Почка**, какъ вы знаете, есть метаморфозированный листостебельный побѣгъ. Почка снаружи прикрыта особыми, б. ч. бурыми или безцвѣтными чешуями. **Чешуи** эти не что иное, какъ сильно метаморфозированные низовые листья побѣга. Когда почка весною начинаетъ распускаться, первымъ дѣломъ раздвигаются ея чешуи и постепенно опадаютъ. Наружныя чешуи почки (см. рис. 414) мелкія, кожистыя, бурыя; послѣдующія — крупнѣе, нѣжнѣе и бѣловатыя или зеленоватыя. Но на настоящіе листья онѣ не похожи. Лишь постепенно (см. рис. 415), при прорастаніи новаго лѣтняго побѣга изъ почекъ, низовые листья его пріобрѣтаютъ форму, величину и видъ типичныхъ срединныхъ листьевъ

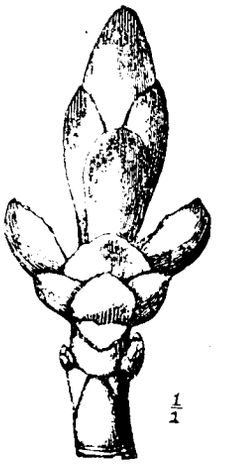


Рис. 414. Наружныя почечныя чешуи распускающейся весною почки конскаго каштана (*Aesculus Hippocastanum*).

даннаго растенія, и затѣмъ на выросшей изъ почки вѣткѣ въ теченіе лѣта образуются все время типичные срединные листья. Но если данный побѣгъ приступаетъ къ цвѣтенію, то листья, имъ образуемые, снова упрощаются, пока не превратятся, наконецъ, въ прицвѣтники и въ боковые органы цвѣтка (см. рис. 416).

Типъ нормальнаго зеленаго листа представленъ однако всегда у растенія срединнымъ листомъ, но типъ этотъ весьма многообразенъ у разныхъ растеній, и разнообразіе зеленаго листа зависитъ и отъ біологическихъ условій, въ которыхъ живетъ то или иное растеніе, и отъ положенія растенія въ системѣ, отъ принадлежности его къ тому или иному естественному семейству, порядку и т. д.

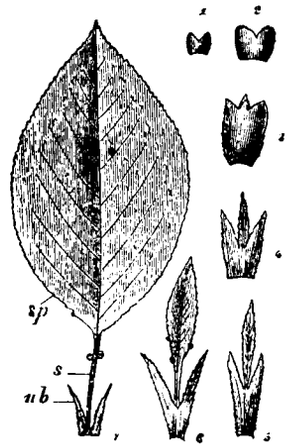


Рис. 415. Черешня — *Prunus avium*: *1—3* — почечныя чешуи; *4—6* — переходныя формы между почечными чешуями и срединнымъ типичнымъ листомъ (низовые листья); *7* — срединный листъ, *sp* — пластинка листа, *s* — черешокъ, *nb* — прилистники.

Самъ по себѣ листъ имѣетъ весьма сложное строеніе. Типичный листъ, у котораго равномѣрно развиты всѣ основныя морфологическія части, состоитъ изъ **пластинки, черешка, влагалища** и **прилистниковъ**. Но сравнительно рѣдко встрѣчаются листья, гдѣ всѣ эти четыре части развиты равномѣрно, а потому мы наблюдаемъ въ этомъ отношеніи различные второстепенные типы листа. Такъ, у однихъ растеній при листьяхъ имѣются сильно развитые прилистники, напримѣръ, у бобовыхъ растеній (см. рис. 417), у розоцвѣтныхъ (см. рис. 415), у ивъ (см. рис. 418). У другихъ растеній прилистники никогда не образуются, напримѣръ, у губоцвѣтныхъ или крестоцвѣтныхъ; у третьихъ, наконецъ, прилистники образуются очень рано, но скоро опадаютъ, и листья кажутся лишенными ихъ, напримѣръ, у бука (см. рис. 419), граба и др. сережкоцвѣтныхъ.

Очень рѣдко развиваются одни лишь прилистники, а черешокъ и пластинка листа б. и. м. атрофированы. Такіе листья, состоящіе изъ однихъ лишь прилистниковъ, мы видимъ, напримѣръ, у *Lathyrus Aphaca* (см. рис. 420). Черешокъ и пластинка листа у этого растенія редуцированы и обратились въ усикъ (*b*), а функціи зеленаго листа приняли на себя сильно разросшіеся листовидные прилистники (*n*). Влагалище листа — это та часть его, которой онъ прикрѣпляется къ стеблю и б. и. м. плотно обхватываетъ стебель вокругъ. Обыкновенно влагалище листа не бываетъ сильно развито и представлено лишь нѣсколько расширеннымъ основаніемъ листового черешка (см. рис. 416). Но встрѣчаются такъ называемые **влагалищные листья**, у которыхъ это послѣднее сильно развито и обхватываетъ собою стебель, окружая его на значительную часть междоузлія со всѣхъ сторонъ. Такіе влагалищные листья встрѣчаемъ мы обыкновенно у зонтичныхъ, злаковъ (см. рис. 443), многихъ ароидныхъ (см. рис. 422), у гречишныхъ (см. рис. 421) и у др. растеній. На рис. 421 представленъ листъ гречишнаго — *Polygonum confusum*, состоящій изъ узкой пластинки и сильно развитого влагалища, образующаго вокругъ стебля **раструбъ** или **ochrea**. Рис. 422 представляетъ листъ ароиднаго — *Richardia aethiopica*, состоящій изъ широкой пластинки (*L*), длиннаго черешка (*P*) и широкаго влагалища (*V*). Иногда, въ особенности у низовыхъ или верхушечныхъ листьевъ, развивается одно лишь влагалище, а черешокъ и пластинка у нихъ не доразвиваются (см. рис. 416).

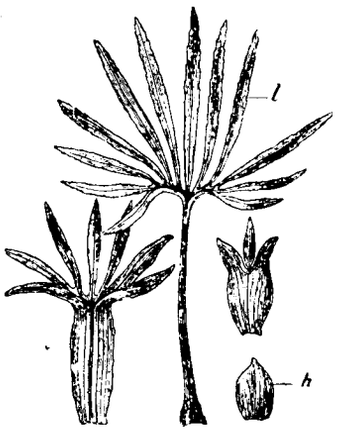


Рис. 416. *Helleborus foetidus*: срединный типичный листъ, пальчаторазсѣченный — *l* и переходныя формы къ верхушечному прицвѣтному листу — *h*.

Большинство листьевъ имѣетъ однако всегда хорошо развитые пластинку и черешокъ. Такіе листья называются **черешчатыми**. Но если черешокъ не развивается, и листъ прямо пластинкой прикрѣпляется къ стеблю, то такіе листья называются **сидячими** (см. рис. 423). Сидячіе листья могутъ прикрѣпляться къ стеблю суженнымъ основаніемъ своей пластинки (см. рис. 423, *A*) или слегка охватывать стебель со

всѣхъ сторонъ расширеннымъ ея основаніемъ. Въ послѣднемъ случаѣ они называются **стеблеобъемлющими** (см. рис. 423, *B*). Но бываетъ и такъ, что широкое основаніе пластинки обхватываетъ стебель вокругъ, и получается впечатлѣніе, что стебель какъ бы прорастаетъ черезъ основаніе листа. Такой листъ можно назвать **проросшимъ** (см. рис. 423, *D*); если же два сидячихъ супротивныхъ листа при этомъ еще срастаются основаніями другъ съ другомъ, то получается впечатлѣніе, что стебель какъ бы насквозь прорастаетъ черезъ пару листьевъ; такіе листья называются **сросшимися** (см. рис. 423, *C*). Наконецъ, сидячій листъ прирастаетъ къ стеблю не основаніемъ, а значительной частью своей пластинки, и пластинка листа низбѣгаетъ внизъ по стеблю; такой листъ называется **низбѣгающимъ** (см. рис. 424). Пластинка листа обыкновенно широкая, плоская, а черешокъ — узкій, округлый или гранистый. Но у нѣкоторыхъ растеній, напримѣръ, у *Trapa natans*, у *Pontederia* и др., черешокъ сильно вздувается и образуетъ мѣшковидный полый внутри органъ. У *Trapa natans* такіе вздутые черешки (см. рис. 425) играютъ роль плавательныхъ пузырей, облегчающихъ водяному растенію этому плаваніе на поверхности воды. Это особенно нужно ему ко времени созрѣванія его тяжелыхъ крупныхъ орѣховъ. Растеніе и въ это время не тонетъ въ водѣ, а плаваетъ на ея поверхности,



Рис. 417. Сложный перистый листъ гороха съ усиками и двумя крупными прилистниками.

только благодаря тому, что листья его образуютъ крупную плавающую на водѣ розетку, снабженную многочисленными наполненными воздухомъ поплавками — вздутыми черешками этихъ листьевъ.

Очертаніе листа въ значительной мѣрѣ зависитъ отъ его нерватуры. Вы знаете, что сосудисто-волокнистые пучки

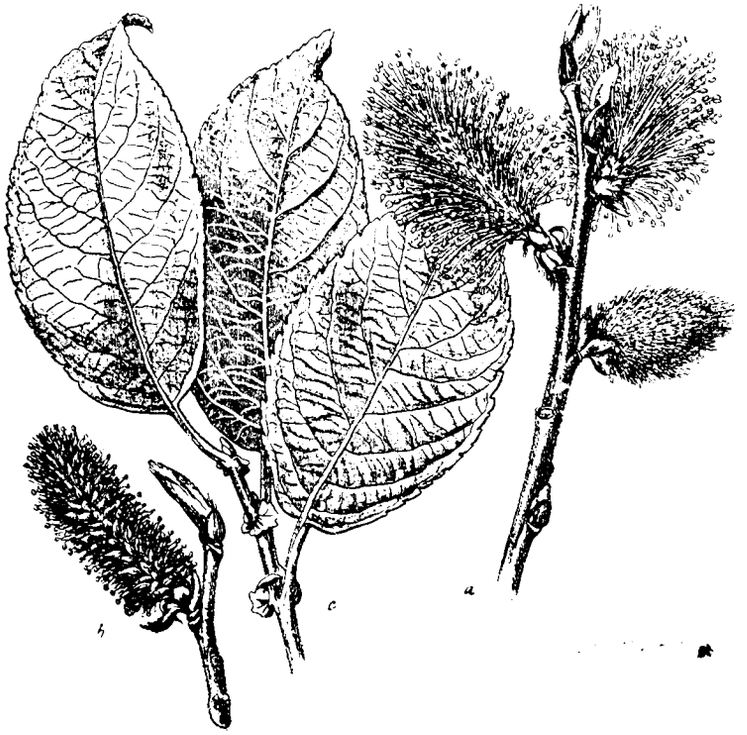


Рис. 418. Ива — *Salix Caprea*: *a* — вѣтвь съ мужскими сережками, *b* — вѣтвь съ женской сережкой, *c* — вѣтвь съ листьями и прилистниками.

изъ стебля проходятъ въ листья, и такіе **пучки** называются **общими.** Въ листъ черезъ его влагалище и черешокъ входятъ одинъ или нѣсколько сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, и, пройдя черезъ черешокъ, одиночный пучекъ такой можетъ и по пластинкѣ пройти въ видѣ одного всего неразвѣтвленнаго пучка, или, войдя въ пластинку, сосудисто-волокнистый пучекъ можетъ различнымъ образомъ развѣтвиться. Отличаютъ четыре основныхъ типа **листовой нерватуры.**

Первый типъ называется — **nervatio simplex.** Одинъ сосудисто-волокнистый пучекъ входитъ изъ стебля въ листъ и, не развѣтвляясь, проходитъ отъ основанія листа до его вершины. Типъ этотъ свойственъ низшимъ растеніямъ, напримѣръ, листьямъ плауновъ (см. рис. 426), хвоямъ голосѣменныхъ деревьевъ (см. рис. 427, *е*, *ж*) или очень узкимъ листьямъ высшихъ растеній. Въ простѣйшемъ видѣ nervatio simplex встрѣчается въ листьяхъ мховъ (см. рис. 428). У мховъ листья состоятъ изъ одного всего слоя паренхимныхъ клѣтокъ. Настоящихъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ у мховъ еще нѣтъ, но посреди листа тянется простой проводящій пучекъ, состоящій изъ паренхиматическихъ же, но вытянутыхъ въ длину клѣтокъ.



Рис. 419. Букъ — *Fagus silvatica*: *a* — вѣтвь съ женскими и двумя мужскими соцвѣтіями; *b* — мужской цвѣтокъ; *c* — обвертка мужскихъ соцвѣтій.

Второй типъ листовой нерватуры называется **nervatio pennata** (см. рис. 427, *а*, *б*). Въ листъ входитъ изъ стебля одинъ сосудисто-волокнистый пучекъ и въ видѣ **главнаго нерва** проходитъ отъ основанія листа къ его вершинѣ, но въ пластинкѣ онъ даетъ боковые болѣе тонкіе нервы, тѣ, въ свою очередь, вѣтвятся далѣе и анастомозируютъ между собою. Въ результатѣ получается **сѣтчатая,** иногда очень сложная **нерватура** (см. рис. 429). Этотъ типъ свойственъ очень многимъ двудольнымъ растеніямъ, напримѣръ, ивамъ (см.

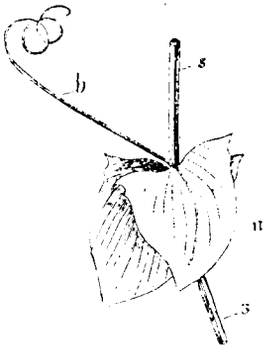


Рис. 420. Чина — *Lathyrus Aphaca*: *s* — стебель, *n* — прилистники, *b* — усикъ; въ $1\frac{1}{2}$ естеств. величины.

рис. 418, 429), буку (см. рис. 419) и мн. др. Изъ однодольныхъ можно указать, напримѣръ, листья банановъ, имѣющихъ nervatio pennata (см. рис. 349).

Третій типъ носитъ названіе **nervatio palmata** (см. рис. 430). Въ черешокъ листа изъ стебля входятъ нѣсколько сосудисто-волокнистыхъ пучковъ. Одинъ, болѣе сильный пучекъ проходитъ черезъ середину пластинки отъ основанія къ ея вершинѣ, а другіе пучки, боковые, нѣсколько болѣе слабые, отходятъ отъ основанія пластинки въ разныя стороны. Всѣ эти пучки, въ свою очередь, вѣтвятся и анастомозируютъ между собою, такъ что получается тоже **сѣтчатонервный листъ,** но не съ однимъ главнымъ нервомъ, а съ нѣсколькими, отходящими отъ основанія листа въ разныя стороны, точно пальцы руки; отсюда и названіе nervatio palmata или листъ **пальчатонервный.** Частный случай nervatio palmata составляетъ **nervatio peltata.** Сосудисто-волокнистые пучки входятъ изъ черешка листа въ его пластинку болѣе или менѣе по срединѣ послѣдней и оттуда лучеобразно расходятся по радіусамъ во всѣ стороны. Затѣмъ они вѣтвятся и анастомозируютъ, образуя тоже сѣтчатонервные листья, но съ черешками, прикрѣпленными не у основанія листовой пластинки, а болѣе или менѣе посрединѣ. Такіе листья встрѣчаемъ мы, напримѣръ, у *Nelumbo nucifera*, т. е. у священнаго лотоса японцевъ (см. рис. 431), или у *Rodgersia tabularis*, интереснаго манчжурскаго растенія изъ сем. *Saxifragaceae* (см. рис. 432).



Рис. 422. Листъ *Richardia aethiopica*: *L* — листовая пластинка, *P* — черешокъ, *V* — влагалище.

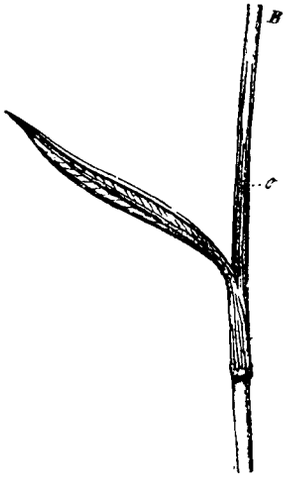


Рис. 421. Стебель и листъ *Polygonum confusum* съ раструбомъ (ochrea).

Четвертый и послѣдній типъ листовой нерваціи назы-

вается — **nervatio parallella.** Въ листовую пластинку входятъ нѣсколько равносильныхъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ,

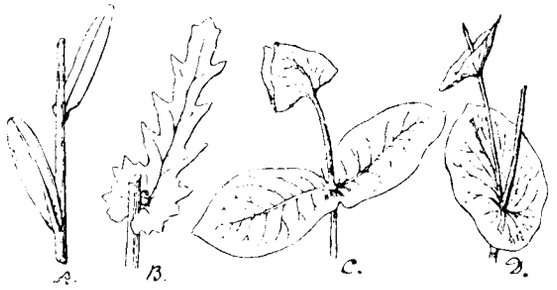


Рис. 423. Сидячіе листья, различные типы.

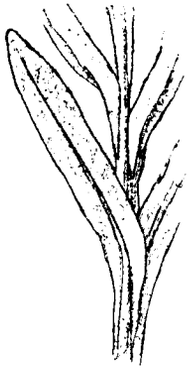


Рис. 424. Низбѣгающій листъ.

и, войдя всѣ въ одномъ мѣстѣ въ основаніе пластинки, они затѣмъ нѣсколько дугообразно расходятся и пробѣгаютъ по листу до его вершины б. и. м. параллельно, а у вершины снова сходятся между собою. Обозначить здѣсь срединный нервъ, какъ главный, совсѣмъ нельзя, ибо онъ почти не отличается отъ параллельныхъ ему боковыхъ нервовъ, и всѣ эти нервы не вѣтвятся или почти не вѣтвятся и не анастомозируютъ другъ съ другомъ. Такой листъ называется **дугонервнымъ** (см. рис. 433) или **параллельнонервнымъ** и свойственъ большинству однодольныхъ растеній, напримѣръ, злакамъ (см. рис. 443), лилейнымъ и многимъ другимъ. Среди двудольныхъ nervatio parallela мы встрѣчаемъ, напримѣръ, въ тропическомъ семействѣ *Melastomaceae*. Съ другой стороны, далеко не всѣ однодольныя имѣютъ nervatio parallela. Такъ, напримѣръ, *Paris quadrifolia* изъ однодольныхъ, изъ сем. *Liliaceae*, имѣетъ сѣтчатонервные, а не дугонервные листья (см. рис. 434).

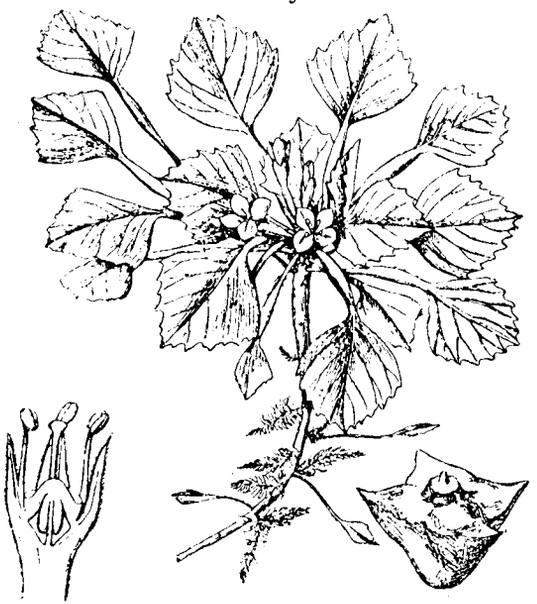


Рис. 425. Водяной орѣхъ — *Trapa natans*, съ вздутыми листовыми черешками. Листья образуютъ плавающую на водѣ розетку. Слѣва внизу — продольный разрѣзъ черезъ цвѣтокъ, справа внизу — орѣхъ.

Есть растенія съ очень **мясистыми листьями (folia carnosa),** у которыхъ при наружномъ ихъ разсматриваніи совершенно нельзя установить типа нерватуры листа, напримѣръ, у *Sedum*, *Agave*, *Mesembryanthemum* (см. рис. 435) и мн. др. Съ другой стороны, въ озерахъ и рѣкахъ Мадагаскара живетъ водяное растеніе, нызываемое *Ouvirandra fenestralis*, вся пластинка котораго состоитъ почти только изъ однихъ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, сильно анастомозирующихъ между собою, а между этими анастомозами пучковъ остаются пустыя пространства, такъ что весь листъ, точно рѣшетка окна, продырявленъ. Такіе листья называются **folia fenestrata.** Продырявленные листья, не столь однако сильно, какъ у водной *Ouviranda*, встрѣчаются и у нѣкоторыхъ тропическихъ ароидныхъ, напримѣръ, у *Monstera pertusa*, *M. deliciosa* (см. рис. 436) и др., растущихъ въ лѣсахъ тропической Америки въ видѣ ліанъ и часто разводимыхъ у насъ въ комнатахъ.

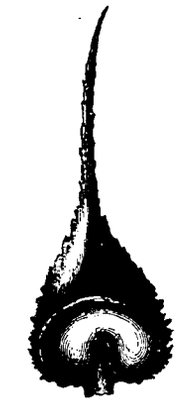


Рис. 426. Споролистикъ *Lycopodium clavatum* съ однимъ треснувшимъ спорангіемъ у основанія.

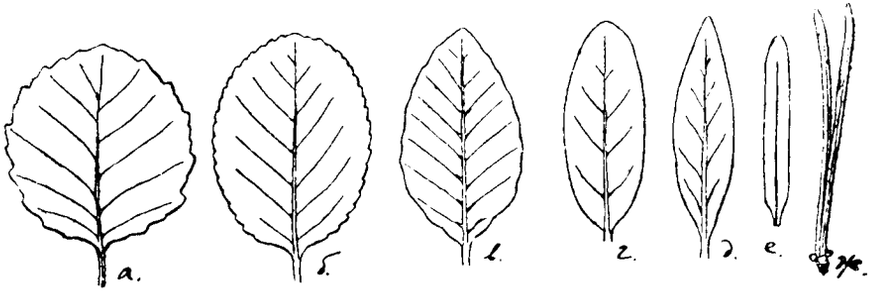


Рис. 427. Различныя формы цѣльной листовой пластинки.

Форма листовой пластинки бываетъ весьма разнообразна, и въ значительной степени форма листа стоитъ въ тѣсной связи съ его нерватурой. По очертанію листовой пластинки мы различаемъ листья: округлые (рис. 427, *а*), овальные (*б*), яйцевидные (*в*), эллиптическіе (*г*), ланцетовидные (*д*), линейные (*е*), игловидные или хвои (*ж*) и разные другіе типы. **Край пластинки** листа можетъ быть цѣльнымъ, тогда листъ называется **цѣльнокрайнимъ**, или б. и. м. глубоко изрѣзаннымъ, причемъ вырѣзы листа соотвѣтствуютъ главнѣйшимъ пучкамъ его нерватуры.

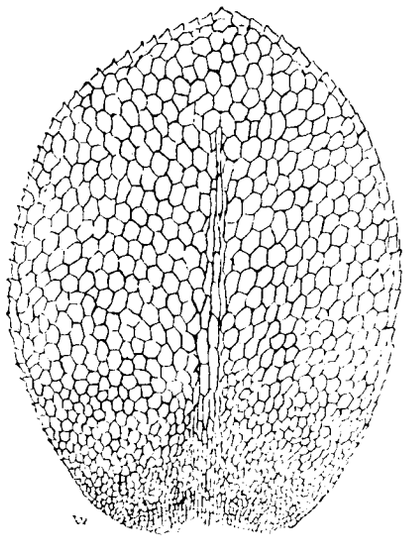


Рис. 428. Листъ мха, увелич. 30 разъ.

Можно различать слѣдующіе основные типы **раздробленія листовой пластинки**. При nervatio pennata, если вырѣзы листа не доходятъ до середины половины пластинки, то листъ называется **перисто-лопастнымъ** (напримѣръ, у дуба, см. рис. 437, *а*). Если вырѣзы листа заходятъ за середину половины пластинки, то листъ называется **перисто-раздѣльнымъ** (напримѣръ, у одуванчика, *b*). Если же вырѣзы листа доходятъ до срединнаго нерва, то листъ называется **перисто-разсѣченнымъ**. На фигурѣ *с* изображенъ листъ картофеля, прерывчато-перисто-разсѣченный, ибо одни сегменты его крупнѣе,



Рис. 429. Сѣтчатонервный листъ двудольнаго.

другіе мельче. При nervatio palmata мы тоже имѣемъ соотвѣтствующіе типы листа, которые называются тогда **длиневидно-** или **пальчато-лопастными** (напримѣръ, у клена, рис. 437, *d*), **пальчато-раздѣльными** (напримѣръ,



430.Рис. Платанъ или чинаръ — *Platanus orientalis*: *a* — мужское соцвѣтіе, *b* — женское соцвѣтіе.

у клещевины, рис. 438) и **пальчато-разсѣченными** (напримѣръ, у лютика, рис. 437, *е*). Листъ можетъ быть однако же и цѣльный, но не цѣльнокрайній; различаютъ тогда слѣдующіе цѣльные листья: зубчатые, пильчатые, двояко-пильчатые, городчатые и.т.д. Листья съ nervatio simplex и parallela б. ч. цѣльные и цѣльнокрайніе.

До сихъ поръ мы имѣли дѣло съ различными **простыми листьями**, состоящими изъ черешка и одной всего пластинки,

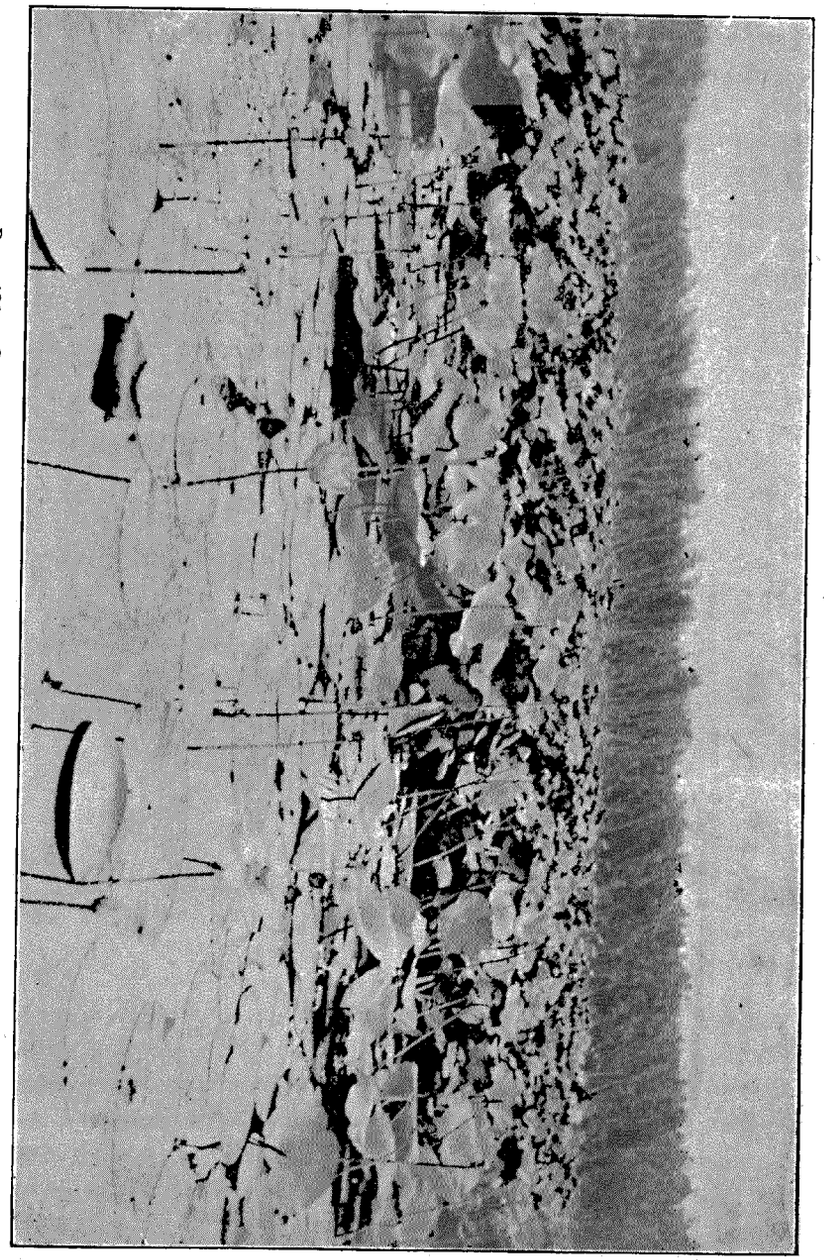


Рис. 431. Священный лотосъ (*Nelumbo nucifera*) въ разливахъ Аракса.

при чемъ пластинка эта могла быть цѣльной или б. и. м. глубоко разсѣченной или лопастной. Но у многихъ растеній существуютъ такъ называемые **сложные листья** (см. рис. 439). У такихъ листьевъ черешокъ не простой, а вѣтвистый, и



Рис. 432. *Rodgersia tabularis* — одинъ изъ древнѣйшихъ типовъ сем. *Saxifragaceae*, растущій въ Манчжуріи.

вѣтвится онъ по тѣмъ же основнымъ типамъ, по которымъ вѣтвятся сосудисто-волокнистые пучки въ пластинкѣ листа.

Сложный листъ имѣетъ одинъ главный черешокъ, и къ нему сочленовными подушечками прикрѣпляются длинные или чаще короткіе, иногда очень короткіе, черешки второго порядка, которые и несутъ уже пластинки, называемыя **листочками** (см. рис. 439). Сложный листъ отличается отъ листа раз-

сѣченнаго тѣмъ, что составляющіе его листочки б. и. м. самостоятельны, и когда листъ осенью опадаетъ, то разсѣченный листъ отпадаетъ весь цѣликомъ, а сложный листъ сначала по одиночкѣ теряетъ свои листочки, а потомъ и самъ отпадаетъ отъ стебля. **Сложные листья** могутъ быть **перистые** и **пальчатые** или **длановидные**. Въ листьяхъ **пальчатыхъ** всѣ вторичные листочки отходятъ черешками своими отъ одной общей точки главнаго черешка въ стороны, какъ пальцы на рукѣ. У **перистыхъ** листьевъ боковые листочки черешками своими прикрѣпляются, точнѣе говоря, сочленяются съ главнымъ черешкомъ листа на значительной его длинѣ, отходя отъ него справа и слѣва, какъ бородки пера. При этомъ перистый листъ можетъ быть **парно-перистымъ** (см. рис. 440, *d*), если боковые листочки сидятъ парами, или **непарно-перистымъ** (см. рис. 440, *c*), если главный черешокъ заканчивается однимъ непарнымъ листочкомъ (см. рис. 439). **Тройчатый** листъ представляетъ либо простѣйшій типъ непарно-перистаго листа (см. рис. 441), либо такой же простѣйшій типъ листа **пальчато-сложнаго** (см. рис. 440, *a*, *b*). Вѣтвленіе главнаго черешка можетъ идти еще дальше, и тогда получаются еще болѣе сложные типы листьевъ. Такъ, напримѣръ, у *Mimosa pudica* листъ **двояко-парно-перистый** (см. рис. 442). У нѣкоторыхъ растеній (именно, у злаковъ) наблюдается своеобразное **вѣтвленіе пластинки листа**. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ пластинка переходитъ во влагалище (черешка у листа злаковъ нѣтъ), образуется особая маленькая пленочка, какъ бы коротенькое отвѣтвленіе листовой пластинки. Пленочка эта имѣетъ различную форму у разныхъ злаковъ и называется **язычкомъ (ligula)** (см. рис. 443). Язычекъ злаковъ имѣетъ большое значеніе въ систематикѣ этихъ растеній.

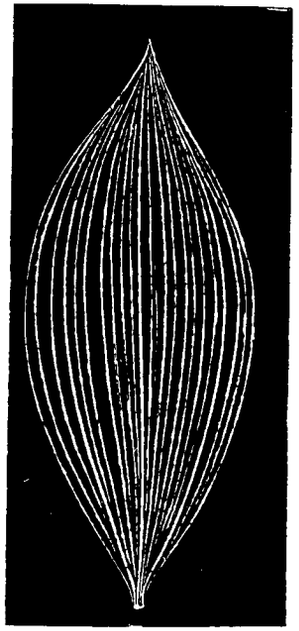


Рис. 433. Дугонервный листъ однодольнаго.

Мы видимъ, что въ зависимости отъ типа прохожденія въ листѣ сосудисто-волокнистыхъ пучковъ могутъ быть самые разнообразные листья: простые и сложные, цѣльные и различнымъ образомъ разрѣзанные, цѣльнокрайніе и различно по краямъ зазубренные.

Но этимъ не ограничивается разнообразіе листовыхъ типовъ. Въ зависимости отъ біологическихъ условій, въ которыхъ живутъ различныя растенія, листья ихъ могутъ претерпѣвать различнаго рода мета-

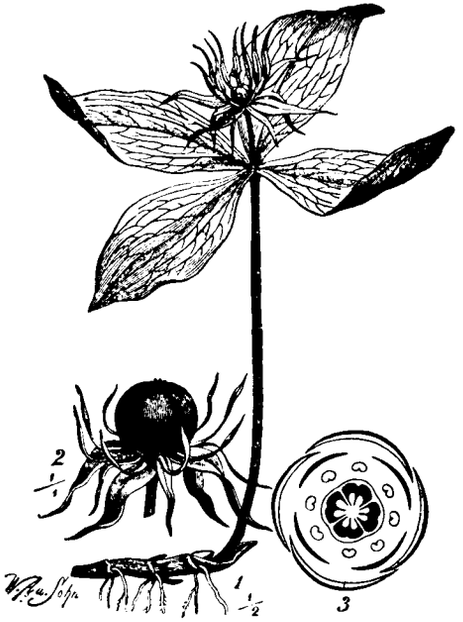


Рис. 434. *Paris quadrifolia* — вороній глазъ: *1* — цѣлое растеніе, *2* — плодъ, *3* — діаграмма.

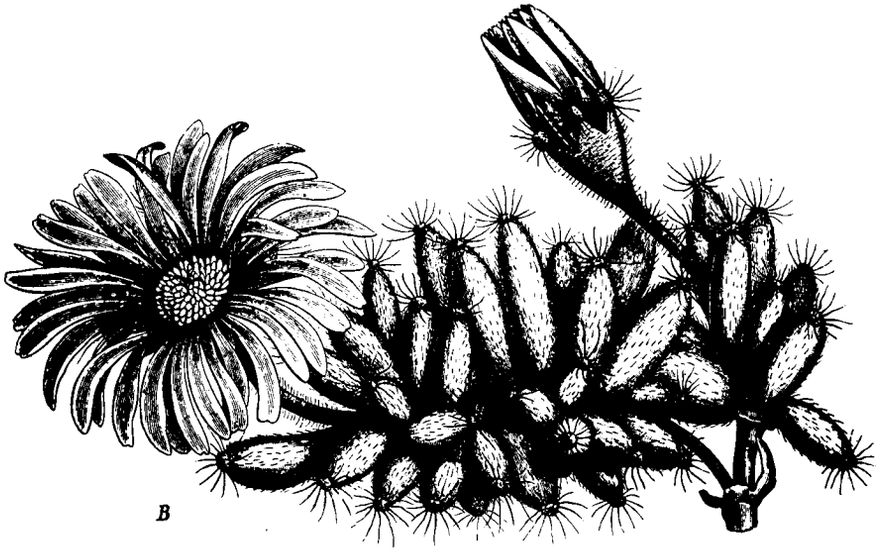


Рис. 435. Folia carnosa *Mesembryanthemum densum*.

морфозы. Мы не говоримъ здѣсь о тѣхъ замѣчательныхъ метаморфозахъ листьевъ, въ результатѣ которыхъ являются различные органы цвѣтка — чашелистики, лепестки, тычинки, плодолистики. Этотъ крайній метаморфозъ листьевъ обусловливается функціей размноженія растенія, а функція размноженія всегда кладетъ глубокій отпечатокъ на внѣшнюю форму организма, все равно, растительнаго или животнаго.



Рис. 436. Folia fenestrata у *Monstera deliciosa* изъ тропической Америки.

Но и обыкновенный **вегетативный листъ** можетъ сильно **метаморфозироваться** подъ вліяніемъ особыхъ спеціальныхъ біологическихъ задачъ, на его долю выпадающихъ, или подъ вліяніемъ особой среды, въ которой живетъ растеніе. Такъ, у водяныхъ растеній нерѣдко наблюдается рѣзкій диморфизмъ листьевъ. У водяныхъ лютиковъ или у водяного растенія *Cabomba*



Рис. 437. Типы раздробленія листовой пластинки: *a* — перисто-лопастный листъ (дуба), *b* — перисто-раздѣльный листъ (одуванчика), *c* — прерывчато-перисто-разсѣченный листъ (картофеля), *d* — длиневидно-лопастный листъ (клена), *e* — длиневидно-разсѣченный листъ (лютика).

aquatica (см. рис. 444) огромная разница между листьями подводными, погруженными и листьями, плавающими на водѣ. Подводные листья многократно-тонконитевидно-разсѣченные, точно нити водорослей, а плавающіе листья цѣльные, цѣльнокрайніе, широкіе. То же самое, но въ менѣе рѣзкой формѣ, наблюдается у *Potamogeton* (см. рис. 445). Плавающіе его листья цѣльные, широкіе, а подводные узкіе, линейные. У *Sagittaria* длинные, узкіе, линейные подводные листья рѣзко отличается отъ листьевъ воздушныхъ — широкихъ, стрѣловидныхъ, плотныхъ. Но наиболѣе замѣчательно въ этомъ отношеніи одно водное растеніе изъ папоротникообразныхъ, называемое *Salvinia natans* (см. рис. 446). У этого растенія къ каждому узлу стебля прикрѣпляются три листа; двое изъ нихъ, овальные, зеленые, цѣльнокрайніе — плаваютъ на водѣ; третій же листъ не только по внѣшнему виду, но и по функціи своей настолько похожъ на корни, что его долгое время считали подводными корнями этого растенія, тѣмъ болѣе, что другихъ корней у *Salvinia* и нѣтъ. Этотъ третій корневидный листъ безцвѣтенъ, сильно развѣтвленъ у основанія и одѣтъ какъ бы корневыми волосками. Имъ растеніе дѣйствительно такъ же, какъ настоящими корнями, до-



Рис. 438. Пальчато-разсѣченный листъ клещевины.

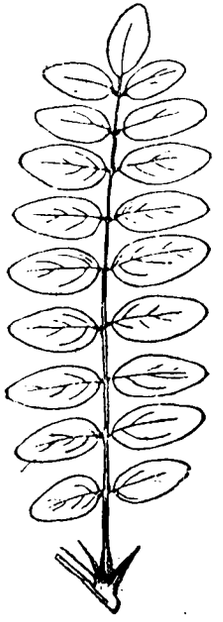


Рис. 439. Непарно-перисто-сложный листъ бѣлой акаціи съ прилистниками въ видѣ колючекъ.

бываетъ себѣ пищу изъ воды. И при всемъ своемъ внѣшнемъ сходствѣ и сходствѣ въ физіологическихъ задачахъ своихъ съ настоящими корнями — это не корни, а метамор-

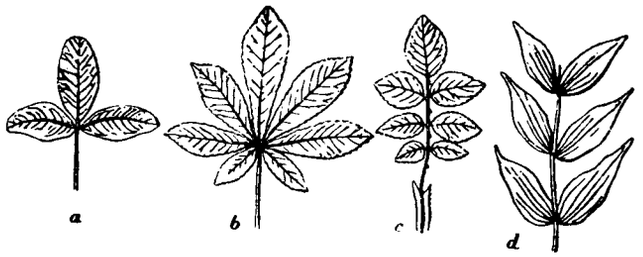


Рис. 440. Типы сложныхъ листьевъ: *a* и *b* — дланевидно-сложные листья, *c* и *d* — перисто-сложные листья.

фозированный листъ. Припомните замѣчательную тропическую орхидею — *Taeniophyllum Zollingeri*, съ острова Явы. У нея воздушные придаточные корни обратились въ листовидные зеленые органы подъ вліяніемъ эпифитнаго образа жизни этого растенія (см. рис. 296, на стр. 371). У *Salvinia natans*,



Рис. 441. Тройчатый листъ фасоли (непарно-перистый).

наоборотъ, листья, подъ вліяніемъ воднаго образа жизни и вслѣдствіе отсутствія настоящихъ корней, обратились въ настоящіе какъ бы корни. Но что это листья, а не корни, видно изъ того, что эти корнеподобные листья возникаютъ экзогенно, а не эндогенно, нарастаютъ своимъ основаніемъ, а не верхушкой, не имѣютъ корневого чехлика и произво-

дятъ органы размноженія — спорокарпіи, чего корни никогда не дѣлаютъ.

Въ очень сухихъ тропическихъ странахъ листья дѣлаются

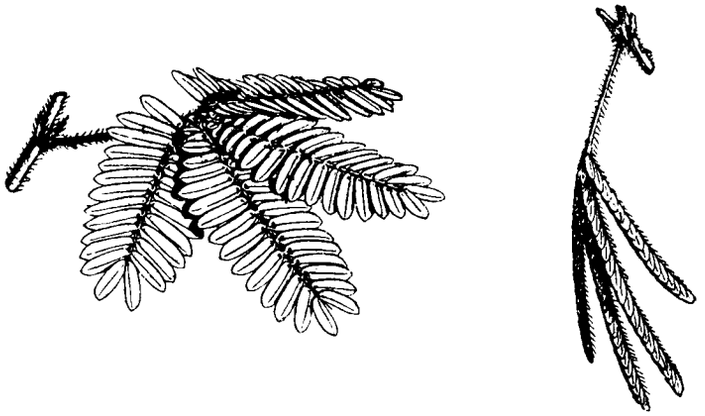


Рис. 442. Двояко-парно-перистый листъ стыдливой мимозы.

у многихъ растеній очень мясистыми и, на первый взглядъ, мало похожи на обыкновенные листья нашихъ растеній. Таковы, напримѣръ, мясистые листья агавъ, алоэ (см. рис. 447), различныхъ толстянковыхъ (*Crassulaceae*) и въ особенности *Mesembryanthemum*'овъ (см. рис. 435, 448). У *Mesembryanthemum truncatellum* листья похожи на какіе-то мясистые зеленые обрубки, а не на настоящіе листья (см. рис. 448).

Я не стану описывать вторично чешуйчатые листья подземныхъ корневищъ и клубней, покровныя чешуи зимующихъ почекъ, питающія чешуи луковицъ, ибо объ нихъ я говорилъ уже раньше. Всѣ эти образованія, на первый взглядъ не похожія на обыкновенные зеле-

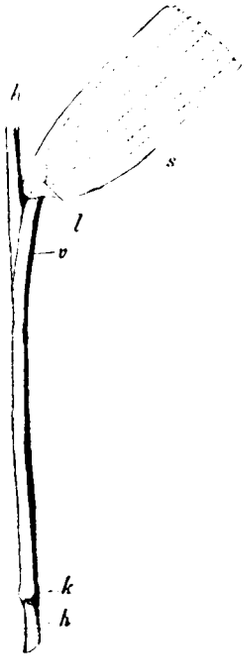


Рис. 443. Листъ злаковъ: *h* — стебель (соломина), *v* — влагалище, *k* — вздутая часть влагалища надъ стеблевымъ узломъ, *s* — нижняя часть листовой пластинки, *l* — язычекъ (ligula).

ные листья, однако же не что иное, какъ тѣ же листья, но метаморфозированные. Напомню также вамъ **усики** цѣпляющихся растеній; у однихъ эти нутирующіе усики стеблевого происхожденія, но у другихъ они происхожденія листового, метаморфозированные листья, напримѣръ, у ротанговыхъ пальмъ, *Bignonia*, у мотыльковыхъ растеній (см. рис. 417). Очень часто у растеній, живущихъ въ сухихъ жаркихъ странахъ, листья метаморфозируются въ колючки. Такъ, напримѣръ, кактусы почти всегда одѣты разнаго рода колючками, иногда очень крупными. Эти колючки кактусовъ (см. рис. 449, 450) не что иное, какъ листья, обратившіеся въ органы защиты растенія; а функціи листа — испареніе и ассимиляцію углекислоты — взялъ на себя ихъ стебель, пріобрѣтшій вмѣстѣ съ тѣмъ листоподобный видъ, видъ мясистаго листа — folium carnosum (см. рис. 450). У живущихъ въ Персіи и Малой Азіи на сухихъ пустынныхъ нагорьяхъ трагакантовыхъ астрагаловъ перисто-сложные листья ихъ, отслуживъ свою ассимилирующую функцію, теряютъ мелкіе боковые зеленые листочки, а главный черешокъ ихъ или

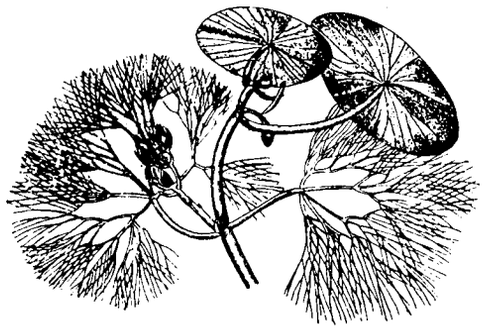


Рис. 444. Вѣтвь водяного растенія — *Cabomba*, съ двумя цѣльными плавающими листьями и двумя тонко-разсѣченными подводными листьями.

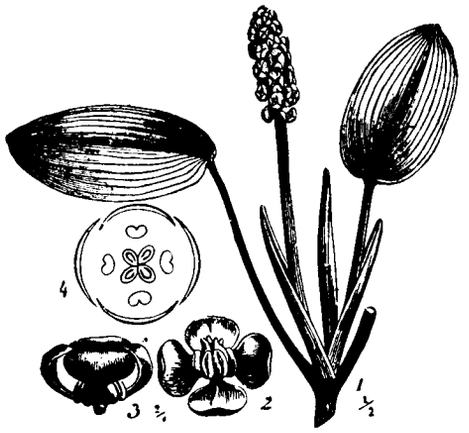


Рис. 445. *Potamogeton natans* — рдестъ: *1* — часть растенія, *2*, *3* — цвѣтокъ, *4* — діаграмма цвѣтка.

стержень обращается въ длинную острую крѣпкую колючку (см. рис. 451). И колючіе кусты такого астрагала скорѣе напоминаютъ крупнаго свернувшагося и ощетинившагося ежа, чѣмъ кустарникъ. У *Acacia eburnea*, растущей въ сухихъ частяхъ Индіи и Передней Азіи (см. рис. 452, *A*), въ защитныя колючки обратились прилистники ихъ двояко-перисто-сложныхъ листьевъ (ср. также рис. 439), а у нашего барбариса мы можемъ на молодыхъ вѣтвяхъ прослѣдить всѣ переходы отъ типичнаго зеленаго листа къ листу,

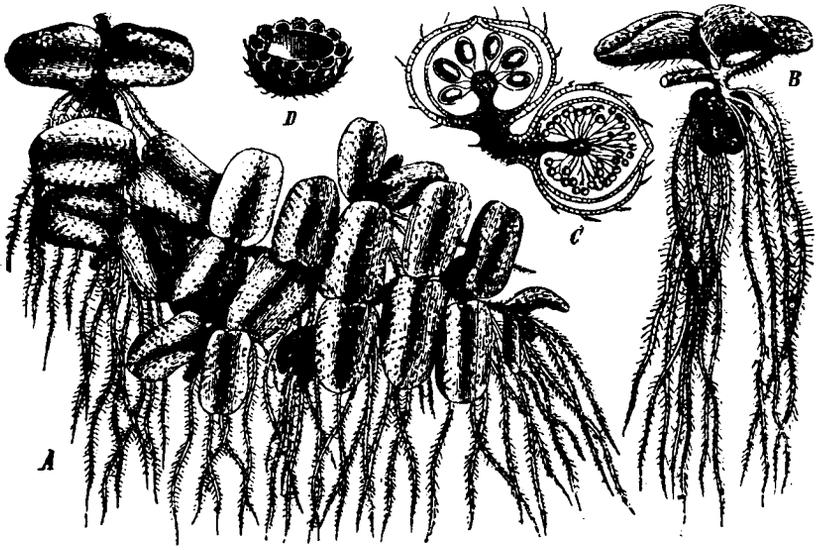


Рис. 446. *Salvinia natans*, съ цѣльными плавающими листьями и тонко-разсѣченными корневидными подводными листьями.

обратившемуся въ развѣтвленную крѣпкую колючку (см. рис. 452, *B*). Интересно, что всѣ эти колючки листового или стеблевого происхожденія образуются обыкновенно у растеній, живущихъ въ сухихъ, жаркихъ странахъ. Но если такія растенія культивировать во влажной атмосферѣ, то они теряютъ свои колючки, и на ихъ мѣстѣ вырастаютъ либо снова зеленые листья, либо цѣлые побѣги съ зелеными листьями. Рис. 453 показываетъ одно и то же растеніе — *Genista anglica*. Экземпляръ *C* выращенъ при обычныхъ для этого растенія условіяхъ, т. е. въ сухой атмосферѣ, а экземпляръ *B* выращенъ искусственно во влажной атмосферѣ. И мы видимъ, какъ габитуально эти два экземпляра одного и того

же растенія рѣзко отличаются другъ отъ друга, точно это два совершенно различныхъ растенія. Первый экземпляръ — *C*, выросшій въ сухой атмосферѣ, вѣтвится слабо, но обильно

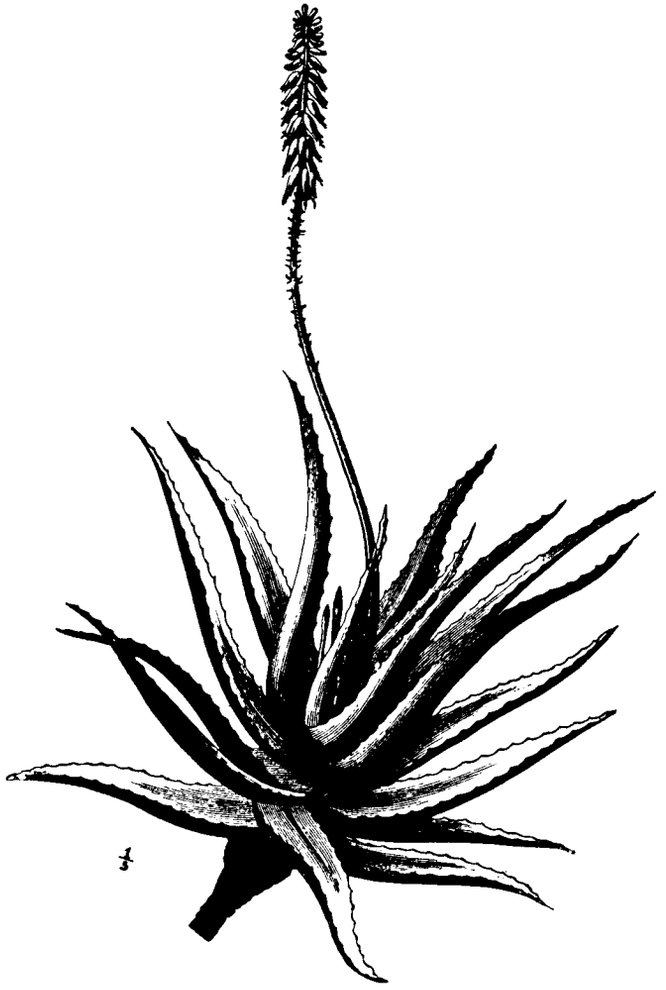


Рис. 447. Алоэ — *Aloe vera*, съ толстыми мясистыми листьями.

покрытъ острыми колючками, въ данномъ случаѣ метаморфозированными стеблями; второй же экземпляръ — *B*, искусственно выращенный во влажной атмосферѣ, сильно вѣтвится, обильно покрытъ листьями и не имѣетъ ни одной колючки. Листоносные побѣги его развились какъ разъ тамъ, гдѣ у

перваго экземпляра на стеблѣ въ пазухахъ листьевъ сидятъ острыя колючки.

Многія акаціи, живущія въ сухомъ климатѣ Австраліи и имѣющія двояко-парно-перистые сложные листья, легко метаморфозируютъ эти сложные листья въ **филлодіи** (см. рис. 454). Главные черешки ихъ постепенно расширяются въ листовые плоскіе органы, расположенные однако въ вертикальной плоскости, подобно **филлокладіямъ** другихъ растеній (ср. рис. 395, на стр. 479), тоже живущихъ въ сухихъ климатахъ, напримѣръ, по побережью Средиземнаго моря или въ той же

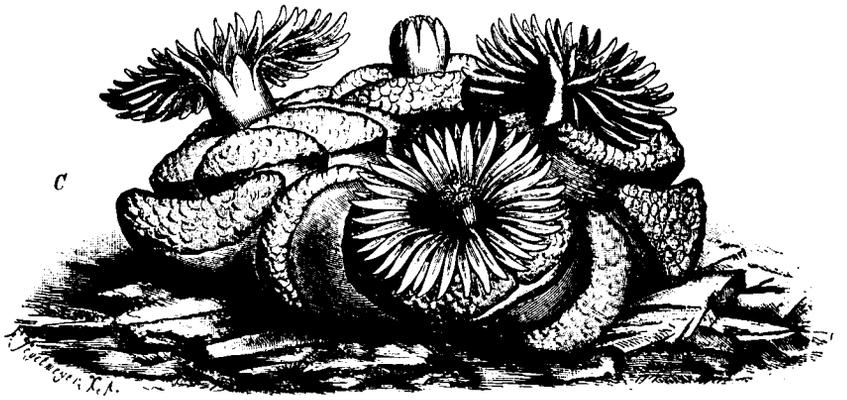


Рис. 448. *Mesembryanthemum truncatellum.*

Австраліи. По мѣрѣ того, какъ черешки этихъ сложныхъ листьевъ пріобрѣтаютъ плоскій листовидный характеръ, вторичные черешки съ многочисленными листочками постепенно атрофируются, и, наконецъ, вѣтвь акаціи начинаетъ производить однѣ лишь филлодіи.

Особенно рѣзкіе метаморфозы встрѣчаемъ мы однако у насѣкомоядныхъ растеній. Оригинально устроенный листъ мухоловки (см. рис. 455) состоитъ изъ плоскаго, широкаго листовиднаго черешка (*Ч*) и двустворчатой чувствительной и способной къ активнымъ движеніямъ пластинки. У водяного растенія *Utricularia vulgaris*, нерѣдко встрѣчающагося у насъ въ канавахъ и болотныхъ озерахъ, подводные листья тонки и многократно разсѣчены. На этихъ листьяхъ имѣются мѣшковидные органы — ловушки,

какъ бы пузырьки, очень сложно устроенные и предназначенные для ловли мелкихъ водяныхъ животныхъ (см. рис. 456); пузырьки эти — метаморфозированные листовые сегменты подводнаго листа *Utricularia* или пузырчатки. Цѣ-

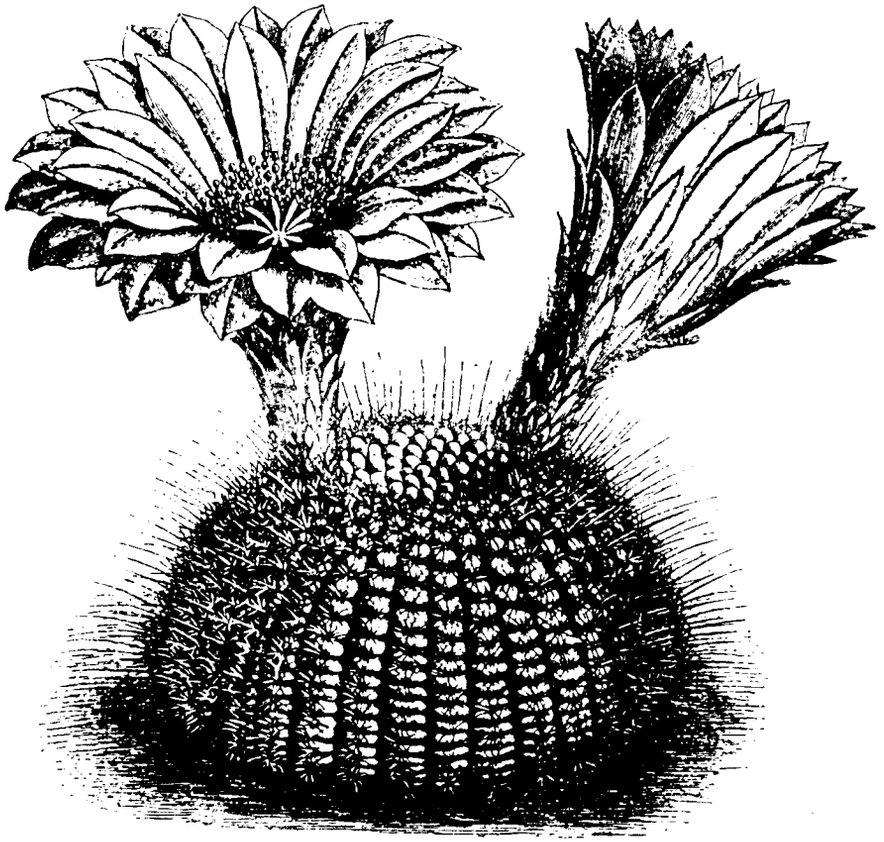


Рис. 449. Кактусъ — *Echinocactus concinnus*, обильно защищенный колючками, метаморфозированными листьями.

лый рядъ экзотическихъ насѣкомоядныхъ растеній имѣетъ кувшинчато-построенные листья. На прилагаемомъ рисункѣ 457 изображена группа насѣкомоядныхъ растеній съ кувшиноподобными листьями. У *Nepenthes*, живущихъ въ тропической Азіи, черешокъ листа расширенъ въ видѣ широкой листовидной пластинки. Далѣе онъ продолженъ въ

стеблевидную часть — длинную, округлую, которая заканчивается крупнымъ, полымъ внутри кувшиномъ, полуприкры-

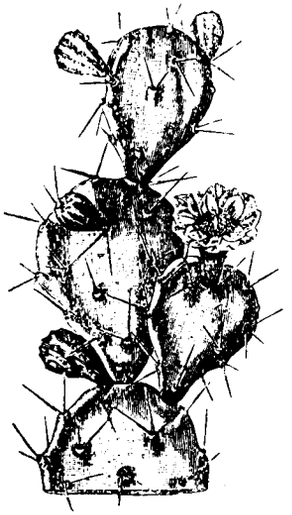


Рис. 450. Стебель кактуса — *Opuntia monacantha*, метаморфозировавшійся въ толстые листоподобные органы, съ колючками, метаморфозированными листьями.



Рис. 451. Вѣтвь трагаканто-ваго астрагала (*Astragalus tragacantha*), съ перисто-сложными листьями, у которыхъ главный черешокъ превращенъ въ колючку.

тымъ наверху какъ бы крышечкой. Эта крышечка и

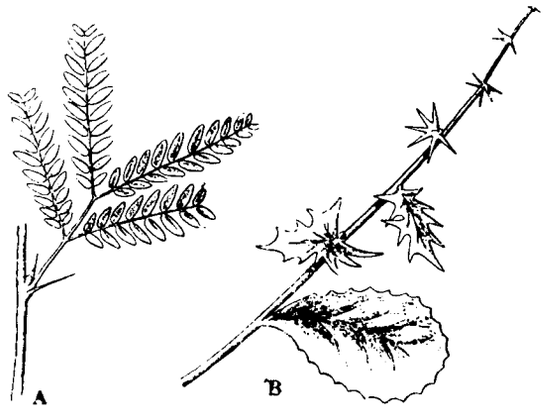


Рис. 452. *A* — двояко-перистый листъ *Acacia eburnea* съ прилистниками, обращенными въ колючки. *B* — вѣтвь барбариса (*Berberis vulgaris*), съ листьями, представляющими постепенный переходъ въ колючки.

есть крайне редуцированная пластинка листа *Nepenthes*, а кувшинъ ея еще относится къ сильно метаморфозированному листовому черешку этого растенія (см. рис. 458).

Еще оригинальнѣе метаморфозированные листья у *Dischidia Rafflesiana*. Это — обвивающаяся тонкими стеблями

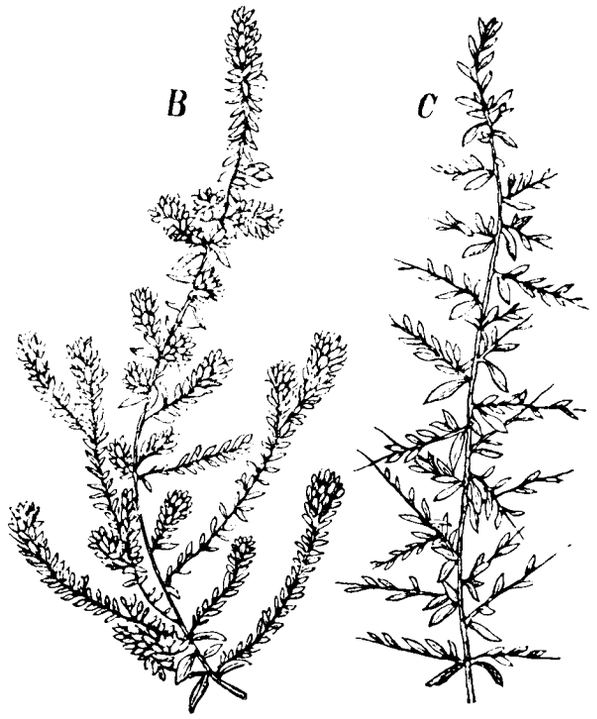


Рис. 453. Двѣ вѣтви *Genista anglica*: *B* — выросшая во влажной атмосферѣ, безъ колючекъ, *C* — въ сухой атмосферѣ, съ колючками.

ліана, живущая въ тропическихъ лѣсахъ Азіи и Австраліи (см. рис. 459). У нея двоякаго рода листья: одни некрупные, супротивные, зеленаго цвѣта и исполняютъ обычныя функціи листа — ассимилируютъ углекислоту воздуха и испаряютъ воду; другіе же листья имѣютъ видъ крупныхъ мѣшковъ съ отверстіемъ наверху. Отъ мѣста прикрѣпленія мѣшка къ стеблю отходитъ сильный воздушный придаточный корень, направляющійся въ полость мѣшковиднаго листа. Въ мѣшкахъ собирается дождевая вода, пыль, грязь, и въ этой то водѣ и перегнойной почвѣ воздушные корни *Dischidia Rafflesiana* нахо-

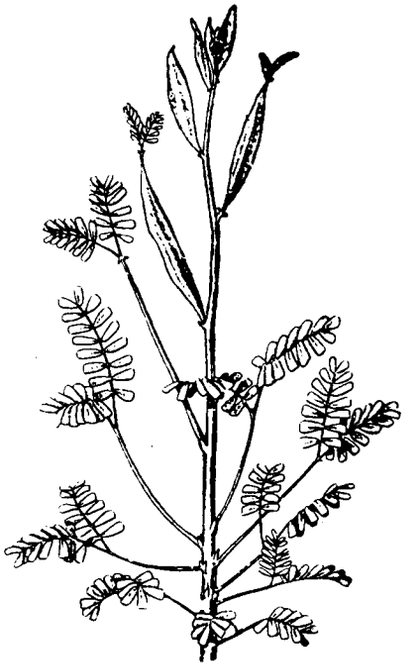


Рис. 454. Побѣгъ *Acacia melanoxylon*, у котораго нижніе перисто-сложные листья постепенно вверху переходятъ въ филлодіи.

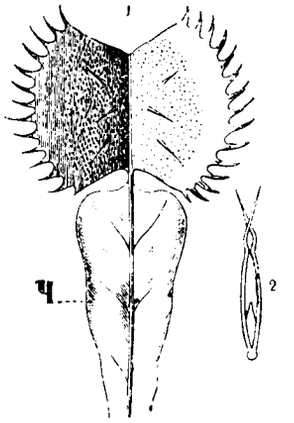


Рис. 455. Листъ мухоловки — *Dionaea muscipula*.

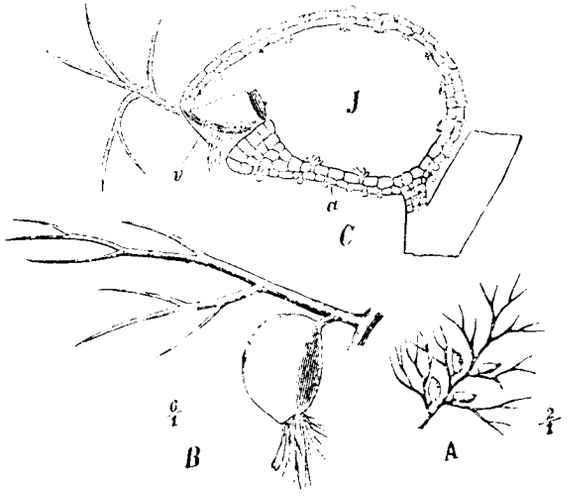


Рис. 456. Насѣкомоядное растеніе, пузырчатка — *Utricularia vulgaris*: *A* — часть листа съ нѣсколькими пузырьками ($^2/_1$); *B* — одинъ листочекъ съ пузырькомъ ($^6/_1$); *C* — продольный разрѣзъ пузырька: *v* — клапанъ, *a* — стѣнки пузырька; увелич. ок. 28 разъ.

дятъ добавочную пищу для усиленнаго питанія этой оригинальной тропической ліаны.

Несмотря однако на всѣ эти разнообразные метаморфозы, листъ остается все же листомъ, третьимъ и послѣднимъ основнымъ морфологическимъ органомъ растенія, имѣющимъ свои опредѣленные морфологическіе признаки, отличающіе его отъ корня и стебля. Признаки эти слѣдующіе. Листъ залагается всегда изъ тканей стебля экзогенно въ видѣ бугорковъ паренхиматической ткани на конусѣ нарастанія стебля (см. рис. 334, на стр. 430, и рис. 460). Онъ растетъ почти всегда, за малыми лишь исключеніями (у папоротниковъ), своимъ основаніемъ, а не верхушкою. Только листья папоротниковъ нарастаютъ верхушкой. Листъ самъ можетъ вѣтвиться, но не можетъ давать непосредственно ни новыхъ листьевъ, ни придаточныхъ корней. Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ листъ можетъ произвести изъ тканей своихъ листостебельную почку, которая въ свою очередь производитъ новый стебель, придаточные корни и листья (см. рис. 461). Таковы существенныя морфологическія особенности листа, въ отличіе отъ корня и стебля.

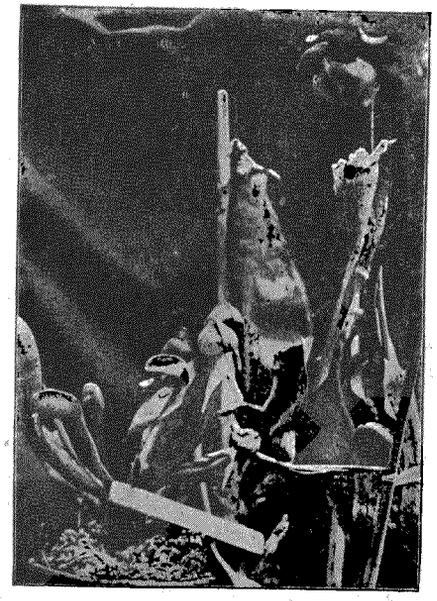


Рис. 457. Насѣкомоядныя растенія съ кувшинчатыми листьями: налѣво — *Darlingtonia californica*, направо — *Sarracenia Drummondii*.



Рис. 458. Кувшинчикъ *Nepenthes*'а. На днѣ кувшинчика, изъ котораго часть стѣнки предположена вырѣзанной, находится выдѣленная листовыми железками жидкость *F*, въ которой перевариваются попавшія въ кувшинчикъ насѣкомыя.

По долговѣчности листья могутъ быть раздѣлены на **вѣчнозеленые** и **опадающіе**. Вѣчнозеленые листья нѣ-

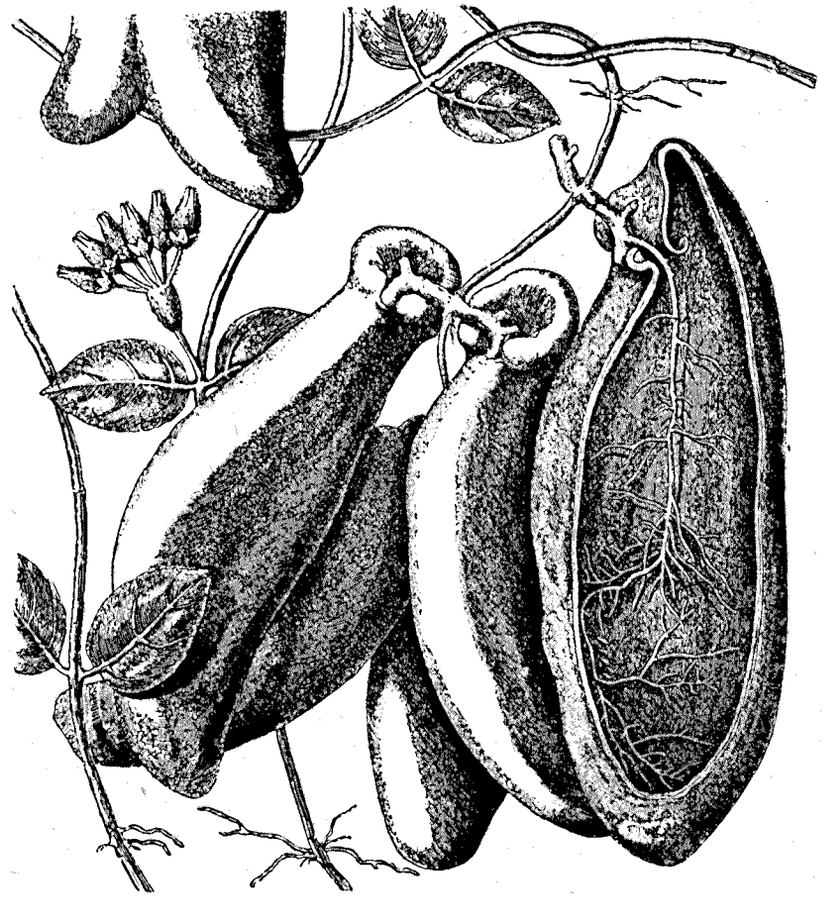


Рис. 459. *Dischidia Rafflesiana*, съ простыми и метаморфозированными кувшинчатыми листьями. Ліана, родомъ изъ тропической Азіи и Австраліи.

сколько лѣтъ остаются на стеблѣ и затѣмъ отмираютъ и частью опадаютъ. Таковы хвои нашихъ хвойныхъ, листья пальмъ, кожистые листья многихъ тропическихъ и субтропическихъ деревьевъ и кустарниковъ. У нихъ листья тоже опадаютъ, какъ и у нашихъ растеній (за исключеніемъ

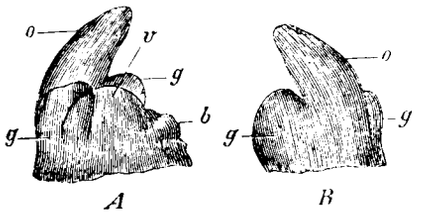


Рис. 460. Развитіе листа вяза (*Ulmus campestris*): *A* — конусъ нарастанія стебля (*v*), съ двумя зачатками листьевъ, изъ которыхъ самый молодой (*b*) еще не успѣлъ расчлениться, тогда какъ другой, болѣе старый, расчленился на верхушечную часть (*o*) и основную (*g*), каковой частью листъ и нарастаетъ дальше. *B* — тотъ же болѣе старый зачатокъ листа косо снаружи.



Рис. 461. Папоротникъ — *Asplenium Fabianum*. Молодое растеньице (*T*) съ 5 листьями и нѣсколькими корешками (*W*), выросшее изъ листовой ткани (*M*) болѣе стараго растенія.

пальмъ), но нѣтъ общаго одновременнаго листопада, а потому такія деревья какъ бы вѣчно одѣты листвою. У растеній умѣреннаго или сухого тропическаго климата листья живутъ одинъ всего вегетаціонный періодъ и съ наступленіемъ зимы или засушливаго времени года подъ тропиками опадаютъ. Такіе листья называются опадающими. И у такихъ растеній ясно замѣтенъ, напримѣръ, осенью общій листопадъ и погруженіе растенія въ спячку, иначе говоря, переходъ его въ покоющееся состояніе.

Лекція тридцать седьмая.

Физіологическое значеніе листа и его анатомическое строеніе.

На прошлой лекціи мы видѣли, сколь разнообразна форма листа. Если корень и стебель растенія могутъ въ значительной мѣрѣ метаморфозироваться, въ зависимости отъ внѣшнихъ условій окружающей среды и тѣхъ или иныхъ физіологическихъ задачъ этихъ двухъ осевыхъ органовъ растенія, то амплитуда колебанія листового метаморфоза еще значительнѣе, еще безпредѣльнѣе, чѣмъ у корня и стебля. Эта громадная способность листа варьировать въ своемъ внѣшнемъ видѣ на всевозможные лады стоитъ въ несомнѣнной связи съ разнообразными и весьма существенными физіологическими его задачами. **Листъ**, боковой органъ, является наисущественнѣйшей частью растенія, ибо листъ — это та лабораторія, гдѣ происходитъ одинъ изъ замѣчательнѣйшихъ, я бы сказалъ, міровыхъ процессовъ — синтезъ органическихъ соединеній. Давно уже химики въ своихъ лабораторіяхъ пытались синтезировать органическія вещества, но это имъ почти не удавалось до послѣдняго времени. Первый, кому посчастливилось синтетическимъ путемъ получить органическое соединеніе, былъ Вёлеръ, въ 1828 году получившій искусственнымъ путемъ мочевину. Съ тѣхъ поръ органическая химія сдѣлала значительные успѣхи, многія органическія соединенія получаются лабораторнымъ путемъ, но для жизни на нашей планетѣ все же эти успѣхи органической химіи существеннаго значенія не имѣютъ. Листъ же растеній съ древнѣйшихъ временъ постоянно производитъ колоссальную работу синтеза орга-

ническаго вещества, и все живое на землѣ обязано своимъ существованіемъ, своимъ питаніемъ и дыханіемъ зеленому листу. Безъ растительной зелени моментально прекратилась бы жизнь на нашей планетѣ, и не одно растительное и животное царство обязано листьямъ своимъ существованіемъ, но и человѣкъ съ его произведеніями техники, искусства и науки, со всей его разнообразной матеріальной, умственной и духовной жизнью есть не что иное, какъ сложнѣйшее органическое существо, обязанное существованіемъ своимъ зеленому листу.

Кромѣ задачи синтеза органическаго вещества, листъ исполняетъ еще двѣ важныхъ физіологическихъ функціи: воспріятіе сырой неорганической пищи изъ окружающаго воздуха, въ видѣ газообразной углекислоты, и испареніе воды изъ растенія.

Мы видѣли въ свое время, что корни добываютъ пищу изъ земли, и что пища эта состоитъ изъ крайне слабыхъ растворовъ минеральныхъ солей. Далѣе, мы видѣли, что эти слабо концентрированные растворы доставляются по древеснымъ частямъ стебля въ листья, и только здѣсь растворы эти перерабатываются въ пригодныя для непосредственнаго питанія растенія органическія соединенія, въ углеводы, жиры и бѣлковыя соединенія. Растенія обыкновенно растутъ очень быстро. Для этого имъ нужно имѣть значительные запасы органической пищи; а между тѣмъ въ листъ черезъ корень и стебель доставляется, во-первыхъ, растворъ минеральный, а не органическій, и, во-вторыхъ, въ столь слабыхъ концентраціяхъ, что, дабы изъ него получить хоть небольшой запасъ питательнаго вещества, годнаго для построенія тѣла растенія, надо ежедневно доставлять растенію огромныя массы почвенной воды. Поглощать густые растворы минеральныхъ солей растенія не могутъ, ибо, во-первыхъ, густые растворы, какъ болѣе тяжелые, не могли бы подниматься по стеблю высокихъ растеній въ листья, и, во-вторыхъ, такіе густые растворы ядовиты для растеній. Минимальныя дозы минеральныхъ солей въ растворахъ полезны и нужны растенію, но густые растворы тѣхъ же солей дѣйствуютъ, какъ ядъ. Вотъ почему растеніе поглощаетъ изъ почвы растворы въ очень слабой концентраціи, можно сказать, почти въ гомеопатическихъ дозахъ, а между тѣмъ растенію

нужна не столько сама вода, сколько растворенныя въ ней питательныя соли. Вслѣдствіе постояннаго дѣйствія корневой силы и восходящаго тока, въ листьяхъ растеній накапливалась бы такая масса воды, что либо она не могла бы далѣе помѣщаться въ тканяхъ растенія и разрушила бы напоромъ своимъ эти ткани, либо дальнѣйшій притокъ ея, а вмѣстѣ съ тѣмъ и притокъ сырого строительнаго матеріала вскорѣ совсѣмъ бы прекратился, а вмѣстѣ съ тѣмъ прекратился бы и притокъ веществъ, нужныхъ для дальнѣйшаго роста и развитія растенія. Но ни того, ни другого обыкновенно не бываетъ, и не бываетъ потому, что у растеній есть особые органы — листья, постоянно удаляющіе избытокъ полученной корнями воды. Удаленіе воды изъ растенія черезъ листья происходитъ путемъ ея испаренія черезъ такъ называемыя дыхательныя, точнѣе говоря, черезъ испарительныя устьица кожицы листа. Такимъ образомъ удаленіе излишней воды изъ растенія путемъ испаренія есть первая задача листа, и такъ какъ поглотительная поверхность корневыхъ волосковъ громадна, то у растеній должна быть огромна и испаряющая поверхность. Это достигается плоской формой листовой пластинки и большимъ количествомъ листьевъ на растеніяхъ. Если съ какого-нибудь дерева снять всѣ листья и положить ихъ рядомъ другъ около друга, то мы получимъ такую огромную площадь, черезъ которую постоянно, днемъ и ночью, происходитъ испареніе воды изъ растенія, что скорѣе можно удивляться не тому, что въ растеніи нѣтъ избытка воды, а тому, что все же, несмотря на колоссальную испаряющую поверхность, растенія въ своихъ тканяхъ всегда имѣютъ въ значительномъ количествѣ воду.

Изучая опыты съ водными культурами, мы видѣли, что растенія корнями своими поглощаютъ воду и растворенныя минеральныя вещества, при чемъ въ растворы эти входятъ всѣ нужные растенію химическіе элементы, кромѣ лишь одного и при томъ самаго главнаго — углерода. Углеродъ корнями изъ почвы не добывается, а между тѣмъ въ составъ тѣла растенія больше всего входитъ именно углерода; всѣ органическія соединенія, нужныя для питанія растенія, и изъ которыхъ строится тѣло растенія, имѣютъ въ составѣ своемъ прежде всего углеродъ. И жиры, и углеводы, и бѣлковыя соединенія состоятъ изъ углерода, да и вся органическая

химія есть, въ сущности говоря, химія углерода. Итакъ, растеніямъ больше всего нуженъ для питанія углеродъ, а водныя культуры учатъ насъ, что можно вырастить растеніе и довести его до полной зрѣлости, не давая ему въ почвенныхъ растворахъ ни одного атома углерода. Углеродъ корнями растеній изъ почвы не поглощается, несмотря на его первостепенную важность. Ясно, что углеродъ добывается растеніемъ изъ какой-то другой среды, а не изъ почвы, и не корнями, а какимъ-то другимъ органомъ. Точныя изслѣдованія показали, что весь нужный для развитія растенія углеродъ получается имъ только изъ воздуха, что поглощается онъ въ газообразномъ состояніи, въ видѣ углекислоты, зелеными листьями и только днемъ, на свѣту. Атмосферный воздухъ состоитъ, какъ вы, конечно, хорошо знаете, изъ $^1/_5$ части кислорода и $^4/_5$ азота. Углекислоты при нормальныхъ условіяхъ въ атмосферномъ воздухѣ минимальное количество, иначе говоря, углекислота такъ же растворена въ воздухѣ, какъ минеральныя соли въ водѣ, и оба эти раствора весьма слабые. Углекислота поглощается изъ воздуха листьями и только при дѣйствіи свѣта. А такъ какъ растенію для его питанія нужно поглотить много углекислоты, ибо ему нужно много углерода, то поглотительная поверхность его должна быть обширной. Мы уже видѣли, что листва растенія представляетъ обширную поверхность; эта обширность листовой поверхности есть весьма цѣлесообразное приспособленіе какъ для его испарительной функціи, такъ и для функціи поглотительной. Но для успѣшнаго поглощенія углекислоты листья растеній въ суммѣ не только должны имѣть обширную поглотительную поверхность, но и такъ располагаться на растеніи, чтобы наиболѣе выгоднымъ образомъ использовать свѣтъ. Свѣтъ же нуженъ растенію, во-первыхъ, для поглощенія углекислоты (въ темнотѣ углекислота листьями изъ воздуха не поглощается) и, во-вторыхъ, и это еще существеннѣе, для разложенія углекислоты и присоединенія частицъ углерода къ молекуламъ воды, въ результатѣ чего путемъ синтеза получается въ клѣткахъ листа одно изъ простѣйшихъ органическихъ соединеній — крахмалъ. Химическая формула синтеза крахмала такая:

$$6CO_2 + 5H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6O_2.$$

Какъ легко вы можете сообразить, процессъ синтеза крахмала діаметрально противоположенъ процессу окисленія крахмала во время дыханія. Формула **ассимиляціи** или **синтеза крахмала** обратная такой же химической формулѣ процесса дыханія. При процессѣ дыханія выдѣляется свободная энергія. Процессъ ассимиляціи, какъ обратный процессъ, долженъ сопровождаться поглощеніемъ свободной энергіи. Эта поглощаемая листомъ свободная энергія и есть свѣтъ, и вотъ почему какъ поглощеніе углекислоты воздуха, такъ и разложеніе ея съ образованіемъ крахмала не можетъ происходить въ темнотѣ, а происходитъ только на свѣтѣ. При этомъ, чѣмъ выгоднѣе у растеній расположены листья по отношенію къ свѣту, тѣмъ лучше идутъ оба физіологическихъ процесса питанія въ листѣ, т. е. процессъ поглощенія углекислоты и процессъ ассимиляціи или синтеза углеводовъ. Наружное строеніе листьевъ и ихъ расположеніе на растеніи вполнѣ согласуются съ этимъ условіемъ питанія, т. е. съ наивыгоднѣйшимъ расположеніемъ листьевъ, и именно верхней ихъ поверхности, къ свѣту. Листья имѣютъ обыкновенно черешки, и эти черешки выносятъ листовую пластинку поближе къ свѣту и ставятъ ее такъ, чтобы свѣтъ падалъ на верхнюю сторону листа наиболѣе выгоднымъ образомъ. Когда у растенія много листьевъ, они легко могли бы затѣнять другъ друга и мѣшать одинъ другому въ использованіи энергіи солнечныхъ свѣтовыхъ лучей. Но мы видимъ, что этого обыкновенно не бываетъ. Чѣмъ больше листьевъ у растенія, тѣмъ это ему выгоднѣе и для процесса испаренія воды, и для процесса усвоенія углекислоты. Но дабы многочисленные листья не затѣняли другъ друга и не мѣшали другъ другу въ работѣ, у растеній имѣется вѣтвленіе стебля. Смыслъ стеблевого вѣтвленія — наиболѣе равномѣрно распредѣлить листья растенія по отношенію къ живительному солнечному свѣту, и многія растенія, образуя вѣтвленія стебля, распредѣляютъ при этомъ свои листья въ особыя **листовыя мозаики** (см. рис. 462), сущность которыхъ заключается въ томъ, чтобы листья распредѣлялись на вѣтви, по возможности не прикрывая другъ друга краями и не затѣняя другъ друга. Не только однако соотвѣтствующими вѣтвленіями и развитіемъ листовыхъ черешковъ, то болѣе

короткихъ, то болѣе длинныхъ, достигается наиполнѣйшее и наивыгоднѣйшее использованіе листьями падающаго на растеніе свѣта; это достигается также нерѣдко соотвѣтствующими геліотропическими движеніями листовыхъ черешковъ и пластинокъ, при чемъ послѣднія всегда поворачиваются такъ, чтобы наилучшимъ образомъ использовать свѣтъ своими верхними поверхностями. На рисункѣ 463 изображены двѣ вѣтви одного и того же растенія — *Deutzia*, съ супротивными листьями. Фиг. *A* изображаетъ прямостоячую вѣтвь *Deutzia*, равномѣрно освѣщенную сверху, и мы видимъ, что листья ея повернулись такъ пластинками своими во всѣ стороны, что онѣ, не затѣняя другъ друга, со всѣхъ сторонъ погло-

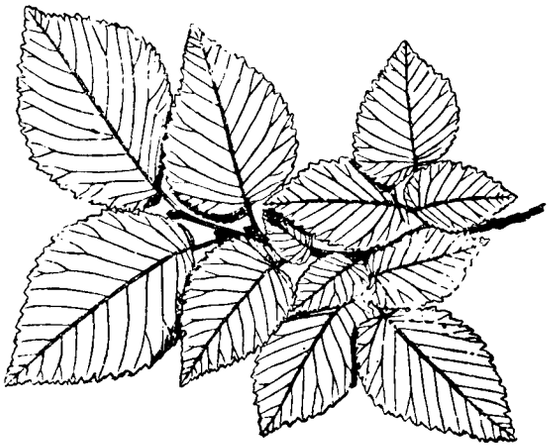


Рис. 462. Вѣтвь вяза (*Ulmus*) съ листовою мозаикой.

щаютъ падающіе сверху солнечные лучи. На фиг. *B* изображена другая вѣтвь того же растенія, наклоненная внизъ и освѣщенная боковымъ свѣтомъ; и тѣ же листья растенія располагаются подъ вліяніемъ геліотропизма на этой вѣтви совершенно иначе, а именно, всѣ въ одной плоскости, образуя листовую мозаику.

Итакъ, форма и степень разсѣченности листовой пластинки, длина листового черешка, мѣсто прикрѣпленія листьевъ къ стеблю, наконецъ, само вѣтвленіе стебля, все это приспособленія къ наилучшему использованію свѣта, иначе говоря, наиболѣе лучшему выполненію двухъ другихъ задачъ листа — поглощенія изъ воздуха пищи въ видѣ углекислаго газа и синтеза органическихъ веществъ, въ первую голову — крахмала.

Приспособленіе растенія къ наилучшему использованію верхней стороной листовой пластинки свѣта не ограничивается различнымъ устройствомъ самого листа и вѣтвленіемъ стебля. Въ темныхъ, сырыхъ тропическихъ лѣсахъ вырабатываются даже особые растительные типы, напримѣръ, ліаны или эпифиты, все строеніе и образъ жизни которыхъ приспособлены къ наилучшему улавливанію свѣтовыхъ лучей листьями. Ліаны (см. рис. 361), обвиваясь вокругъ высокихъ деревьевъ или цѣпляясь за нихъ своими усиками, зацѣпками, длинными плетевидными вѣтвями, придаточными корнями, имѣютъ при этомъ одну главную цѣль: вынести какъ можно дальше въ крону деревьевъ свои листья, поставить ихъ поближе и повыгоднѣе къ свѣту. Мелкія растенія въ густомъ тѣнистомъ тропическомъ лѣсу б. ч. не могутъ жить на землѣ. Ихъ листьямъ не хватало бы свѣту, и они работали бы скверно, мало поглощая углекислоты изъ воздуха, мало синтезируя органическихъ веществъ.



Рис. 463. Вѣтви *Deutzia* съ супротивными листьями: *A* — вертикальная вѣтвь, освѣщенная со всѣхъ сторонъ; *B* — наклоненная внизъ и освѣщенная съ одной лишь стороны.

И мы знаемъ, что такія мелкія растенія тропическихъ лѣсовъ ведутъ совершенно особый образъ жизни, вырабатываютъ совершенно своеобразныя приспособленія; они живутъ эпифитно, высоко на вѣтвяхъ деревьевъ, поближе къ свѣту, прикрѣпляясь къ корѣ деревьевъ особыми корнями, укрѣпляющими ихъ среди неровной поверхности коры тропическихъ деревьевъ. Произрастая не на землѣ, а на корѣ деревьевъ, эпифиты (см. рис. 291) образуютъ цѣлыя пряди воздушныхъ

корней, своеобразно устроенныхъ и имѣющихъ цѣлью поглощать воду не изъ почвы, а изъ насыщеннаго парами влажнаго воздуха тропическаго лѣса. И всѣ эти и другія подобныя приспособленія имѣютъ главную цѣль — доставить листьямъ эпифитовъ побольше свѣта, дабы они могли лучше функціонировать, больше поглощать углекислоты, больше синтезировать углеводовъ. Я уже сказалъ вамъ, что углекислоты въ воздухѣ обыкновенно очень мало, лишь слѣды. Если бы углекислоты было много, то она дѣйствовала бы на растеніе, какъ ядъ. Но въ сильно разрѣженномъ состояніи CO_2 для растенія не только не ядъ, но насущнѣйшая пища. А такъ какъ ея въ воздухѣ очень мало, то и листья растенія устроены такъ, чтобы изъ малаго количества углекислоты въ окружающемъ воздухѣ въ концѣ концовъ приготовить наибольшее количество углеводовъ.

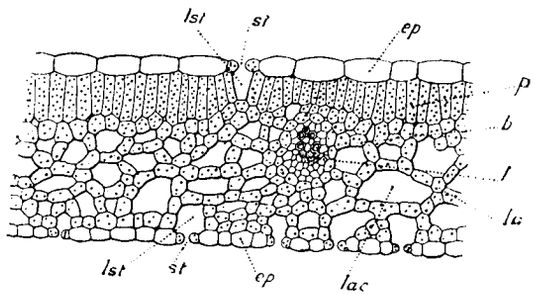


Рис. 464. Поперечный разрѣзъ черезъ дорзивентральный листъ *Ranunculus acris*: *ep* — кожица, *st* — устьице, *p* — палисадная паренхима, *la* — губчатая паренхима, *lac* — межклѣтные въ ней ходы, *b* — древесная часть сосудистаго пучка, *l* — лубяная его часть, *lst* — воздушная полость подъ устьицемъ.

Сообразно всему вышесказанному, мы легко можемъ понять, что нижняя и верхняя поверхности листа должны исполнять различныя функціи. Нижняя поверхность его главнымъ образомъ предназначена для испаренія воды, верхняя-же — для процессовъ синтеза органическихъ соединеній. Поэтому большинство листьевъ построено **дорзивентрально** или двусторонне, т. е. по внѣшнему виду у нихъ обыкновенно можно отличить верхнюю поверхность отъ нижней. Еще болѣе сказывается дорзивентральность листа въ его анатомическомъ строеніи, которое великолѣпнымъ образомъ приспособлено къ основнымъ функціямъ листа.

Если мы сдѣлаемъ поперечный разрѣзъ черезъ листъ и разсмотримъ разрѣзъ этотъ подъ микроскопомъ (см. рис. 464), то намъ сразу бросится въ глаза рѣзкая разница въ анатомическомъ строеніи верхней и нижней

его стороны. Снаружи листъ со всѣхъ сторонъ одѣтъ **кожицей** (**эпидермисомъ**, см. рис. 464, *ep*). Кожица состоитъ изъ одного слоя б. ч. таблитчатыхъ клѣтокъ, плотно соединенныхъ между собою. Очень рѣдко кожица бываетъ многослойной, напримѣръ, въ листьяхъ фикуса. Клѣтки кожицы живыя, содержатъ цитоплазму, ядро и клѣточный сокъ, но почти всегда лишены хлоропластовъ. Только у водяныхъ растеній и у папоротниковъ имѣются хлорофильныя зерна и въ клѣткахъ кожицы. Въ клѣточномъ сокѣ эпидермальныхъ клѣтокъ нерѣдко имѣются различные пигменты, напримѣръ, фіолетовый, синій, рѣже красный. Наружное очертаніе клѣтокъ кожицы можетъ быть различно. Или клѣтки эти сильно вытянуты въ длину (см. рис. 465), или онѣ лопастныя съ извилистыми краями, которыми заходятъ другъ за друга (см. рис. 466, *1*). Наружныя стѣнки эпидермальныхъ клѣтокъ обыкновенно сильно утолщены и покрыты сплошной пленкой **кутикулы**, не пропускающей черезъ себя воду и воздухъ. Боковыя и внутреннія ихъ стѣнки б. ч. тонкія. Вслѣдствіе плотной сомкнутости эпидермальныхъ клѣтокъ и образованія на наружной поверхности ихъ сплошного непроницаемаго слоя кутикулы, кожица защищаетъ внутреннее содержимое листа отъ внѣшнихъ неблагопріятныхъ условій, не пропуская черезъ себя ни воду, ни воздухъ. Но такъ какъ листъ служитъ для испаренія воды изъ растенія, то въ кожицѣ листа имѣются особыя отверстія, какъ бы форточки или вентиляторы, называемыя **дыхательными устьицами** (см. рис. 464, *st*, 465, *Sp*, 466, *S*). Дыхательныя или, вѣрнѣе говоря, испарительныя устьица окружены, какъ вы уже знаете, двумя полулунными, **замыкающими клѣтками.** Клѣтки эти могутъ замыкать и открывать отверстіе устьица и тѣмъ уменьшать или усиливать газовый обмѣнъ листа и испареніе воды изъ него. Замыкающія клѣтки устьицъ — тѣ же эпидермальныя клѣтки, но устроенныя особымъ образомъ, съ сильно утолщенными наружными и внутренними стѣнками и съ хлоро-

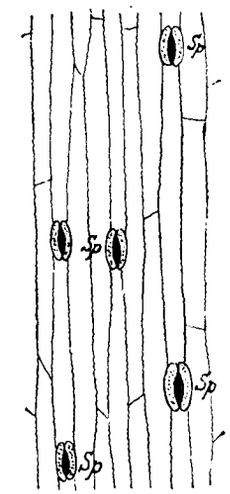


Рис. 465. Кожица, содранная съ листа гіацинта и разсматриваемая съ поверхности: *Sp* — дыхательныя устьица.

пластами внутри (см. рис. 466, *S*). Обыкновенно на верхней сторонѣ листа или совершенно не бываетъ устьицъ, или бываетъ ихъ гораздо меньше, чѣмъ на нижней его сторонѣ.

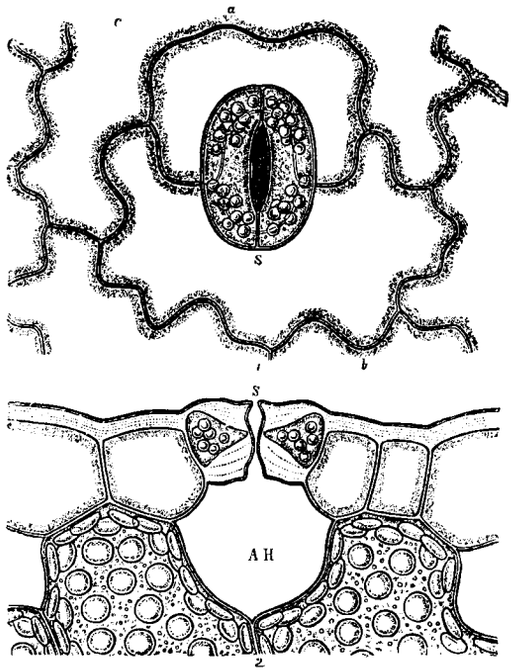


Рис. 466. Устьице листа тимьяна (*Thymus*): *1*—съ поверхности, *2* — въ разрѣзѣ; *S* — устьице, *АП* — дыхательная полость.

Кожица листа можетъ быть либо голая, либо покрытая восковымъ налетомъ (см. р. 190), либо она одѣта разнообразнымъ и иногда очень густымъ волосянымъ покровомъ (см. рис. 467), при чемъ каждый волосокъ представляетъ выростъ эпидермальной клѣтки. Обыкновенно **волоски** не одинаково развиваются на верхней и нижней сторонѣ листа. Есть листья, у которыхъ верхняя ихъ поверхность голая или почти голая, и эпидермисъ листа не образуетъ волосковъ, тогда какъ нижняя сторона обильно одѣта густыми бѣлыми волосками. Таковы, напримѣръ, листья мать-и-мачехи (*Tussilago farfara*), получившей названіе свое отъ неравномѣрнаго распредѣленія

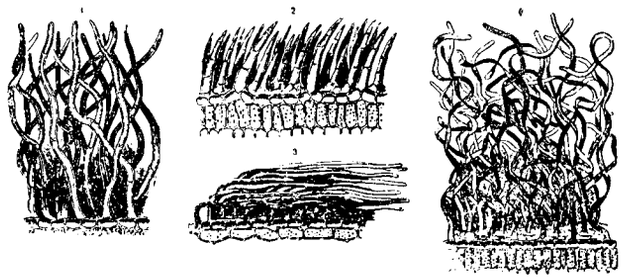


Рис. 467. Различные типы волосковъ на поверхности листьевъ.

волосковъ на обѣихъ сторонахъ листа. Нижняя сторона листа этого растенія покрыта обильно нѣжными мягкими волосками; она мягкая и теплая, какъ родная мать; а верхняя сторона листа гладкая, глянцевитая, холодная, точно мачеха. Также и **восковой налетъ** у тѣхъ растеній, у которыхъ онъ образуется, неравномѣрно распредѣленъ на обѣихъ поверхностяхъ листа; обыкновенно его больше на верхней поверхности, гдѣ онъ выдѣляется въ видѣ сизаго налета, легко стираемаго съ листа пальцемъ. Стертый восковой налетъ черезъ нѣсколько времени возобновляется. Восковой налетъ у растеній сухихъ странъ образуется не только на листьяхъ, но и на молодой

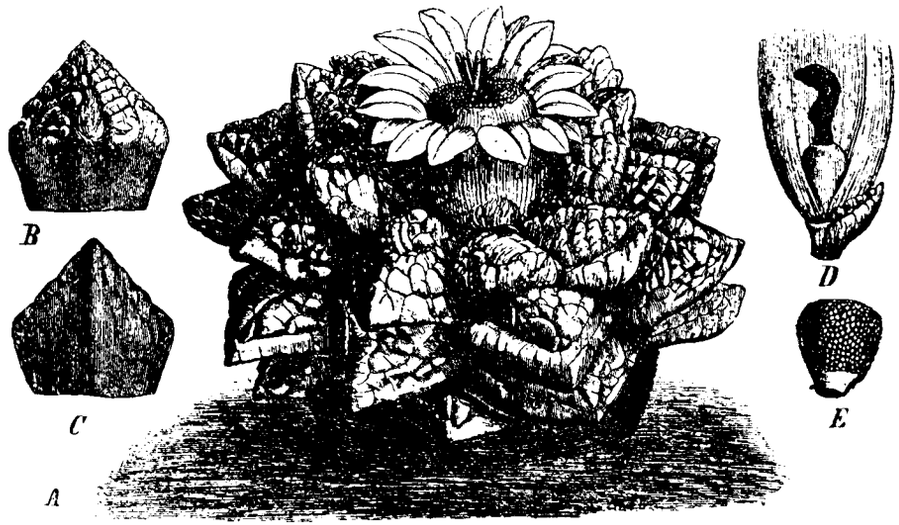


Рис. 468. Кактусъ *Anhalonium fissuratum* съ толстымъ восковымъ панцыремъ на поверхности вегетативныхъ органовъ.

кожицѣ стеблей. Онъ состоитъ изъ мельчайшихъ зернышекъ воска, діаметръ которыхъ не превышаетъ 0,001 милл. Впрочемъ, у нѣкоторыхъ растеній сухихъ, жаркихъ странъ восковой налетъ достигаетъ значительной толщины. Восковая пальма (*Klopstockia cerifera*), растущая въ саваннахъ Венецуэллы, выдѣляетъ на поверхности своихъ листьевъ и стеблей такой обильный восковой налетъ, что туземцы собираютъ воскъ этотъ для своихъ надобностей, соскабливая его съ растенія. На поверхности молодыхъ стеблей этой пальмы толщина воскового слоя достигаетъ даже 5 сантиметровъ. Очень

толстый и притомъ твердый восковой налетъ образуется на поверхности нѣкоторыхъ кактусовъ: напримѣръ, у *Anhalonium fissuratum* (см. рис. 468), растущаго въ самыхъ сухихъ пустыняхъ Мексики, развитъ столь толстый и при томъ столь твердый восковой панцырь, что если рѣзать кактусъ этотъ ножемъ, то лезвіе ножа зазубривается, и съ трудомъ можно разрѣзать само растеніе. Этотъ восковой панцырь предохраняетъ кактусъ не только отъ испаренія, но также и отъ поѣданія животными, а потому у *Anhalonium fissuratum* нѣтъ обычныхъ у кактусовъ защитныхъ колючекъ (ср. рис. 449). Вообще, восковые налеты на кожицѣ листа, волосяные покровы, сильно развитая толстая кутикула служатъ приспособленіями для защиты листа отъ излишняго испаренія, отъ чрезмѣрной транспираціи, и приспособленія эти развиты особенно сильно у растеній, живущихъ въ жаркихъ сухихъ странахъ.

Подъ кожицей находится **мякоть листа** или **мезофиллъ**; это — живая паренхимная ткань, клѣтки которой обильно наполнены хлорофильными зернами. Обыкновенно въ листьяхъ мезофиллъ построенъ двусторонне, такъ что всегда легко отличить верхнюю половину листа отъ нижней по строенію его мезофилла. Верхнія клѣтки мякоти листа вытянутыя, длинныя, цилиндрическія и стоятъ перпендикулярно къ наружной поверхности листа. На поперечномъ разрѣзѣ листа клѣтки эти, образующія такъ называемую **столбчатую** или **палисадную паренхиму** (см. рис. 464, *p*), плотно сомкнуты между собою, и между ними нѣтъ межклѣтниковъ; но на продольномъ разрѣзѣ листа мы видимъ между каждымъ рядомъ палисадной ткани узкіе межклѣтные ходы, отдѣляющіе каждый рядъ палисадныхъ клѣтокъ отъ слѣдующаго за нимъ ряда. Такое расположеніе палисадныхъ клѣтокъ напоминаетъ строй солдатъ. Сомкнутая по фронту шеренга солдатъ имѣетъ сзади промежутокъ, за которымъ слѣдуетъ слѣдующая сомкнутая шеренга и т. д. Такъ же располагаются и клѣтки палисадной паренхимы листа. Эти клѣтки особенно богаты хлорофильными зернами, которыя распредѣляются обыкновенно однимъ слоемъ вдоль вертикальныхъ стѣнокъ столбчатыхъ клѣтокъ. Такое устройство палисадообразной ткани листа весьма цѣлесообразно и вполнѣ гармонируетъ съ его физіологическими задачами. Палисадная или столбчатая ткань листа есть именно

та лабораторія, та кухня, гдѣ изъ неорганическихъ растворовъ, доставляемыхъ въ листъ стеблемъ изъ корня, изготовляется годная для растенія органическая пища; иначе говоря — палисадная ткань имѣетъ главную задачу, подъ вліяніемъ солнечнаго луча, изготовлять изъ воды и углекислоты воздуха крахмалъ, по формулѣ

$$6CO_2 + 5H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6O_2.$$

Поэтому палисадная ткань расположена близъ верхней поверхности листа, поближе къ падающему на листъ свѣту. Поэтому хлорофильныя зерна въ палисадной ткани располагаются обыкновенно вдоль вертикальныхъ стѣнокъ палисадныхъ клѣтокъ, перпендикулярныхъ къ поверхности листа и параллельныхъ падающимъ на листъ лучамъ солнца. Солнечный лучъ, войдя въ вытянутую цилиндрическую палисадную клѣтку, скользитъ вдоль ея боковыхъ стѣнокъ и равномѣрно освѣщаетъ каждое хлорофильное зерно, а процессъ синтеза крахмала происходитъ именно въ хлорофильномъ зернѣ. Если бы зерна хлорофилла были расположены безпорядочно въ палисадной клѣткѣ или толпились у ея поверхности, они затѣняли бы другъ друга, и работа синтеза крахмала распредѣлена была бы между ними неравномѣрно: одни хлорофильныя зерна больше бы поглощали свѣта и больше бы производили крахмала, чѣмъ другія. Впрочемъ, хлорофильныя зерна не всегда однимъ слоемъ располагаются вдоль вертикальныхъ стѣнокъ палисадной ткани. Такъ обыкновенно бываетъ при сильномъ падающемъ на листъ свѣтѣ. Но если погода пасмурная, свѣтъ разсѣянный, то хлорофильныя зерна палисадныхъ клѣтокъ перекочевываютъ къ наружной горизонтальной стѣнкѣ клѣтки, дабы ближе подойти къ слабому свѣту и хотя бы толпою, но что-нибудь захватить отъ этого разсѣяннаго свѣта. Ассимиляція углекислоты и синтезъ крахмала происходятъ, конечно, не только въ палисадномъ слоѣ мезофилла листа. Всякая клѣтка, имѣющая хлорофильныя зерна, будь то клѣтка листа, стебля, даже корня (какъ мы видѣли, напримѣръ, у воздушныхъ зеленыхъ корней орхидеи *Taeniophyllum Zollingeri*, см. рис. 296), способна поглощать углекислоту воздуха и въ хлорофильныхъ зернахъ своихъ строить крахмалъ. Но палисадная

ткань листа по преимуществу приспособлена къ этому процессу, а потому она особенно богата хлорофильными зернами и производитъ на свѣтѣ въ своихъ плотно сомкнутыхъ вытянутыхъ въ длину клѣткахъ особенно много крахмала.

Хорошая фабрика можетъ успѣшно работать лишь тогда, когда не только отлично устроены машины ея, производящія то, что изготовляетъ данная фабрика, но когда цѣлесообразно организовано и наискорѣйшее удаленіе изъ фабрики изготовляемыхъ ею предметовъ. Если не будетъ организованъ подвозъ сырого матеріала и отвозъ, удаленіе изъ фабрики изготовленныхъ продуктовъ, то какъ бы совершенны ни были машины, производство ея затормозится и вскорѣ прекратится. Но то же самое и въ листѣ. Машины, синтезирующія въ листѣ крахмалъ изъ углекислоты и воды, это хлорофильныя зерна. Углекислоту поглощаетъ листъ изъ воздуха дыхательными устьицами, воду доставляетъ ему древесная часть сосудистаго пучка изъ корня черезъ стебель. Хлорофильныя зерна въ палисадной ткани располагаются наиболѣе выгоднымъ образомъ по отношенію къ лучамъ свѣта, которые можно уподобить фабричнымъ рабочимъ. Но, изготовляя наиболѣе быстрымъ образомъ крахмалъ въ хлорофильныхъ зернахъ палисадной ткани, листу необходимо постоянно заботиться о скорѣйшемъ удаленіи изготовленнаго крахмала изъ палисадной ткани, дабы продукты синтеза, ассимиляты не загромождали собою палисадныхъ клѣтокъ и ихъ хлорофильныхъ зеренъ, а изготовленные немедленно удалялись бы изъ фабрики, и на мѣсто ихъ хлорофильныя зерна при помощи новыхъ солнечныхъ лучей могли бы готовить все новый и новый крахмалъ. Это наиболѣе скорое удаленіе продуктовъ ассимиляціи достигается, во-первыхъ, тѣмъ, что палисадныя клѣтки вытянуты въ длину, перпендикулярно къ поверхности листа, и, во-вторыхъ, тѣмъ, что за слоемъ палисадныхъ клѣтокъ въ листѣ расположенъ слой такъ называемыхъ **собирательныхъ клѣтокъ.** Собирательныя клѣтки имѣютъ кубическую или многогранную форму и такъ примыкаютъ къ палисадной ткани, что обыкновенно двѣ-три палисадныя клѣтки основаніями своими примыкаютъ къ одной собирательной клѣткѣ. Нерѣдко собирательныя клѣтки имѣютъ даже видъ воронокъ, широкой стороной направленныхъ къ палисадной ткани, а узкой стороной къ

губчатой ткани листа. Нижняя половина листового мезофилла состоитъ изъ рыхлой паренхимной ткани съ большими межклѣтниками, и эта ткань называется губчатой. Въ клѣткахъ ея также имѣются хлорофильныя зерна, слѣдовательно, губчатая ткань тоже участвуетъ въ процессѣ синтеза углеводовъ; но въ губчатой ткани меньше хлорофильныхъ зеренъ, сама она, какъ сказано, рыхлая и пронизана сплошной системой крупныхъ межклѣтныхъ ходовъ, съ которыми въ сообщеніи находятся и всѣ дыхательныя устьица листа. Вотъ почему обыкновенно нижняя часть листа кажется блѣднѣе верхней, которая б. ч. гораздо зеленѣе, чѣмъ нижняя.

Продукты ассимиляціи изъ столбчатыхъ клѣтокъ, благодаря вытянутой ихъ формѣ, весьма быстро, по мѣрѣ изготовленія, удаляются при помощи собирательныхъ клѣтокъ въ губчатую ткань, и ассимиляты могутъ при этомъ направляться только въ глубь листа, а не передаваться изъ одного слоя палисадныхъ клѣтокъ въ сосѣдній, внизъ по листу (отъ вершины къ основанію листа), благодаря именно узкимъ межклѣтнымъ ходамъ, отдѣляющимъ одну шеренгу палисадныхъ клѣтокъ отъ другой. Эти узкіе межклѣтники вмѣстѣ съ тѣмъ доставляютъ палисаднымъ клѣткамъ воздухъ съ углекислотой, проникающій въ листья черезъ дыхательныя устьица и широкіе межклѣтники губчатой ткани (см. рис. 464, *lac*).

Въ губчатой ткани листа проходятъ по листу **сосудисто-волокнистые пучки.** Каждый сосудисто-волокнистый пучекъ листа заходитъ въ листъ изъ стебля, причемъ заворачивается въ бокъ; а потому бывшая въ стеблѣ снаружи лубяная часть пучка въ листѣ придется внизу (см. рис. 464, *l*), а древесная часть пучка, бывшая въ стеблѣ внутри, въ листѣ придется наверху (см. рис. 464, *b*). Сосудисто-волокнистые пучки въ листѣ всегда замкнутые и, слѣдовательно, древесиной своей обращены кверху и лубомъ внизъ. Изъ древесины сосудистаго пучка вода съ растворенными минеральными веществами попадаетъ въ палисадную ткань, такъ какъ ткань эта ближе всего находится отъ древесной части пучковъ. Продукты же ассимиляціи листа черезъ собирательныя клѣтки и черезъ другія клѣтки губчатой ткани доставляются въ **паренхимное влагалище,** со всѣхъ сторонъ окружающее сосудисто-волокнистый пучекъ, и оттуда въ лу-

бяную часть пучка листа, по ситовиднымъ трубкамъ котораго ассимиляты быстро удаляются изъ листа въ стебель. Такъ цѣлесообразно и остроумно построенъ листъ анатомически, приспособляясь къ наилучшему и наискорѣйшему выполненію возложенной на него важной задачи — ассимиляціи углекислоты и синтеза углеводовъ.

Но не у всѣхъ растеній листъ построенъ дорзивентрально. Есть растенія, у которыхъ листья располагаются б. и. м. вертикально и имѣютъ **концентрическое строеніе** (см. рис. 469). На приложенномъ рисункѣ изображенъ поперечный разрѣзъ черезъ листъ тацетта (*Narcissus Tazetta*). У этого листа кожица верхней и нижней стороны имѣетъ одинаковое строеніе (*ep*, *ep*) и одинаковое количество устьицъ. Подъ кожицей какъ верхней, такъ и нижней поверхности листа мы видимъ палисадную ткань (*pl*, *pl'*), затѣмъ идетъ мелкая губчатая хлорофиллоносная паренхима съ узкими межклѣтными ходами, и лишь болѣе крупные межклѣтники, въ видѣ воздушныхъ полостей, находятся непосредственно подъ устьицами (*lst*). Середина же листа занята **водоносной тканью** (*pr*), состоящей изъ крупныхъ, безцвѣтныхъ, плотно сомкнутыхъ клѣтокъ, обильно наполненныхъ водою и съ небольшимъ количествомъ постѣнной плазмы. Въ срединѣ листа виденъ на разрѣзѣ замкнутый сосудисто-волокнистый пучекъ, древесиною (*b*) обращенный наверхъ и лубяной частью своей (*l*) внизъ. Сосудисто-волокнистый пучекъ окруженъ влагалищемъ изъ мелкихъ паренхиматическихъ клѣтокъ. Такіе листья свойственны многимъ однодольнымъ растеніямъ, и у нѣкоторыхъ изъ нихъ, живущихъ въ сухихъ странахъ, бываетъ очень сильно развита водоносная ткань. Если сдѣлать тонкій поперечный разрѣзъ черезъ листъ алоэ

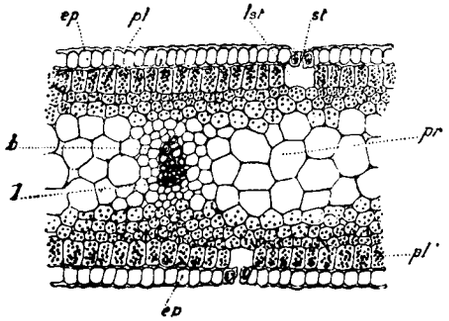


Рис. 469. Поперечный разрѣзъ черезъ листъ концентрическаго строенія *Narcissus Tazetta*: *ep* — кожица, *st* — устьице, *pl*, *pl'* — хлорофиллоносная паренхима, *pr* — водоносная паренхима, *b* — древесная часть сосудистаго пучка, *l* — лубяная его часть, *lst* — воздушная полость подъ устьицемъ.

(см. рис. 447) и посмотрѣть на свѣтъ, то мы увидимъ, что подъ безцвѣтной кожицей находится тонкая полоска хлорофиллоносной ткани, а вся остальная, бо̀льшая часть разрѣза занята безцвѣтной водоносной тканью; клѣтки ея крупныя, наполнены легко притягивающей къ себѣ воду слизью и водой.

Какъ проходятъ въ листѣ сосудисто-волокнистые пучки, мы уже знаемъ и знаемъ теперь, что въ листѣ пучки всегда имѣютъ дорзивентральное строеніе, древесинной своей частью будучи обращены кверху и лубяной — книзу. Сосудисто-волокнистые пучки, пробѣгая по листу, вѣтвятся, причемъ они дѣлаются все тоньше и состоятъ все изъ меньшаго количества соотвѣтствующихъ гистологическихъ элементовъ древесины и луба. Самыя послѣднія окончанія сосудисто-волокнистыхъ пучковъ, разсѣянныя въ мезофиллѣ листа и образующія тончайшую его нерватуру, состоятъ изъ небольшого количества короткихъ трахеидъ (см. рис. 470), вокругъ которыхъ, какъ бы въ видѣ футляра, располагаются тонкостѣнныя вытянутыя въ длину клѣтки мезофилла.

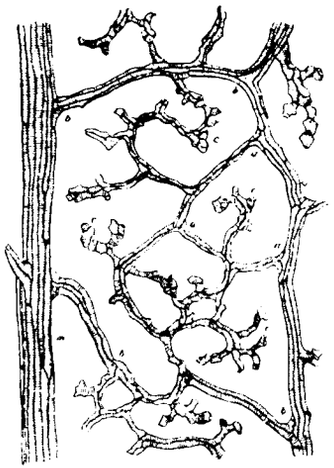


Рис. 470. Окончаніе сосудистыхъ пучковъ въ листѣ.

Сосудисто-волокнистые пучки листа не только составляютъ проводящую его ткань, доставляющую въ листья воду изъ стебля и направляющую готовый питательный сокъ, продуктъ ассимиляціи, изъ листа въ стебель. Сосудисто-волокнистые пучки составляютъ въ листѣ также **механическую ткань**, скелетъ листа. Различнымъ образомъ устроенная у разныхъ листьевъ нерватура придаетъ во всякомъ случаѣ прочность листу, въ особенности листовой пластинкѣ, предохраняя ее отъ разрыва вѣтромъ, отъ излома и другихъ механическихъ поврежденій. Но, подобно тому, какъ и въ стеблѣ, въ листьяхъ развивается иногда

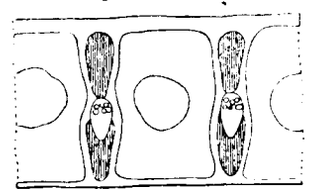


Рис. 471. Схематическій рисунокъ поперечнаго разрѣза листа *Phormium tenax*. Затушеванныя мѣста — механическая ткань.

особая механическая ткань, независимая отъ проводящихъ пучковъ, располагающаяся въ видѣ балочекъ, перекладинъ и т. д. и придающая особую прочность листу. На рис. 471 изображенъ поперечный разрѣзъ черезъ очень крѣпкій листъ растенія, называемаго новозеландскимъ льномъ (*Phormium tenax*); на разрѣзѣ этомъ мы видимъ механическую ткань, развитую въ видѣ поперечныхъ перекладинъ, скрѣпляющихъ верхнюю и нижнюю поверхность листа; листья этого растенія настолько прочны, что ихъ невозможно разорвать поперекъ, а изъ механической ткани этихъ листьевъ жители Новой Зеландіи готовятъ особую весьма крѣпкую пряжу.

Бываетъ цѣлый рядъ и другихъ спеціальныхъ уклоненій отъ анатомическаго строенія листа, въ зависимости отъ своеобразныхъ условій произрастанія растеній или отъ спеціальныхъ назначеній листа. Мы не будемъ касаться здѣсь этихъ подробностей. Укажу только, что, у нѣкоторыхъ растеній, растущихъ на солнечныхъ открытыхъ мѣстахъ, напримѣръ, высоко въ горахъ, бываетъ не одинъ слой палисадной ткани, а два, три слоя, и, конечно, листья такихъ растеній ассимилируютъ сильнѣе, чѣмъ листья обычнаго типа съ однослойной палисадной тканью. Напротивъ, растенія, растущія въ тѣни, иногда совсѣмъ не развиваютъ палисадной ткани, и мезофиллъ ихъ состоитъ изъ одной губчатой ткани.

Лекція тридцать восьмая.

Испареніе воды листьями.

Одной изъ важныхъ задачъ листа является **испареніе воды**. Значеніе процесса этого для жизни растеній двоякое. Мы знаемъ, что растенія поглощаютъ изъ земли крайне слабые растворы минеральныхъ солей, а между тѣмъ нѣкоторыя соли особенно нужны растенію для его питанія и жизни; таковы, напримѣръ, азотнокислыя соли, ибо растенія весь азотъ, нужный для питанія, получаютъ только изъ земли, и именно, главнымъ образомъ, въ видѣ азотнокислыхъ солей. Насколько важенъ для растенія азотъ, можно легко понять, вспомнивъ, что живыя составныя части клѣтки — цитоплазма, ядро, пластиды, построены изъ азота. Получая азотъ въ видѣ растворовъ весьма слабой концентраціи, растенія тогда только могутъ получить его въ достаточной мѣрѣ, если будутъ постоянно и въ большомъ количествѣ поглощать эти растворы; а это возможно лишь при постоянномъ **испареніи избыточной воды** изъ растенія черезъ листья. Второе значеніе процесса испаренія — это содѣйствіе **поднятію восходящаго тока.** Если корни, благодаря корневой силѣ, накачиваютъ въ стеблѣ воду, подобно нагнетательному насосу, то, съ другой стороны, листья дѣйствуютъ, какъ всасывающій насосъ, и эта всасывающая сила бываетъ иногда настолько велика, что замѣтить ее и измѣрить весьма легко. Припомните хотя бы, что сильно испаряющія лѣтомъ деревья жадно всасываютъ въ себя воду, если пробуравить въ древесинѣ отверстіе и вставить въ него трубочку съ водой. Весной, когда давленіе корневой силы больше силы испаренія воды листьями, изъ такого пробуравленнаго отверстія обильно истекаетъ сокъ,

получается весенній плачъ растенія; но лѣтомъ, когда сила испаренія во много разъ больше корневой силы, изъ пробуравленнаго отверстія не только не вытекаетъ вода, но она даже обильно всасывается извнѣ.

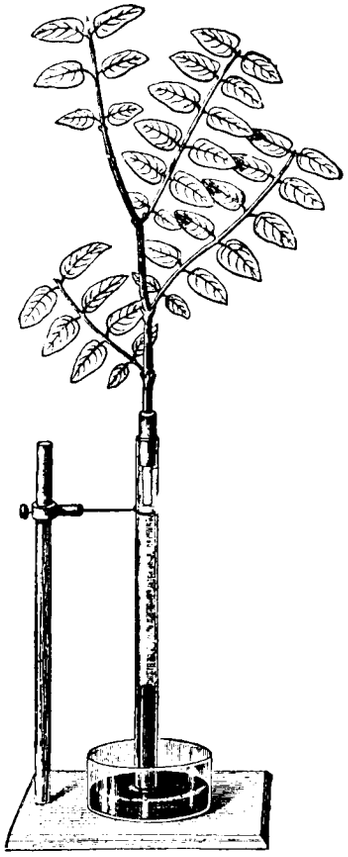


Рис. 472. Всасывающая сила испаряющаго побѣга. Олиственный побѣгъ герметически вставленъ въ стеклянную, наполненную водою трубку, нижній открытый конецъ которой опущенъ въ ртуть. Ртуть поднимается всасывающей силой испаряющаго побѣга.

Весьма простымъ опытомъ можно демонстрировать **всасывающую силу** испаряющаго побѣга (см. рис. 472). Вѣтку съ листьями герметически вставляютъ при помощи каучуковой трубочки въ стеклянную, наполненную водой трубку, нижній открытый конецъ которой опускаютъ въ ртутную ванну. По мѣрѣ испаренія воды изъ вѣтки черезъ листья, вода, находящаяся въ стеклянной трубкѣ, всасывается нижнимъ концомъ вѣтки и заставляетъ подниматься ртуть на значительную высоту. Высота, до которой ртуть поднимается въ стеклянной трубкѣ, указываетъ всасывающую силу испаряющей вѣтви. Иногда сила эта бываетъ весьма велика.

Что испареніе воды происходитъ черезъ листья и по преимуществу черезъ нижнюю ихъ поверхность, можно доказать цѣлымъ рядомъ простыхъ опытовъ. Если положить на блюдечко нѣсколько листьевъ и покрыть сухимъ стаканомъ, то уже черезъ нѣсколько минутъ стѣнки стакана также запотѣютъ изнутри, какъ если бы мы стали дышать внутрь стакана.

Фильтровальная бумага, пропитанная растворомъ хлористаго кобальта и затѣмъ высушенная, имѣетъ свѣтло-голубой цвѣтъ. Но если такую бумагу помѣстить во влажный

воздухъ, то она постепенно розовѣетъ и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ влажнѣе воздухъ. Если листъ нижней стороной, гдѣ обыкновенно много дыхательныхъ устьицъ, положить на кусокъ голубой **кобальтовой бумаги**, а сверху прикрыть стеклянной пластинкой, то черезъ 2—3 минуты бумага порозовѣетъ; только противъ жилокъ останутся слабыя голубыя полоски, такъ какъ въ этихъ мѣстахъ нѣтъ дыхательныхъ устьицъ. Но если повернуть листъ къ кобальтовой голубой бумагѣ верхней стороной, то она дольше останется голубой, такъ какъ верхней стороной листъ или совершенно не испаряетъ воды, или испаряетъ очень мало.

Разницу между испарительной силой верхней и нижней стороны листа можно довольно точно учесть слѣдующимъ способомъ. Къ широкому листу плотно примазываютъ съ обѣихъ сторонъ маленькіе легкіе стеклянные колпачки, въ которые предварительно помѣщаютъ двѣ совершенно одинаковыя и точно взвѣшенныя порціи **хлористаго кальція.** Хлористый кальцій жадно поглощаетъ воду, находящуюся въ видѣ паровъ въ окружающей атмосферѣ. По прошествіи нѣсколькихъ часовъ взвѣшиваютъ снова обѣ порціи хлористаго кальція и, по увеличенію ихъ вѣса, судятъ о количествѣ испаренной данной площадью листа воды. Оказывается, что нижняя поверхность листа испаряетъ гораздо больше воды, чѣмъ верхняя, и количество это можно точно учесть взвѣшиваніемъ хлористаго кальція. Это вполнѣ понятно, ибо устьица расположены главнымъ образомъ на нижней сторонѣ листа, а мезофиллъ нижней половины листа рыхлый, съ большимъ количествомъ межклѣтниковъ, въ которые и испаряется излишняя вода клѣтками губчатой ткани листа.

Хорошій способъ для опредѣленія количества воды, испаряемой цѣлымъ растеніемъ въ извѣстные промежутки времени, заключается въ **взвѣшиваніи растенія** до опыта и послѣ опыта. Поступаютъ при этомъ такъ. Берутъ горшокъ съ растеніемъ и ставятъ его на одну чашку чувствительныхъ вѣсовъ (см. рис. 473), а другую чашку уравновѣшиваютъ гирями. По прошествіи нѣкотораго времени мы увидимъ, что лѣвая чашка вѣсовъ, съ растеніемъ, поднялась, ибо сдѣлалась легче. Снова уравновѣшивая обѣ чашки, можно по разности въ вѣсѣ до и послѣ опыта опредѣлить, насколько за это время сдѣлался легче горшокъ съ растеніемъ. Эта разница

въ вѣсѣ покажетъ намъ количество воды, испарившейся за опредѣленный промежутокъ времени. Такъ какъ вода при такой постановкѣ опыта испаряется не только черезъ листья растенія, но и непосредственно изъ почвы и черезъ стѣнки пористаго глинянаго горшка, то, дабы учесть только то количество воды, которое теряетъ наше растеніе путемъ испаренія черезъ листья, надо глиняный горшокъ съ растеніемъ помѣстить въ цинковый сосудъ такой же величины и закрыть его сверху цинковой крышкой съ отверстіемъ, черезъ которое пропускается стебель растенія. Такимъ образомъ почва горшка и самъ горшокъ защищены отъ испаренія, и вся потеря въ вѣсѣ падаетъ лишь на испаренную черезъ листья растенія воду. Вмѣсто цинковаго или жестяного футляра можно горшокъ со всѣхъ сторонъ плотно обвернуть станіолевой (оловянной) бумагой такъ, чтобы прикрыта была почва горшка, и растеніе до основанія стебля было снизу все закрыто станіолевой бумагой. Такъ какъ испареніе происходитъ неравномѣрно въ теченіе сутокъ, то, придѣлывая къ правой чашкѣ вѣсовъ **самопишущій приборъ** (какъ показано на рис. 473), можно графически изобразить кривую процесса испаренія воды листьями.

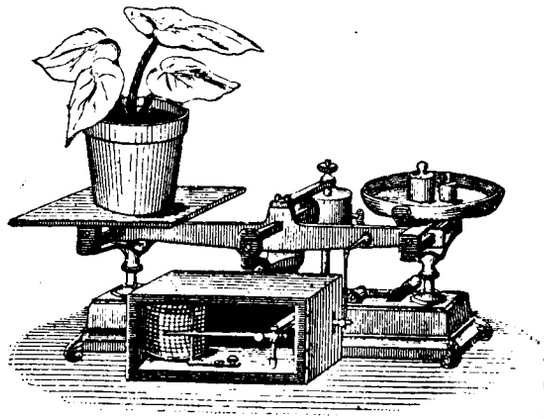


Рис. 473. Вѣсы для опредѣленія испаряемой растеніемъ воды.

Въ растеніи, кромѣ процесса испаренія, происходятъ и другіе процессы, вліяющіе на его вѣсъ. Растеніе дышетъ и теряетъ отъ этого въ вѣсѣ. Растеніе поглощаетъ углекислоту и синтезируетъ крахмалъ и отъ этого прибавляется въ вѣсѣ. Но, во-первыхъ, оба эти процесса б. и. м. компенсируются, и, во-вторыхъ, въ теченіе короткаго времени увеличеніе или уменьшеніе въ вѣсѣ растенія въ зависимости отъ процессовъ дыханія и ассимиляціи настолько незначительно, а отъ испаренія воды настолько велико, что первыми величинами можно пренебречь и всю разницу въ вѣсѣ растенія до и послѣ опыта съ значительнымъ приближеніемъ отнести на долю испаренной за это время растеніемъ воды.

Очень простой и удобный, но не совсѣмъ точный **приборъ для изученія вліянія внѣшнихъ условій на испареніе** воды листьями придуманъ былъ Крутицкимъ (см. рис. 474). Приборъ этотъ представляетъ U-образно изогнутую стеклянную трубку съ широкимъ колѣномъ *g* и другимъ узкимъ колѣномъ, на которомъ въ опредѣленномъ мѣстѣ на произвольномъ разстояніи наносятъ двѣ черточки на стеклѣ — *a* и *b*. Колѣно *g* плотно закрывается пробкой съ ущемленнымъ въ ней листомъ или вѣткой, силу испаренія которыхъ хотятъ изучить. Тутъ же придѣланъ термометръ (*t*). Предварительно трубку наполняютъ водою такъ, чтобы широкое колѣно *g* было до верху наполнено ею, а въ узкомъ колѣнѣ такъ, чтобы вода въ началѣ опыта стояла на уровнѣ черточки *a*. Затѣмъ по часамъ слѣдятъ, когда въ узкомъ колѣнѣ вода спустится до черточки *b*, и такимъ образомъ опредѣляютъ время, въ теченіе котораго листъ испарилъ при данныхъ условіяхъ объемъ воды *ab*. Приборъ удобенъ своей портативностью. Его можно поставить въ темноту и на свѣтъ, въ пространство съ любой температурой, и, вообще, всячески измѣнять условія опыта; при этомъ наблюдается разное количество времени, нужное одному и тому же листу для испаренія количества *ab* воды. Неточенъ приборъ этотъ потому, что по немъ мы судимъ въ сущности не о количествѣ воды, испаренной листомъ въ данное время, а о количествѣ всосанной срѣзаннымъ листомъ или вѣтвью воды въ данный промежутокъ времени. Это, конечно, не одно и то же. Но съ нѣкоторой долею вѣроятности можно принять величины эти равными.

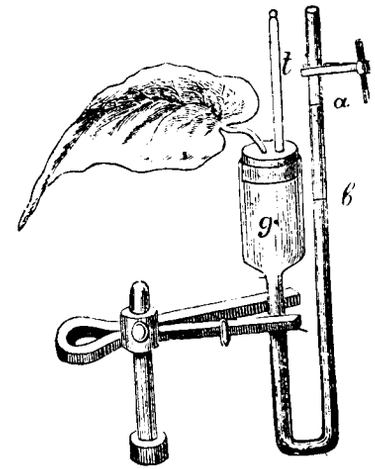


Рис. 474. Приборъ Крутицкаго для изученія испаренія, *t* — термометръ.

Чтобы опредѣлить количественно, сколько испаряетъ воды въ единицу времени какое-нибудь большое растеніе, напримѣръ, крупное дерево, которое на вѣсы со всѣми корнями его и въ нормальной природной обстановкѣ не поставить, или чтобы опредѣлить, сколько испаряетъ воды въ лѣто десятина, засѣянная тѣми или иными растеніями, дѣлаютъ приблизительныя **вычисленія.** Напримѣръ, опредѣляютъ количество испаряемой въ единицу времени воды однимъ листомъ или небольшой вѣтвью даннаго растенія и затѣмъ полученное число помножаютъ на количество листьевъ, примѣрно имѣющихся на данномъ деревѣ, на время его вегетаціи и проч. Получаются числа, указывающія испарительную способность тѣхъ или иныхъ растеній. Для разныхъ растеній числа эти далеко не одни и тѣ же, такъ какъ одни растенія испаряютъ и въ единицу времени, и въ теченіе вегетаціоннаго періода больше воды, другія — меньше, въ зависимости отъ анатомическаго строенія ихъ листьевъ, всасывающей дѣятельности корней и проч. Вполнѣ понятно, однако, что полученныя такими вычисленіями числа весьма неточны по многимъ причинамъ, хотя общее представленіе объ испарительной способности разныхъ растеній дать они могутъ. Неточны эти числа, во-первыхъ, потому, что листъ на деревѣ и срѣзанный листъ испаряютъ не одинаково. Во-вторыхъ, потому, что листъ, испаряющій въ опытѣ нашемъ, находится совершенно въ иныхъ условіяхъ, чѣмъ на деревѣ; въ опытѣ листъ одинъ, а на деревѣ листья прикрываютъ другъ друга, окружаютъ другъ друга влажной атмосферой, затѣняютъ другъ друга и т. д. Въ-третьихъ, неточны числа эти и потому, что самое количество листьевъ на данномъ деревѣ точно опредѣлить нельзя. Цѣлый рядъ другихъ побочныхъ причинъ вліяетъ на точность вычисленія, а при помноженіяхъ всѣ эти неточности суммируются, и потому, въ общемъ, получаются числа довольно проблематичныя. Но такъ какъ другихъ пріемовъ у насъ нѣтъ, а между тѣмъ является весьма интереснымъ отдать себѣ отчетъ, сколько же испаряетъ воды данный растительный покровъ въ теченіе вегетаціоннаго времени и при опредѣленныхъ внѣшнихъ условіяхъ, то приходится довольствоваться и такими проблематическими или **приближенными вычисленіями.**

Полученныя числа показываютъ, что растенія расходуютъ въ теченіе своей жизни огромное количество воды, которое превосходитъ даже наши ожиданія. Такъ, напримѣръ, оказалось, что однолѣтнія растенія испаряютъ въ теченіе короткой своей жизни въ нѣсколько сотъ разъ болѣе воды, чѣмъ они вѣсятъ сами. Десятина поля, засѣяннаго овсомъ или пшеницей, за лѣто испаряетъ примѣрно до 100.000 пудовъ воды, а десятина огорода, засаженная капустой, испаряетъ въ лѣто даже до 300.000 пудовъ воды. Въ однѣ сутки горшокъ съ однимъ экземпляромъ подсолнечника испаряетъ до $1^1/_2$ фунтовъ воды, а капусты еще болѣе. Все зависитъ прежде всего отъ устройства самого растенія. Есть растенія, испаряющія въ единицу времени очень много воды. Ихъ листья нѣжные, съ тонкой кожицей и такой-же кутикулой, безъ волосяного покрова, безъ воскового налета, съ сильно развитой губчатой паренхимой и слабо развитой палисадной тканью, съ большимъ количествомъ устьицъ и т. д. Такія растенія въ природной обстановкѣ могутъ жить обыкновенно лишь въ тѣни, въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами. Это такъ называемыя **гидрофильныя (влаголюбивыя)** или **умброфильныя (тѣнелюбивыя)** растенія. Хорошими примѣрами такихъ растеній являются очень нѣжные папоротники изъ рода *Hymenophyllum*, съ тонко разсѣченной листвою, напоминающей скорѣе даже нѣкоторые мхи, живущіе въ очень сырыхъ мѣстахъ и испаряющіе массу воды изъ своихъ листьевъ. Эти нѣжные папоротники по преимуществу населяютъ тѣнистые, очень влажные горные тропическіе и субтропическіе лѣса, гдѣ многіе изъ нихъ живутъ либо эпифитами на корѣ тропическихъ деревьевъ, либо по скаламъ у водопадовъ и горныхъ потоковъ, либо на вѣчно влажной землѣ тропическаго лѣса. Очень много видовъ этого папоротника встрѣчается также во влажныхъ лѣсахъ Новой Зеландіи, Тасманіи и въ антарктическихъ частяхъ Южной Америки, отъ самой южной ея оконечности до Чили. Пальма *Caryota* съ ея двояко- или трояко-перистыми крупными листьями тоже испаряетъ массу воды своими очень нѣжно устроенными листьями. Эти пальмы также растутъ лишь въ очень влажныхъ тропическихъ лѣсахъ. Въ нашихъ тѣнистыхъ буковыхъ и еловыхъ лѣсахъ имѣется не мало травянистыхъ лѣсныхъ растеній, съ очень нѣжной листвою, сильно испаряющей воду

(напримѣръ, *Oxalis*, *Trientalis* и мн. др.), которыя только и могутъ жить подъ тѣнью густого лѣса. Но встрѣчаются, наоборотъ, и другія растенія, которыя испаряютъ очень мало воды черезъ свои листья, и достигается это какъ анатомическими, такъ и морфологическими приспособленіями листьевъ этихъ растеній. Такія растенія, называемыя **ксерофитами** или **сухолюбами**, живутъ на открытыхъ солнечныхъ сухихъ мѣстахъ и отлично приспособлены самыми различными способами къ уменьшенію транспираціи и къ защитѣ отъ чрезмѣрнаго испаренія. Объ этихъ приспособленіяхъ я говорилъ уже неоднократно на прежнихъ лекціяхъ и повторять здѣсь ихъ я не буду. Напомню только, что у многихъ ксерофитныхъ растеній наружныя стѣнки кожицы сильно утолщены и имѣютъ толстую кутикулу, что у нихъ сильнѣе развита палисадная ткань листа и гораздо слабѣе губчатая ткань, что поверхность ихъ листьевъ бываетъ одѣта различными волосяными и войлочными покровами (см. рис. 467) или восковыми налетами (см. рис. 190, 468). Луковичныя растенія, растенія съ листьями, содержащими въ мякоти особую сильно развитую водоносную ткань (см. рис. 469, 447), растенія, развивающія въ утолщенныхъ стебляхъ своихъ такую же водоносную ткань (см. рис. 354) и многія другія, все это растенія, приспособленныя къ уменьшенію транспираціи, къ ксерофитному образу жизни либо постоянному, либо временному, когда, произрастая въ сырыхъ тропическихъ или теплыхъ климатахъ, они временно, періодически подвергаются опасности излишней транспираціи. Филлокладіи (см. рис. 395) и филлодіи (см. рис. 454), толстые сочные стебли кактусовъ (см. рис. 449) и суккулентныхъ молочаевъ (см. рис. 390) — тоже, конечно, ясно выраженныя приспособленія къ уменьшенію транспираціи, къ ксерофитному образу жизни.

Однимъ изъ самыхъ дѣйствительныхъ средствъ уменьшенія транспираціи — это уменьшеніе испаряющей поверхности листьевъ, и мы видимъ, что многія, въ особенности деревянистыя растенія, живущія въ очень сухихъ странахъ, имѣютъ очень мелкіе листья, сокращая ихъ до минимума и передавая частью ассимиляціонныя функціи ихъ зеленымъ вѣтвямъ, которыя поэтому сильно вытягиваются, и все растеніе, весь такой кустарникъ пріобрѣтаетъ видъ метлы или хвороста. Таковы, напримѣръ, живущіе въ Центральной Азіи кустарники *Atraphaxis* и *Calligonum*, изображенные на прилагаемомъ рисункѣ (см. рис. 475). Еще характернѣе въ этомъ отношеніи саксауловыя деревья (см. рис. 476), живущія въ очень сухихъ пустыняхъ Средней Азіи

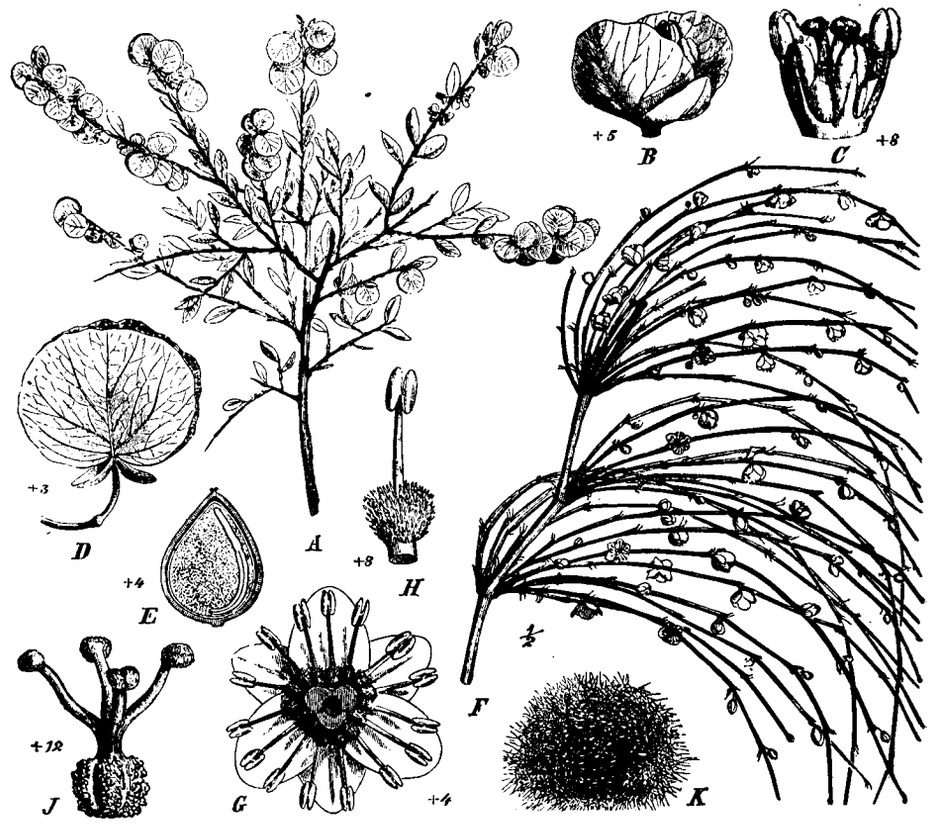


Рис. 475. Ксерофитные кустарники Центральной Азіи. *A—E. Atraphaxis spinosa*: *A* — вѣтвь съ плодами, *B* — цвѣтокъ, *C* — тычинки и пестикъ, *D* — плодъ, скрытый среди разросшейся листовой обвертки, *E* — плодъ въ продольномъ разрѣзѣ. — *F—K. Calligonum Caput Medusae*: *F* — вѣтвь съ цвѣтами, *G* — трехчленный цвѣтокъ сверху, съ отрѣзанной завязью, *H* — тычинка съ густымъ пучкомъ волосковъ у основанія, *J* — четырехчленный пестикъ, *K* — плодъ.

и образующія тамъ саксауловые лѣса, совершенно непохожіе на наши обычные лиственные лѣса, свойственные умѣренному и б. и. м. влажному климату сѣвернаго полушарія. Очень оригинальныя приспособленія для уменьшенія испаренія имѣютъ нѣкоторые степные злаки (см. рис. 477). У ковыля,

напримѣръ (см. рис. 477, *A'*), листъ ранней весною, когда въ степи еще сравнительно довольно влажно, имѣетъ широкую развернутую линейную пластинку, такую-же, какъ у нашихъ сѣверныхъ злаковъ. Сверху однако пластинка эта не гладкая, а вдоль бороздчатая, и дыхательныя устьица у ковыля расположены не на нижней поверхности листа, а на верхней, въ углубленіяхъ или ложбинкахъ среди этихъ продольныхъ бороздокъ (*A'*). Это погруженіе устьицъ среди бороздокъ

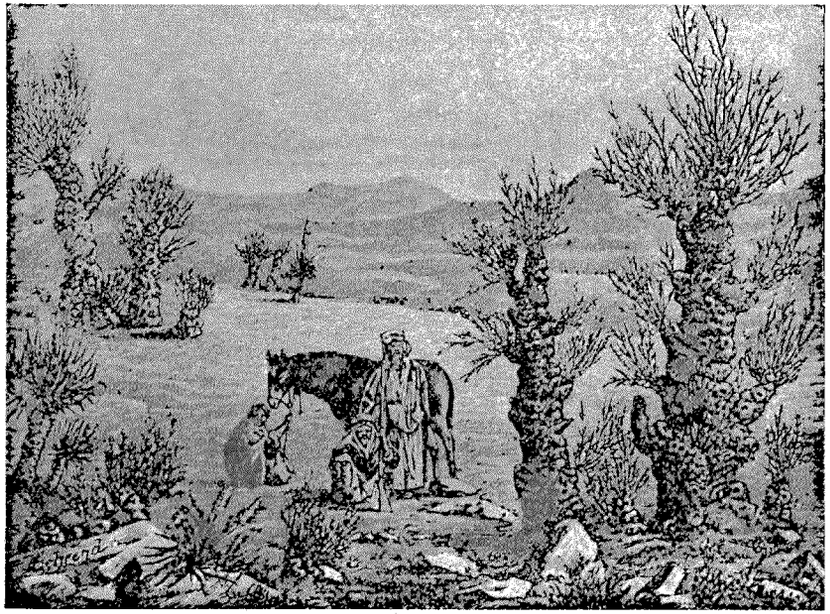


Рис. 476. Саксауловый лѣсъ *(Haloxylon Ammodendron)* въ пустыняхъ Средней Азіи.

листа уменьшаетъ ихъ испаряющую дѣятельность. Но еще сильнѣе уменьшается ихъ транспираціонная работа, когда листъ ковыля при первомъ же наступленіи засухи свертывается вдоль своими краями, пріобрѣтаетъ вмѣсто плоскаго округлый видъ и всей верхней своей поверхностью обращенъ во внутреннюю полость, образовавшуюся отъ такого свертыванія листа (см. рис. 477, *A*). Вполнѣ понятно, что при такихъ условіяхъ транспираціонная дѣятельность листа понижена до минимума. То же мы встрѣчаемъ и у многихъ другихъ какъ степныхъ, такъ и альпійскихъ злаковъ, какъ,

напримѣръ, у *Festuca alpestris* (см. рис. 477, *B*). Въ альпійской области воздухъ обыкновенно влажный, но иногда временами, наоборотъ, вслѣдствіе разрѣженности атмосферы высоко въ горахъ, можетъ наступать временами засуха, ибо испаряется вода въ горахъ вообще гораздо быстрѣе, чѣмъ внизу, въ долинахъ. Потому-то многія растенія альпійскихъ странъ имѣютъ ясно выраженный ксерофитный характеръ. Еще любопытнѣе ксерофитныя приспособленія растеній, живущихъ на вѣчно сырыхъ болотахъ. Казалось бы, болотнымъ растеніямъ нечего приспособляться къ уменьшенію испаренія,

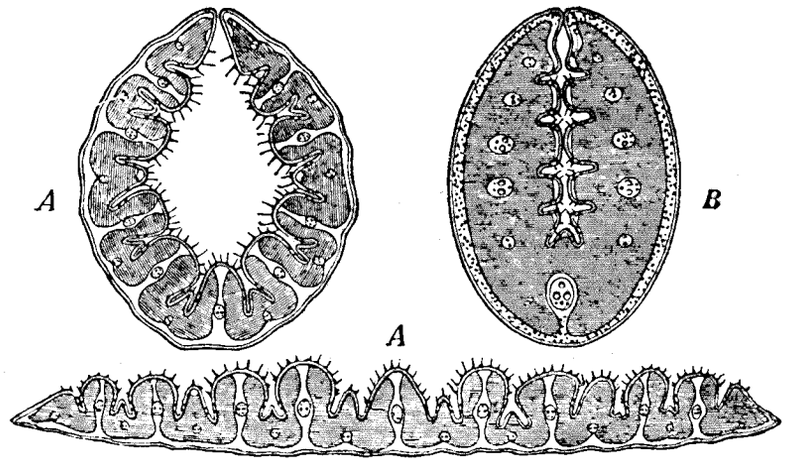


Рис. 477. Листья ксерофитныхъ злаковъ: *A* — поперечный разрѣзъ черезъ свернутый листъ ковыля, *A'* — такой же разрѣзъ черезъ раскрытый листъ ковыля, *B* — поперечный разрѣзъ черезъ свернутый для защиты отъ засухи листъ *Festuca alpestris*.

а между тѣмъ и анатомическое строеніе листьевъ многихъ болотныхъ растеній, и ихъ внѣшній видъ не рѣдко имѣютъ ясно выраженный ксерофитный характеръ. Объясняется однако это слѣдующимъ образомъ. Болота очень поздно оттаиваютъ вслѣдствіе плохой теплопроводности болотныхъ мховъ. Поэтому весною, когда солнце грѣетъ уже хорошо, листья болотныхъ растеній побуждаются къ усиленной транспираціи, а корни ихъ или совсѣмъ не доставляютъ воды въ растеніе, или доставляютъ очень мало вслѣдствіе того, что почва болота еще мерзлая, или вода очень холодная. И получается, на первый взглядъ, парадоксъ. Растеніе вянетъ или сохнетъ, будучи погружено корнями въ воду болота. Но въ

данномъ случаѣ расходъ воды путемъ испаренія не покрывается приходомъ ея отъ дѣятельности корней, а потому растеніе и сохнетъ. Оно либо сохнетъ, либо вырабатываетъ въ себѣ такія же крайнія приспособленія къ ксерофитному образу жизни, какъ будто бы оно росло не на вѣчно мокрой почвѣ болота, а на самой сухой и накаленной солнцемъ почвѣ пустыни.

Итакъ, испаряющая дѣятельность листьевъ прежде всего зависитъ отъ самого растенія, отъ его внутренняго анатомическаго и внѣшняго устройства. Немало однако зависитъ она отъ возраста листа и отъ внѣшнихъ условій. Молодые листья, еще не успѣвшіе выработать въ себѣ всѣхъ приспособленій для уменьшенія транспираціоннаго тока, испаряютъ больше, чѣмъ листья взрослые, а потому при распусканіи молодыхъ листьевъ у многихъ растеній наблюдаются различныя временныя приспособленія, защищающія ихъ отъ усиленнаго испаренія. Такъ, напримѣръ, молодые листья иногда бываютъ одѣты волосками, которые ко времени полнаго развитія листа опадаютъ. Испареніе воды листьями въ значительной степени зависитъ отъ внѣшнихъ условій, но зависимость эта не вполнѣ такая, какъ зависимость испаренія воды отъ внѣшнихъ условій изъ открытаго сосуда, ибо листья имѣютъ весьма хорошій регулирующій аппаратъ, въ видѣ дыхательныхъ устьицъ, раскрывающихся, когда нужно усилить испареніе, и закрывающихся, когда нужно его уменьшить и предохранить растеніе отъ излишней транспираціи.

Увлажненіе почвы и усиленіе всасывающей дѣятельности корней, вполнѣ понятно, усиливаетъ и испареніе воды черезъ листья. Повышеніе окружающей температуры тоже усиливаетъ испареніе листьевъ. Увеличеніе влажности воздуха понижаетъ испареніе. Вѣтеръ очень способствуетъ испаренію; обновляя окружающій растеніе воздухъ и приводя въ движеніе листья, вѣтеръ усиливаетъ провѣтриваніе тканей растеній и, слѣдовательно, повышаетъ испареніе. Свѣтъ усиливаетъ испареніе, но это касается только зеленыхъ растеній. Этіолированныя растенія на свѣту, при одинаковой температурѣ и прочихъ равныхъ условіяхъ, лишь немного болѣе испаряютъ воды, чѣмъ въ темнотѣ, но у зеленыхъ растеній разница между испареніемъ въ темнотѣ и на свѣтѣ очень большая. Между прочимъ, у

многихъ растеній, но не у всѣхъ, въ темнотѣ устьица закрываются такъ же, какъ они закрываются при сухой погодѣ.

Хотя въ общемъ испареніе черезъ листья идетъ такъ же, какъ и испареніе съ открытой поверхности воды, однако прямые опыты показали, что при одинаковой поверхности и одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ, открытая водная поверхность испаряетъ значительно больше, чѣмъ поверхность листа, даже самаго нѣжнаго или молодого. Но если принять во вниманіе не единичную листовую поверхность растенія, а площадь, занятую тѣми или иными растеніями, и сравнить площадь эту съ открытой площадью воды въ озерѣ или рѣкѣ, то, конечно, площадь, занятая растеніями, напримѣръ, травою или лѣсомъ, испаряетъ больше воды, чѣмъ такая же площадь озера или рѣки. Объясняется это громадной развѣтвленностью испаряющей листовой поверхности растеній, травъ или деревьевъ. Мы видѣли, какія огромныя массы воды испаряются лѣтомъ одной десятиной овса или капусты. Свободная водная поверхность никогда за лѣто не испаритъ такой массы воды, выражаемой сотнями тысячъ пудовъ; ея испарительная способность въ 3—10 разъ меньше испарительной способности растительнаго покрова.

Лекція тридцать девятая.

Усвоеніе углекислоты листьями.

Половина вѣса сухого вещества растенія падаетъ на одинъ лишь углеродъ, слѣдовательно, **углеродъ** — наиболѣе важная составная часть растенія; а между тѣмъ изъ опытовъ съ водными культурами мы съ несомнѣнностью знаемъ, что растенія, принимая пищу корнями, могутъ обходиться совершенно безъ углерода или, точнѣе говоря, углеродистыхъ соединеній въ почвѣ. Правда, въ далекія прежнія времена и въ ботаникѣ, и въ сельскомъ хозяйствѣ господствовала такъ называемая „теорія гумуса". По этой теоріи растенія питаются яко-бы гумусомъ почвы или ея перегноемъ, веществомъ весьма богатымъ углеродомъ и притомъ органическимъ соединеніемъ. Однако уже къ концу восемнадцатаго столѣтія высказано было другое предположеніе объ источникѣ углерода для питанія растеній. Первый Ингенгусъ, за нимъ Сенебье, а затѣмъ Соссюръ установили, что въ растеніяхъ происходитъ совершенно иной обмѣнъ газовъ, чѣмъ въ животныхъ, а именно, животныя поглощаютъ кислородъ воздуха и выдѣляютъ углекислоту, т. е., иначе говоря, портятъ воздухъ, тогда какъ растенія, наоборотъ, поглощаютъ **углекислоту** и выдѣляютъ кислородъ, т. е. исправляютъ воздухъ. Это положеніе настолько твердо утвердилось въ наукѣ, что когда вслѣдъ за симъ открыто было и дыханіе растеній, а открытіе этого процесса относится къ началу девятнадцатаго столѣтія и принадлежитъ также Соссюру (въ 1822 г.) и Дютроше (1837 г.), то еще долгое время ученые не хотѣли вѣрить, что въ растеніяхъ одновременно и независимо другъ отъ друга

могутъ происходить оба противоположные другъ другу процесса газоваго обмѣна. Извѣстный нѣмецкій ученый Либихъ еще въ 1840 году категорически отрицалъ дыханіе растеній. Въ своемъ сочиненіи „Химія въ приложеніи къ земледѣлію и физіологіи растеній" Либихъ прямо объявилъ, что дыханіе растеній совершенная безсмыслица въ виду того, что будто бы извѣстно, что въ растеніяхъ происходитъ только противоположный процессъ — разложеніе углекислаго газа и выдѣленіе кислорода; а потому онъ считалъ нелѣпостью допускать, чтобы оба процесса могли происходить въ тѣлѣ растенія одновременно. И тѣмъ не менѣе эта казавшаяся Либиху нелѣпость на самомъ дѣлѣ существуетъ и всегда существовала въ зеленыхъ растеніяхъ. Только очень долгое время не могли себѣ отдать отчета, какой смыслъ имѣетъ для растенія обмѣнъ газовъ, противоположный обмѣну, происходящему при дыханіи; лишь послѣ того, какъ точными опытами съ водными культурами доказано было, что гумусъ почвы для питанія растеній въ сущности не нуженъ, и что растенія отлично развиваются и достигаютъ полной зрѣлости, не получая изъ почвы ни единаго атома углерода, сталъ вполнѣ понятенъ смыслъ этого газоваго обмѣна, противоположнаго дыханію. Это не дыханіе, а питаніе, питаніе газообразнымъ веществомъ, заключающимъ въ себѣ столь нужный растенію углеродъ.

Для количественнаго опредѣленія поглощаемой растеніями изъ воздуха углекислоты или выдѣляемаго кислорода можетъ служить тотъ же приборъ, который употребляется для изученія дыханія растеній, т. е. **эвдіометрическая трубка** (см. рис. 478), только въ данномъ случаѣ съ нимъ манипулируютъ нѣсколько иначе. Въ эвдіометрическую трубку вводятъ листъ или вѣтку растенія и погружаютъ трубку открытымъ концомъ въ ртутную ванну. Высосавъ изъ трубки воздухъ такъ, чтобы ртуть поднялась на нѣсколько дѣленій, опредѣляютъ объемъ замкнутаго въ трубкѣ воздуха (v^1), а затѣмъ вводятъ въ трубку нѣкоторое количество чистой углекислоты. Ртуть опускается. Опредѣляютъ опять объемъ газа (v^2) и, вычитая первый объемъ изъ второго,

$$v^2 - v^1 = x,$$

получаютъ объемъ введенной въ трубку углекислоты. Хотя въ воздухѣ и было до этого тоже немного углекислоты, но ея было такъ мало въ нормальномъ воздухѣ, что этой величиной можно и пренебречь. Нормальный воздухъ, какъ извѣстно, содержитъ въ себѣ всего 0,033 % углекислоты. Зарядивъ такимъ образомъ приборъ, выставляютъ его на свѣтъ. По прошествіи нѣкотораго времени вновь опредѣляютъ объемъ воздуха въ трубкѣ (v^3), затѣмъ вводятъ въ приборъ при помощи пипетки растворъ ѣдкой щелочи, которая поглощаетъ оставшуюся углекислоту, и ртуть въ трубкѣ подымается. Опредѣляютъ вновь объемъ оставшагося воздуха (v^4). Разность послѣднихъ двухъ объемовъ

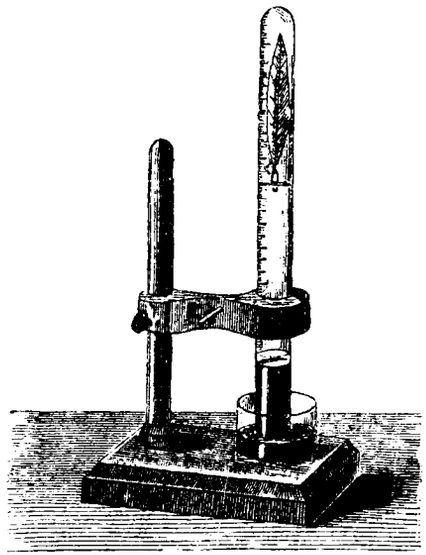


Рис. 478. Приборъ Тимирязева для изслѣдованія разложенія углекислоты растеніями на свѣтѣ.

$$v^3 - v^4 = y$$

укажетъ намъ количество оставшейся углекислоты послѣ опыта. Разность же

$$x - y = n$$

покажетъ количество, поглощенное растеніемъ углекислоты въ теченіе опыта. Допустимъ, что опытъ продолжался m часовъ. Значитъ, въ одинъ часъ растеніе поглотило или разложило

$$\frac{n}{m} = p$$

объемовъ углекислоты.

Можно иначе количественно опредѣлить этотъ процессъ. Срѣзываютъ вѣтку какого-нибудь подводнаго растенія, напримѣръ, *Elodea canadensis*, и, помѣстивъ ее срѣзомъ кверху въ сосудъ съ водой, содержащей много углекислоты, выставляютъ сосудъ этотъ на свѣтъ (см. рис. 479). Изъ срѣза начинаютъ тогда выступать весьма правильно пузырьки

газа — **кислорода**, ибо растеніе на свѣтѣ поглощаетъ растворенную въ водѣ углекислоту и выдѣляетъ кислородъ. Число пузырьковъ кислорода, выдѣляемыхъ въ одну минуту, служитъ мѣриломъ интенсивности описываемаго газоваго обмѣна. Что выдѣляемый пузырьками газъ есть дѣйствительно чистый кислородъ, доказать очень легко. Срѣзанныя водяныя растенія помѣщаютъ въ стеклянную воронку (см. рис. 480, *B*), наполненную полностью водой съ растворенной въ ней CO^2. Воронку эту съ растеніями опускаютъ широкимъ концомъ въ стеклянный сосудъ, тоже наполненный водой, а къ горлышку воронки прикрѣпляютъ при помощи пробки опрокинутую отверстіемъ внизъ, наполненную до верху водой пробирку. Приборъ выставляютъ, конечно, на свѣтъ. Пузырьки газа, выдѣляемые растеніями, черезъ горлышко воронки собираются въ пробиркѣ и вытѣсняютъ мало-по-малу воду. Въ пробиркѣ собирается чистый кислородъ (O), что можно доказать хотя бы тѣмъ, что если потомъ въ пробирку эту внести тлѣющую лучину, она моментально загорится.

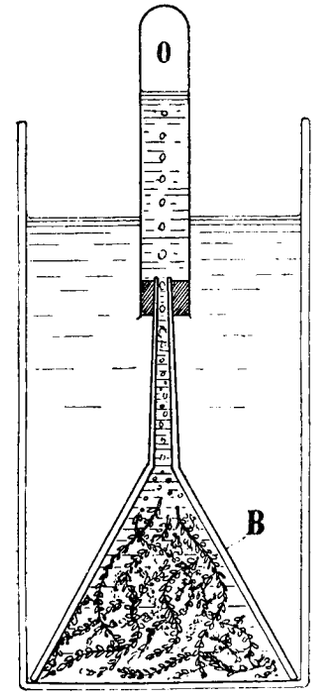


Рис. 480. Собираніе въ пробирку кислорода, выдѣляемаго водяными растеніями въ видѣ пузырьковъ на свѣтѣ.

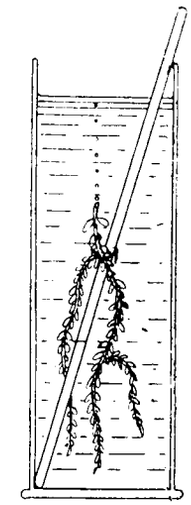


Рис. 479. Выдѣленіе кислорода изъ водяного растенія въ видѣ пузырьковъ.

Поглощеніе растеніемъ углекислоты и выдѣленіе кислорода, въ противоположность газовому обмѣну при дыханіи, происходитъ только днемъ, на свѣтѣ, и только зелеными частями растенія (зелеными листьями, молодыми зелеными стеблями и. т. д). Дышатъ

растенія, какъ вы помните, и днемъ, и ночью; и дышатъ всѣ живые органы растенія, и зеленые, и незеленые (листья, стебли, корни, клубни, корневища, луковицы, цвѣты, плоды и т. д.). Но поглощаютъ углекислоту и выдѣляютъ кислородъ лишь органы зеленые и лишь на свѣтѣ. Какъ только растеніе перенести въ темноту, моментально прекращается выдѣленіе кислорода и поглощеніе углекислоты. На свѣтѣ же этотъ газовый обмѣнъ идетъ гораздо энергичнѣе, чѣмъ противоположный обмѣнъ газовъ при дыханіи, и замаскировываетъ послѣдній. Въ темнотѣ зеленый листъ выдѣляетъ по крайней мѣрѣ въ двадцать разъ меньше углекислоты, чѣмъ въ то же время и при тѣхъ же условіяхъ онъ поглощаетъ углекислоты на свѣтѣ. Достаточно растенію днемъ пробыть четверть часа на свѣтѣ, чтобы покрыть всю потерю вещества, понесенную въ теченіе всей ночи. Вотъ почему, несмотря на кажущійся абсурдъ существованія обоихъ газовыхъ обмѣновъ у растеній днемъ одновременно, какъ это казалось еще Либиху, процессъ поглощенія углекислоты имѣетъ огромное значеніе для растенія, ибо въ результатѣ у растеній, несмотря на дыханіе, происходитъ не трата углерода, а вмѣстѣ съ тѣмъ и органическаго вещества, а его накопленіе.

Энергія поглощенія CO^2 на свѣтѣ, т. е. количество поглощенной CO^2 въ единицу времени, зависитъ, такъ же какъ и энергія дыханія, отъ внѣшнихъ условій. Въ обыкновенномъ воздухѣ CO^2 очень мало, всего слѣды. Но если мы увеличиваемъ относительное количество CO^2 въ воздухѣ, т. е. усиливаемъ ея парціальное давленіе, то увеличивается и энергія поглощенія CO^2, но до извѣстнаго предѣла. Чистая углекислота, при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи, почти совсѣмъ растеніемъ не поглощается и не разлагается. Но если мы ее разбавимъ какимъ-нибудь индифферентнымъ газомъ, напримѣръ, азотомъ или водородомъ, или разрѣдимъ ее, уменьшивъ давленіе, то она такъ же хорошо поглощается растеніемъ, какъ и изъ воздуха. Значитъ, чистая углекислота слишкомъ густа для поглощенія и разложенія растеніемъ. Вдобавокъ, чистый углекислый газъ одинаково ядовитъ и для животнаго, и для растенія.

Мы знаемъ, что большинство листьевъ построено различно на двухъ противоположныхъ сторонахъ. Такъ какъ разложеніе поглощенной углекислоты происходитъ въ хлорофильныхъ зернахъ, а столбчатая паренхима листа содержитъ гораздо больше хлорофильныхъ зеренъ, чѣмъ губчатая, то, a priori, надо ожидать, что верхняя поверхность листа, обращенная при томъ же къ свѣту, будетъ больше разлагать углекислоты, чѣмъ нижняя. Опыты вполнѣ это подтверждаютъ. Если заклеить нижнюю поверхность листа черной бумагой и повернуть листъ къ свѣту верхней поверхностью, то листъ будетъ по прежнему поглощать почти столько же углекислоты и выдѣлять столько же кислорода, сколько и обыкновенный листъ. Но если заклеить черной бумагой верхнюю сторону дорзивентральнаго листа и повернуть его къ свѣту нижней стороной, то газовый обмѣнъ получится очень слабый. Собственно, углекислота входитъ въ листъ главнымъ образомъ черезъ дыхательныя устьица, ибо кутикула листа не проницаема ни для воды, ни для газовъ. Но заклеивъ черной бумагой верхнюю часть листа, мы затѣняемъ палисадную паренхиму и такимъ образомъ прекращаемъ разложеніе углекислоты въ палисадныхъ клѣткахъ, а потому сильно уменьшается и соотвѣтствующій газовый обмѣнъ, который есть слѣдствіе разложенія углекислоты по формулѣ

$$6CO_2 + 5H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6O_2.$$

Во время процесса этого изъ двухъ химическихъ соединеній, вполнѣ окисленныхъ и не имѣющихъ запаса потенціальной энергіи, получаются два новыхъ химическихъ соединенія съ большимъ запасомъ потенціальной энергіи: крахмалъ и свободный кислородъ. Самъ же процессъ состоитъ въ расщепленіи CO_2 на C и O_2 и въ присоединеніи 6 частицъ C къ 5 частицамъ H_2O. И расщепленіе CO_2 на C и O_2, и присоединеніе C къ H_2O можетъ произойти только подъ вліяніемъ какой-либо энергіи, силы, которая и производитъ работу разложенія CO_2 на C и O_2 и присоединеніе C къ H_2O. Безъ затраты энергіи извнѣ такая работа происходить не можетъ. Но откуда же растеніе беретъ эту энергію? Растеніе беретъ необходимую для этой работы силу отъ солнечнаго луча, и вотъ почему весь процессъ можетъ происходить только на свѣтѣ. **Свѣтъ, солнечный лучъ** и есть та энергія, которая производитъ работу

разложенія углекислоты, слѣдствіемъ чего является описываемый обмѣнъ газовъ. А такъ какъ, **по закону вѣчности энергіи, энергія** въ природѣ не пропадаетъ и вновь изъ ничего не созидается, а только переходитъ изъ **кинетическаго** (дѣятельнаго) состоянія либо въ состояніе **потенціальное**, либо въ другую форму энергіи, то и въ данномъ случаѣ свѣтовая энергія, энергія солнечнаго луча, поглощенная главнымъ образомъ верхней стороной листа, производитъ въ палисадной ткани листа работу разложенія углекислоты съ освобожденіемъ свободнаго кислорода и образованіемъ частицы крахмала и переходитъ затѣмъ въ потенціальное состояніе. Когда же крахмалъ въ обратномъ процессѣ дыханія окисляется, то потенціальная энергія солнечнаго луча вновь переходитъ въ энергію кинетическую, въ данномъ случаѣ въ тепло и въ тѣ энергіи, которыя приводятъ растеніе въ движеніе, которыя выражаются въ явленіяхъ чувствованія, роста и т. д. Въ частицѣ крахмала какъ бы запрятана энергія солнечнаго луча, уловленная въ свое время зеленымъ листомъ во время поглощенія CO_2 и выдѣленія O_2. Изъ крахмала могутъ далѣе образоваться другія еще болѣе сложныя органическія соединенія. Всѣ они обладаютъ бо́льшимъ или меньшимъ запасомъ потенціальной энергіи, всѣ они способны окисляться, сгорать, съ выдѣленіемъ вновь свободной энергіи, приводящей организмъ въ движеніе.

Разложеніе углекислоты въ зеленыхъ листьяхъ происходитъ не только подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта. Всякій искусственный свѣтъ (газовый, электрическій, даже ламповый) дѣйствуетъ такъ же на зеленое растеніе, какъ и солнечный свѣтъ. Но чѣмъ слабѣе свѣтъ, тѣмъ слабѣе энергія поглощенія CO_2 и выдѣленія O_2. Если освѣщеніе очень слабо, то наблюдается другой обмѣнъ газовъ — поглощеніе O_2 и выдѣленіе CO_2. Но при слабомъ свѣтѣ углекислоты все же выдѣляется меньше, чѣмъ въ темнотѣ, когда поглощеніе CO_2 совершенно прекращается. Ясно, что и въ очень слабомъ свѣтѣ происходитъ хотя бы и незначительное разложеніе CO_2, но оно замаскировывается тогда болѣе энергично идущимъ процессомъ дыханія, сопровождаемымъ выдѣленіемъ CO_2. Наоборотъ, при сильномъ свѣтѣ, чѣмъ сильнѣе свѣтъ, тѣмъ болѣе въ единицу времени разлагается CO_2, тѣмъ болѣе выдѣляется кислорода и поглощается углекислоты. Впрочемъ,

очень яркій солнечный свѣтъ уже не дѣйствуетъ пропорціонально сильнѣе на процессъ разложенія CO_2, и при очень яркомъ солнечномъ свѣтѣ процессъ этотъ количественно проходитъ такъ же, какъ и при свѣтѣ болѣе умѣренномъ.

Солнечный свѣтъ, какъ вамъ извѣстно изъ физики, не однороденъ. Если солнечный лучъ пропустить въ темной комнатѣ черезъ стеклянную призму, то онъ разложится на свои составныя части; получится то, что называется **спектромъ солнечнаго луча.** Налѣво въ спектрѣ будутъ лучи красные, далѣе вправо — оранжевые, желтые, зеленые, синіе и въ самой правой части — фіолетовые; за фіолетовыми лучами слѣдуютъ невидимые, **ультрафіолетовые** или **химическіе лучи**, которые производятъ, напримѣръ, почернѣніе бумаги, пропитанной солью серебра (фотографической бумаги). За красной частью спектра влѣво тоже имѣются невидимые **лучи ультракрасные** или **тепловые.** Спрашивается, всѣ ли лучи солнечнаго спектра производятъ разложеніе CO_2, сопровождаемое выдѣленіемъ O_2, или только опредѣленные лучи спектра производятъ эту работу.

Весьма простые опыты показываютъ, что разложеніе углекислоты въ зеленыхъ листьяхъ производится далеко не всѣми солнечными лучами, а только лучами лѣвой части спектра, т. е. лучами красными, оранжевыми, желтыми и отчасти зелеными, лучи же синіе, фіолетовые и ультрафіолетовые или химическіе не способны разлагать CO_2. Если предварительно пропустить солнечный или другой довольно сильный искусственный свѣтъ черезъ оранжевое стекло или черезъ оранжевый растворъ двухромовокислаго кали, и затѣмъ направить лучи эти на эвдіометрическую трубку съ зеленой вѣткой растенія, то мы увидимъ, что разложеніе CO_2 въ такомъ оранжевомъ свѣтѣ идетъ съ такой же интенсивностью, какъ и въ неразложенномъ бѣломъ солнечномъ свѣтѣ. А между тѣмъ оранжевое стекло или растворъ двухромовокислаго кали поглощаютъ всѣ болѣе преломляемые лучи правой части спектра, т. е. лучи синіе, фіолетовые и ультрафіолетовые, и пропускаютъ черезъ себя только лучи лѣвой части спектра, менѣе преломляемые. Изъ всѣхъ лучей лѣвой части спектра энергичнѣе всего на процессъ разложенія углекислоты дѣйствуютъ лучи красные, что, какъ увидимъ далѣе, стоитъ въ прямомъ отношеніи съ оп-

тическими свойствами хлорофилла, обусловливающаго процессъ разложенія углекислоты. Если же, наоборотъ, предварительно пропустить солнечный лучъ черезъ темносиній растворъ амміачной окиси мѣди или черезъ синее или фіолетовое стекло, то получается синій свѣтъ. Всѣ лучи лѣвой части спектра задержаны растворомъ амміачной окиси мѣди, и сквозь синій растворъ этотъ проходятъ лишь лучи синіе, фіолетовые и ультрафіолетовые. Въ такомъ синемъ свѣтѣ разложеніе углекислоты почти совершенно не происходитъ, точно растеніе находится въ темнотѣ.

Есть цѣлый рядъ другихъ физіологическихъ процессовъ, зависящихъ отъ качества и силы свѣта, но на нѣкоторые изъ такихъ процессовъ дѣйствуютъ лучи иного качества, чѣмъ на процессъ ассимиляціи CO_2. Такъ, мы знаемъ, что подъ вліяніемъ свѣта стебли растутъ по направленію къ свѣту, а корни отъ свѣта, стебли положительно фототропичны, а корни отрицательно фототропичны. Но на фототропическіе изгибы стеблей дѣйствуютъ наиболѣе преломляемые лучи свѣта, синіе, фіолетовые, а менѣе преломляемые лучи — красные, оранжевые совершенно не производятъ фототропическихъ изгибовъ стебля. Ясно, что разные лучи солнца разно дѣйствуютъ на разные физіологическіе процессы растеній.

Лекція сороковая.

Хлорофиллъ и синтезъ крахмала листьями.

Подъ вліяніемъ свѣта въ зеленыхъ частяхъ растенія происходитъ разложеніе CO_2 и синтезъ органическаго вещества, именно углевода. Слѣдовательно, первымъ основнымъ условіемъ этого процесса является **свѣтъ**, и съ дѣйствіемъ свѣта на ассимиляцію или усвоеніе углерода мы уже познакомились на прошлой лекціи. Теперь перейдемъ къ изученію второго основного условія процесса ассимиляціи, именно присутствія въ ассимилирующихъ клѣткахъ зеленаго пигмента — хлорофилла. **Хлорофиллъ** въ растительныхъ клѣткахъ вырабатывается **хлоропластами** и внѣ хлоропластовъ не встрѣчается. Хлорофиллъ въ клѣткахъ можетъ быть **явный** или **скрытый.** Скрытый хлорофиллъ встрѣчается въ окрашенныхъ въ красный или бурый цвѣтъ листьяхъ нѣкоторыхъ высшихъ растеній, въ особенности подъ осень, въ листьяхъ и стебляхъ нѣкоторыхъ сапрофитныхъ орхидей, напримѣръ, у живущей въ нашихъ тѣнистыхъ лѣсахъ совершенно бурой орхидеи — *Neottia nidus avis.* У этихъ и другихъ подобныхъ растеній хлорофиллъ замаскированъ либо краснымъ, либо бурымъ пигментомъ, а потому сразу онъ не замѣтенъ. Такой же скрытый хлорофиллъ имѣется у многихъ водорослей. Въ моряхъ и океанахъ на значительныхъ глубинахъ водятся совершенно красныя (см. рис. 481) или бурыя водоросли (см. рис. 482). На видъ, зеленаго пигмента въ нихъ совершенно нѣтъ, и пластиды ихъ окрашены, вмѣсто зеленаго, въ красный или бурый цвѣтъ. Между тѣмъ изслѣдованія показываютъ, что водоросли эти такъ же ассимилируютъ углекис-

лоту, какъ и зеленыя растенія, а болѣе тщательное изученіе пигментовъ, вырабатываемыхъ ихъ пластидами, показываетъ, что и у такихъ ярко-красныхъ и бурыхъ водорослей имѣется зеленый пигментъ — хлорофиллъ, но онъ замаскированъ у бурыхъ водорослей бурымъ пигментомъ — **фикофеиномъ**, а у красныхъ водорослей краснымъ пигментомъ — **фикоэритриномъ**. Но у большинства зеленыхъ растеній, какъ низшихъ (водорослей, мховъ), такъ и высшихъ (папоротниковъ, цвѣтковыхъ растеній) хлоропласты вырабатываютъ лишь одинъ зеленый пигментъ, ярко окрашиваясь въ зеленый цвѣтъ, и эта окраска хлоропластовъ передается всему растенію. Лишь миксомицеты, бактеріи, грибы да нѣкоторыя высшія паразитныя растенія абсолютно лишены хлорофилла, и вмѣстѣ съ тѣмъ эти растенія не могутъ ассимилировать углекислоты воздуха и синтезировать органическія вещества изъ неорганическихъ. Такія растенія питаются готовой органической пищей и живутъ либо **паразитами** на другихъ растительныхъ или животныхъ организмахъ, либо **сапрофитами** на гніющихъ остаткахъ организмовъ.



Рис. 481. Слоевище красной водоросли *Hydrolapathum sanguineum* въ $^1/_2$ естественной величины.

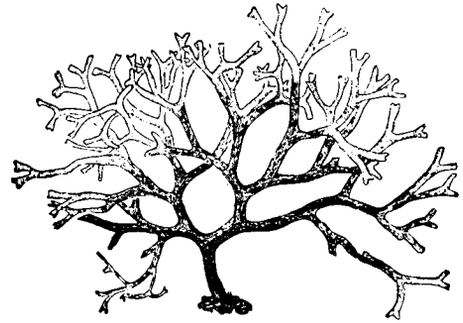


Рис. 482. Слоевище бурой водоросли *Dictyota dichotoma*, въ $^2/_3$ естественной величины.

Зеленый пигментъ — хлорофиллъ легко можно добыть изъ зеленыхъ растеній при помощи спирта. Если высушить листья какого-нибудь растенія, измельчить ихъ и обдать крѣпкимъ спиртомъ, то получается такъ называемая спиртовая вытяжка хлорофилла, а сами кусочки листьевъ и находящіеся въ нихъ хлоропласты при этомъ совершенно обезцвѣчиваются. **Спиртовая вытяжка** хлорофилла имѣетъ очень красивый темно-изумрудный цвѣтъ, отливающій однако краснымъ оттѣнкомъ, иначе говоря флюоресцирующій. На свѣтѣ и отъ дѣйствія кислотъ спиртовый растворъ хлорофилла легко бурѣетъ. Въ составъ хлорофилла входитъ С, Н и О, кромѣ того немного азота и магнія.

Весьма замѣчательны **оптическія свойства** хлорофилла. Если свѣтъ, прошедшій черезъ спиртовую вытяжку хлорофилла или черезъ зеленый листъ, пропустить сквозь стек-

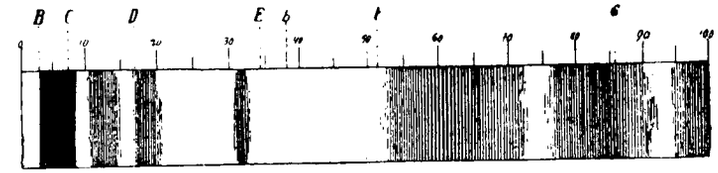


Рис. 483. Спектръ поглощенія хлорофилла.

лянную призму, то мы получимъ такъ называемый **спектръ поглощенія хлорофилла.** Этотъ спектръ хлорофилла весьма замѣчателенъ. Во-первыхъ, мы видимъ очень рѣзкую **черную черту поглощенія** въ красной части спектра, **между фраунгоферовыми линіями B и C** (см. рис. 483). Менѣе рѣзкія, но все же замѣтныя черты поглощенія находятся въ оранжевой, желтой и зеленой частяхъ спектра, а затѣмъ почти сплошная полоса поглощенія имѣется въ наиболѣе сильно свѣтъ преломляющей правой части спектра. Хлорофиллъ совершенно не пропускаетъ черезъ себя голубые, синіе и фіолетовые солнечные лучи и поглощаетъ ихъ. Лучи же красные, желтые, оранжевые и зеленые частью пропускаются хлорофилломъ, частью поглощаются. Мы видѣли на прошлой лекціи, что разложеніе углекислоты происходитъ лишь въ лѣвыхъ лучахъ солнечнаго спектра, и, повидимому, это стоитъ въ прямой связи съ оптическими свойствами хлорофилла, съ его спектромъ поглощенія. Наиболѣе сильно идетъ разложеніе углекислоты, какъ вы помните, въ красной части спектра, и здѣсь то, въ красной части спектра, между ли-

ніями B и C находится наиболѣе рѣзкая, наиболѣе характерная черта поглощенія хлорофилла. Если брать для спектральнаго анализа все болѣе и болѣе слабые растворы хлорофилла, то остальныя черты поглощенія ослабѣваютъ и постепенно исчезаютъ. Но черта поглощенія между линіями B и C остается видимой хотя бы въ видѣ тоненькой черной полоски даже въ самыхъ слабыхъ растворахъ хлорофилла. При помощи этой черты поглощенія можно, напримѣръ, доказать, что и въ бурыхъ листьяхъ орхидеи *Neottia nidus avis*, на видъ совершенно лишенныхъ зеленой окраски, хлорофиллъ однако существуетъ, ибо при спектральномъ анализѣ характерная черта поглощенія хлорофилла между линіями B и C все же ясно видна у *Neottia nidus avis*.

Значеніе оптическихъ свойствъ хлорофилла можно объяснить себѣ такъ. Хлорофиллъ какъ бы поглощаетъ или улавливаетъ наиболѣе дѣятельные солнечные лучи свѣта и переводитъ ихъ изъ состоянія свѣтового колебанія въ другую кинетическую энергію, расщепляющую CO_2 на C и O_2, и затѣмъ въ потенціальное состояніе въ частицѣ $C_6H_{10}O_5$.

Хлорофиллъ не простой пигментъ. Онъ всегда сопровождается **желтыми пигментами**. Если на спиртовую вытяжку хлорофилла налить въ пробиркѣ бензинъ, который легче спирта, и хорошенько взболтать эти двѣ жидкости, то затѣмъ, давъ имъ устояться, мы увидимъ слѣдующее: бензинъ снова всплыветъ надъ спиртомъ, но теперь бензиновый слой будетъ окрашенъ въ темно-зеленый цвѣтъ, а спиртъ въ желтоватый цвѣтъ. Два пигмента, бывшихъ въ растворѣ въ спиртовой вытяжкѣ, теперь раздѣлились, причемъ зеленый пигментъ перешелъ въ бензинъ, гдѣ онъ легче растворимъ, чѣмъ въ спиртѣ, а въ спиртѣ остался желтый пигментъ — **ксантофиллъ**. Въ составъ хлорофилла входитъ еще третій пигментъ, оранжеваго цвѣта — **каротинъ**. Этотъ пигментъ можно добыть, если зеленыя листья облить прямо бензиномъ. Каротинъ въ чистомъ видѣ находится въ большомъ количествѣ въ корняхъ моркови и каротели, придавая корнямъ этимъ красно-оранжевую окраску.

Желтые пигменты, всегда сопровождающіе хлорофиллъ, имѣютъ однако иной составъ, иныя оптическія свойства и иное значеніе для растеній, чѣмъ хлорофиллъ. Они, во-первыхъ, не содержатъ въ себѣ азота и состоятъ лишь изъ углерода и водорода, легко кристаллизуются (см. рис. 484), не флюоресцируютъ, не имѣютъ въ спектрѣ своемъ характерной для хлорофилла черты поглощенія между фраунгоферовыми линіями B и C и не могутъ разлагать углекислоты. Хлорофиллъ безъ желтыхъ пигментовъ въ чистомъ видѣ въ растеніяхъ не встрѣчается, но желтые пигменты могутъ встрѣчаться въ хромопластахъ и отдѣльно отъ хлорофилла. Такъ, кромѣ корней моркови, гдѣ въ хромопластахъ встрѣчается обильно каротинъ (см. рис. 484), желтые пигменты можно наблюдать въ хромопластахъ желтыхъ и оранжевыхъ лепестковъ многихъ цвѣтовъ (см. рис. 485), въ желтыхъ и оранжевыхъ плодахъ, въ осенникъ листьяхъ, въ хлоропластахъ которыхъ зеленый пигментъ подъ осень исчезаетъ, и остаются лишь одни желтые пигменты, чѣмъ и объясняется осенняя окраска нашихъ деревьевъ и кустарниковъ.

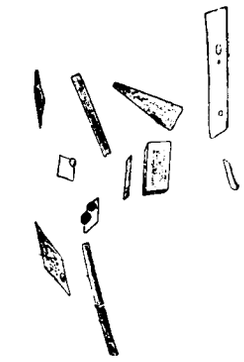


Рис. 484. Хроматофоры или цвѣтныя тѣльца моркови, частью съ крахмальными включеніями. Увел. 540 разъ.

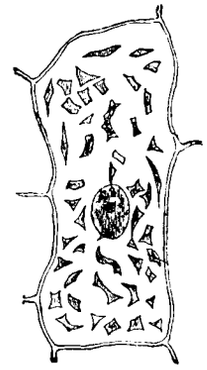


Рис. 485. Клѣточка съ хроматофорами изъ верхней стороны желтаго чашелистика капуцина (*Tropaeolum majus*). Увел. 540 разъ.

Въ зародышѣ сѣмени обыкновенно въ клѣткахъ его имѣются пластиды, но не бываетъ еще хлорофилла. Онъ образуется въ прорастающихъ растеніяхъ лишь подъ вліяніемъ свѣта. Вотъ почему выращенные въ темнотѣ проростки желтые, а не зеленые, иначе говоря **этіолированные**. Въ этіолированныхъ проросткахъ нѣтъ и слѣда хлорофилла, но желтые пигменты въ хлоропластахъ ихъ уже имѣются, ибо для образованія желтыхъ пигментовъ (ксантофилла, каротина) свѣтъ не нуженъ. Если этіолированные проростки выставить на свѣтъ, то они начинаютъ постепенно зеленѣть, т. е. въ хлоропластахъ ихъ, подъ вліяніемъ свѣта, начинаетъ вырабатываться и зеленый пигментъ — хлорофиллъ. Изъ чего вырабатывается хлорофиллъ, неизвѣстно, но для его выработки, кромѣ свѣта, необходимо

присутствіе небольшого количества желѣза, хотя желѣзо въ составъ хлорофилла не входитъ. Но безъ желѣза получаются проростки съ очень слабой зеленой окраской, **хлоротическіе**; такія растенія страдаютъ такъ называемой блѣдной немочью и развиваются очень плохо. Хотя свѣтъ безусловно нуженъ для образованія хлорофилла, но есть нѣкоторыя растенія, которыя даже при прорастаніи въ темнотѣ даютъ зеленые, а не этіолированные проростки, напримѣръ, нѣкоторыя хвойныя и папоротникообразныя растенія. **Свѣтъ** дѣйствуетъ однако двояко на хлорофиллъ: вызывая его образованіе, болѣе яркій свѣтъ вмѣстѣ съ тѣмъ разрушаетъ хлорофиллъ. Выставленный на очень яркій свѣтъ въ особенности молодой листъ блѣднѣетъ и даже обезцвѣчивается. Этіолированные проростки, выставленные на разсѣянный свѣтъ, напримѣръ, въ тѣни (не въ темнотѣ) скорѣе зеленѣютъ, чѣмъ выставленные прямо на солнце. Ибо свѣтъ, вызывая образованіе хлорофилла, вмѣстѣ съ тѣмъ и разрушаетъ образующійся хлорофиллъ, а потому зеленѣніе идетъ скорѣе тогда, когда образованіе хлорофилла превышаетъ его разрушеніе отъ дѣйствія того же свѣта, что и достигается при нѣкоторомъ затѣненіи растенія.

Другое важное условіе для образованія въ хлоропластахъ растенія хлорофилла — надлежащая **температура**, различная, конечно, для разныхъ растеній. Температура, при которой въ хлоропластахъ образуется хлорофиллъ, выше, чѣмъ температура, вызывающая ростъ растенія. Даже хвойныя, дающія зеленые проростки въ темнотѣ, образуютъ желтые проростки, если проращивать ихъ при низкой температурѣ въ 5^0—8^0 Ц.; ростъ идетъ, хотя бы и очень медленно, но хлорофиллъ при такихъ низкихъ температурахъ въ хлоропластахъ хвойныхъ не образуется.

Газовый обмѣнъ, происходящій на свѣтѣ въ зеленыхъ органахъ растеній, преимущественно въ палисадной ткани зеленыхъ листьевъ, сопровождается синтезомъ органическихъ веществъ, въ частности **крахмала**, какъ это я вамъ уже говорилъ нѣсколько разъ. Но невольно является вопросъ, дѣйствительно ли крахмалъ, образующійся въ листьяхъ растенія, есть результатъ только что описаннаго газоваго обмѣна, поглощенія CO_2 и выдѣленія O_2. Можетъ быть эти

два процесса совершенно не стоятъ въ такой причинной связи другъ съ другомъ, какъ это мы думаемъ? Во всякомъ случаѣ требуются опытныя данныя, которыя вполнѣ убѣдительно доказали бы, что образованіе крахмала въ хлоропластахъ растеній есть слѣдствіе поглощенія CO_2 изъ воздуха и разложенія углекислоты этой при дѣйствіи солнечныхъ лучей.

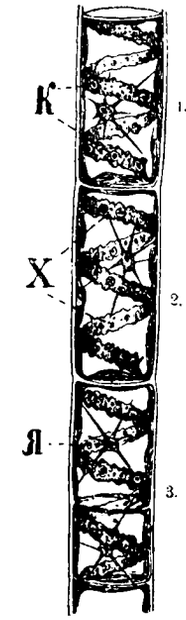


Рис. 486. Нить водоросли спирогиры: *Х* — хлорофильныя ленты, *К* — крахмальныя зерна, *Я* — клѣточное ядро.

Что въ хлоропластахъ днемъ накапливается крахмалъ, а за ночь исчезаетъ, доказать не трудно. Если, напримѣръ, наблюдать подъ микроскопомъ водоросль спирогиру (см. рис. 486), у которой въ клѣткахъ имѣются очень крупные хлоропласты въ видѣ зеленыхъ спиралью завернутыхъ лентъ (*Х*), то можно легко видѣть, что за ночь крахмалъ въ зеленыхъ лентахъ этихъ исчезаетъ, а днемъ опять появляется. Фаминцынъ, обратившій первый вниманіе именно на этотъ объектъ для наблюденія образованія крахмала подъ вліяніемъ свѣта, поступалъ такимъ образомъ. Нѣсколько отрѣзковъ *Spirogyr*'ы онъ оставлялъ въ темнотѣ до тѣхъ поръ, пока въ хлоропластахъ не исчезали всѣ крахмальныя зерна. Послѣ этого отрѣзки *Spirogyr*'ы освѣщались сравнительно слабымъ свѣтомъ, а именно ламповымъ свѣтомъ, усиленнымъ двумя рефлекторами и плосковыпуклой чечевицей. И, несмотря на такой сравнительно слабый свѣтъ, уже черезъ 30 минутъ появлялись вновь въ хлорофильныхъ лентахъ зернышки крахмала (см. рис. 486, *К*). При замѣнѣ ламповаго свѣта солнечнымъ, появленіе крахмальныхъ зеренъ обнаруживалось, по наблюденіямъ Крауса, уже черезъ пять минутъ. Если въ каплю воды, гдѣ находятся отрѣзки *Spirogyr*'ы, пустить *Bacterium Termo*, то мы увидимъ, что бактеріи эти будутъ двигаться по спиральнымъ полоскамъ, вдоль хлорофильныхъ лентъ спирогиры, какъ это показалъ Энгельманъ. Бактеріи же эти являются весьма чувствительнымъ реактивомъ на свободный кислородъ и двигаются лишь тамъ, гдѣ имѣ-

ется этотъ газъ; ясно, что кислородъ выдѣляется клѣткой спирогиры лишь по сосѣдству съ лентовидными ея хлоропластами.

Другимъ удобнымъ объектомъ для непосредственнаго наблюденія надъ накопленіемъ крахмала въ хлоропластахъ являются хлорофильныя зерна въ листьяхъ мховъ (см. рис. 487). Если наблюдать хлорофильныя зерна эти ночью, то въ нихъ крахмала совсѣмъ не видно. Утромъ мы видимъ въ нихъ мелкія крахмальныя зернышки (*A*), а послѣ продолжительнаго и сильнаго освѣщенія хлорофильныя зерна мховъ бываютъ туго набиты крахмаломъ (*B*).

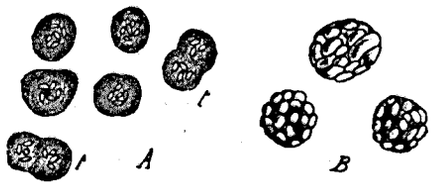


Рис. 487. Образованіе крахмала въ хлорофильныхъ зернахъ мха: *A* — хлорофильныя зерна съ мелкими зернышками крахмала, *B* — хлорофильныя зерна, туго набитыя крахмаломъ.

Въ листьяхъ крахмалъ за ночь исчезаетъ, а днемъ накапливается въ хлорофильныхъ зернахъ листа, въ особенности въ палисадной ткани. Мы знаемъ уже, что верхняя сторона листа, т. е. содержащая палисадную ткань, очень сильно разлагаетъ углекислоту днемъ, тогда какъ нижняя сторона листа, содержащая губчатую ткань, разлагаетъ углекислоту весьма слабо. Чтобы доказать, что крахмалъ накапливается въ хлорофильныхъ зернахъ палисадной ткани именно подъ вліяніемъ свѣта, Саксъ поставилъ слѣдующій остроумный опытъ. Зеленый листъ, находящійся на растеніи, съ вечера заклеивался поперекъ станіолевой полоской. За ночь крахмалъ исчезалъ изъ листа. На утро растеніе съ такимъ листомъ подвергалось хорошему солнечному освѣщенію, и подъ конецъ дня листъ срывался, вываривался въ спиртѣ, дабы обезцвѣтить его отъ хлорофилла, и затѣмъ погружался въ іодную тинктуру. Тогда на потемнѣвшемъ отъ іода листѣ ясно выступала свѣтлая поперечная полоса, какъ разъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ была прикрѣплена къ листу станіолевая пластинка (см. рис. 488, *B*). Потемнѣвшія части листа показываютъ, что именно въ этихъ частяхъ за день накопился крахмалъ, почернѣвшій отъ іода, тогда какъ въ той части листа, которая и днемъ была лишена доступа свѣта благодаря приклеенной къ ней станіолевой пластинки, крахмала совсѣмъ не образовалось, и эта часть листа послѣ обработки іодомъ въ темный цвѣтъ не окрасилась. Можно поставить опытъ еще иначе. Весь листъ заклеивается сверху и снизу станіолевой пластинкой, въ которой предварительно вырѣзаютъ, напримѣръ, буквы, обозначающія слово „КРАХМАЛЪ“. Листъ такой выставляютъ вмѣстѣ съ растеніемъ на свѣтъ; потомъ, снявъ станіолевую наклейку, его вываривaютъ въ спиртѣ, т. е. обезцвѣчиваютъ, и погружаютъ въ іодную тинктуру. На болѣе свѣтломъ (лишь побурѣвшемъ отъ іода) фонѣ всего листа очень скоро ясно выступаютъ



Рис. 488. Опытъ Сакса — образованіе крахмала въ освѣщенныхъ частяхъ листа. Черныя буквы и полосы заключаютъ въ себѣ крахмалъ, окрашенный іодомъ въ темно-синій цвѣтъ.

темныя буквы „КРАХМАЛЪ“ (см. рис. 488, *A*). Слѣдовательно, крахмалъ въ этомъ листѣ образовался лишь тамъ, гдѣ былъ доступъ свѣта къ листу, т. е. въ вырѣзахъ въ видѣ буквъ въ станіолевой пластинкѣ; ясно, что крахмалъ въ зеленыхъ листьяхъ образуется лишь тамъ, гдѣ непосредственно на листъ падаютъ солнечные лучи. Тамъ, и только тамъ, происходитъ соотвѣтствующій газовый обмѣнъ въ клѣткахъ, сопровождающійся поглощеніемъ CO_2 и выдѣленіемъ O_2, и только тамъ же въ клѣткахъ, въ ихъ хлорофильныхъ зернахъ, накапливается крахмалъ, который такимъ образомъ есть непосредственный результатъ упомянутаго газоваго обмѣна. Энергія газоваго обмѣна, какъ мы знаемъ, сильно зависитъ отъ интенсивности освѣщенія. При слабомъ свѣтѣ листъ мало поглощаетъ CO_2 и мало выдѣляетъ O_2; но такая же зависимость отъ силы освѣщенія наблюдается и относительно

количества накапливаемаго въ освѣщенномъ листѣ крахмала. Если день былъ свѣтлый, солнечный, то подъ вечеръ хлорофильныя зерна листа туго набиты крахмаломъ, и такой листъ отъ іодной тинктуры, послѣ предварительнаго вываривания въ спиртѣ, дѣлается очень темнымъ, почти чернымъ. Но если день былъ пасмурный, въ листѣ мало накапливается крахмала, и листъ слабо темнѣетъ отъ іодной реакціи. Подъ утро въ листьяхъ крахмалъ болѣе или менѣе исчезаетъ; отъ дѣйствія фермента (діастаза) крахмалъ за ночь переходитъ въ сахаръ и удаляется изъ листа по лубяной части сосудистыхъ пучковъ. Если ночь была темная и теплая, то подъ утро листъ совершенно бываетъ лишенъ крахмала, хотя бы наканунѣ накопилось его очень много въ листѣ.

Если листъ, лишившійся за ночь совершенно крахмала, выставить на свѣтъ, но въ атмосферѣ совершенно чистой отъ углекислоты, напримѣръ, въ эвдіометрической трубкѣ, въ которую введено немного раствора ѣдкой щелочи, жадно поглощающей углекислоту, то сколько бы времени листъ ни стоялъ далѣе на свѣтѣ, крахмала въ немъ не образуется, такъ какъ, несмотря на присутствіе свѣта и хлорофилла, приготовить растенію крахмала не изъ чего. Крахмалъ приготовляется растеніемъ изъ CO_2 воздуха.

Если листъ выставить не на обыкновенный дневной свѣтъ, а, напримѣръ, въ оранжевый свѣтъ, прошедшій черезъ растворъ двухромовокислаго калія, то въ листѣ крахмалъ образуется, а если листъ выставить въ синій свѣтъ, прошедшій черезъ растворъ амміачной окиси мѣди, то крахмала въ листѣ не образуется, ибо, какъ мы знаемъ, углекислоту разлагаетъ лишь красный и желтый свѣтъ, а синій и фіолетовый свѣтъ углекислоты не разлагаетъ, и крахмалъ въ этомъ свѣтѣ не образуется. Ясно, что эти два явленія стоятъ въ тѣсной причинной связи другъ съ другомъ.

Итакъ, вполнѣ очевидно, что крахмалъ въ листѣ образуется изъ CO_2 воздуха и воды, подъ вліяніемъ красныхъ и оранжевыхъ лучей свѣта и при помощи хлорофилла зеленыхъ пластидъ (хлоропластовъ) листа по формулѣ:

$$6\,CO_2 + 5\,H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6\,O_2,$$

причемъ выдѣляется свободный кислородъ.

Надо впрочемъ замѣтить, что процессъ этотъ, обратный процессу дыханія, въ химическомъ отношеніи протекаетъ гораздо сложнѣе, чѣмъ показываетъ наша формула. **Крахмалъ есть первый видимый продуктъ процесса ассимиляціи или усвоенія углерода.** Болѣе детальныя изслѣдованія химической стороны этого процесса показали, что первымъ продуктомъ усвоенія углерода растеніями является не крахмалъ, а болѣе простое органическое вещество, именно муравьиный алдегидъ, который цѣлымъ рядомъ послѣдующихъ химическихъ реакцій въ концѣ концовъ превращается въ крахмалъ.

Крахмалъ въ зеленыхъ листьяхъ растенія можетъ впрочемъ образоваться и въ темнотѣ, и въ отсутствіи CO_2. Если обезкрахмаленный листъ положить въ темнотѣ плашмя на растворъ сахара или на глицеринъ, то черезъ нѣсколько дней въ хлорофильныхъ зернахъ его появится крахмалъ. Но въ этомъ случаѣ крахмалъ въ хлорофильныхъ зернахъ получается не путемъ синтеза изъ неорганическихъ соединеній, для чего безусловно необходима затрата энергіи извнѣ, а путемъ превращенія одного органическаго соединенія (сахара или глицерина) въ другое. Вотъ почему процессъ этотъ можетъ происходить и въ темнотѣ, и въ отсутствіи CO_2 воздуха. Крахмалъ въ этомъ случаѣ образуется такимъ же способомъ въ хлорофильныхъ зернахъ листа, какъ запасной крахмалъ образуется въ лейкопластахъ клубней или корневищъ растеній подъ землею, безъ содѣйствія свѣта. Это не вновь образующееся органическое вещество, а лишь переходъ одного органическаго соединенія (сахара) въ другое (крахмалъ). Вѣдь и крахмалъ въ листьяхъ ночью переходитъ въ сахаръ и такимъ образомъ удаляется изъ листа, безъ всякаго содѣйствія свѣта, а лишь при участіи фермента. Это процессы ферментативные, а не синтетическіе; только послѣдніе безусловно требуютъ затраты энергіи извнѣ, т. е. свѣта.

Но не у всѣхъ растеній при разложеніи углекислоты воздуха на свѣтѣ первымъ видимымъ продуктомъ процесса ассимиляціи является крахмалъ. У нѣкоторыхъ растеній, напримѣръ, у лука и другихъ однодольныхъ, въ хлорофильныхъ зернахъ ихъ никогда не образуется крахмалъ или, если и образуется, то въ очень незначительномъ количествѣ.

Въ этихъ случаяхъ первымъ видимымъ продуктомъ процесса ассимиляціи будетъ виноградный сахаръ по формулѣ:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2.$$

Объемы обмѣниваемыхъ газовъ и здѣсь, такъ же какъ и при образованіи крахмала, одинаковы: сколько поглощено CO_2, столько же выдѣляется и O_2.

Изрѣдка въ хлорофильныхъ зернахъ растеній, кромѣ крахмала или сахара, встрѣчаются капельки масла. Но масло не представляетъ продукта процесса ассимиляціи, ибо масло въ хлорофильныхъ зернахъ не исчезаетъ при затемненіи листа и не накопляется отъ освѣщенія его. Масло въ сущности очень распространено въ растеніяхъ, но встрѣчается главнымъ образомъ въ безцвѣтныхъ частяхъ, напримѣръ, въ сѣменахъ, въ качествѣ запасного питательнаго вещества. Оно несомнѣнно образуется изъ углеводовъ, путемъ ихъ дальнѣйшаго раскисленія.

Происшедшій на свѣту въ зеленыхъ листьяхъ **крахмалъ**, являясь первымъ видимымъ продуктомъ синтеза органическаго соединенія въ растеніяхъ, есть исходное соединеніе, изъ котораго получаются всѣ остальныя органическія соединенія растеній. Крахмалъ можетъ легко превратиться, подъ вліяніемъ ферментовъ, въ другіе углеводы — въ сахаръ, инулинъ, клѣтчатку. Раскисляясь далѣе, крахмалъ даетъ внутри клѣтокъ растенія масло. Наконецъ, крахмалъ же служитъ исходнымъ матеріаломъ для образованія еще болѣе сложныхъ органическихъ соединеній — бѣлковъ, азотистыхъ соединеній. Полученный путемъ ассимиляціи въ зеленыхъ листьяхъ растенія крахмалъ можетъ, превратившись въ растворимое состояніе, въ сахаръ, тотчасъ же пойти на построеніе новыхъ клѣтокъ и тканей растенія, превращаясь въ клѣтчатку или давая матеріалъ для синтеза бѣлковъ. Другая часть ассимилированнаго крахмала идетъ на процессъ дыханія, третья же его часть откладывается въ клубняхъ, луковицахъ, сѣменахъ и т. д. въ видѣ запасныхъ питательныхъ веществъ, либо въ видѣ крахмала же или клѣтчатки, либо въ видѣ масла, или въ видѣ алейроновыхъ зеренъ, бѣлковаго соединенія.

Итакъ, вы видите, что листъ — это дѣйствительно весьма сложная химическая лабораторія, въ которой при помощи

солнечнаго луча изъ углекислоты воздуха приготовляются углеводы, а эти послѣдніе даютъ начало всѣмъ остальнымъ сложнѣйшимъ химическимъ реакціямъ, совершаемымъ въ растеніи. Листъ и анатомически, и морфологически очень хорошо приспособленъ къ этой сложнѣйшей и замѣчательнѣйшей своей задачѣ — задачѣ синтеза органическихъ веществъ. Главными же дѣятелями при выполненіи этой задачи является хлоропластъ или хлорофильное зерно. Хлорофильное зерно не только весьма мудро устроено и хорошо приспособлено къ выполненію основной своей функціи — синтеза углеводовъ, но обладаетъ и способностью къ движенію, облегчающей наиболѣе выгодное положеніе хлорофильныхъ зеренъ для выполненія ихъ основной функціи. Такъ, напримѣръ, въ палисадныхъ клѣткахъ листа хлорофильныя зерна при сильномъ освѣщеніи располагаются вдоль вертикальныхъ стѣнокъ палисадъ, а при слабомъ свѣтѣ они собираются къ горизонтальнымъ ихъ стѣнкамъ. Листья мховъ обыкновенно состоятъ изъ одного слоя клѣтокъ, заключающихъ хлорофильныя зерна. При этомъ, если мохъ растетъ въ тѣни, то хророфильныя зерна покрываютъ равномѣрно свободныя клѣточныя стѣнки, граничащія съ наружнымъ воздухомъ (см. рис. 489). Но ночью хлорофильныя зерна мха собираются вдоль боковыхъ его стѣнокъ, прижимаются къ нимъ (см. рис. 490); то же происходитъ и днемъ, если мохъ внезапно будетъ ярко освѣщенъ хотя на время упавшимъ непосредственно на него солнечнымъ лу-

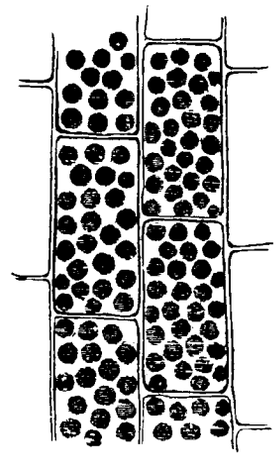


Рис. 489. Расположеніе хлорофильныхъ зеренъ въ клѣткахъ листа мха на разсѣянномъ свѣтѣ.

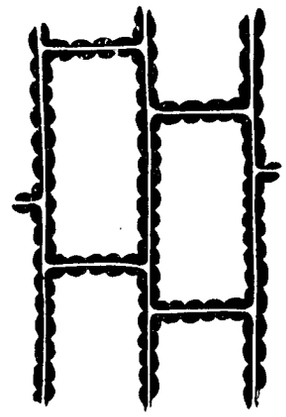


Рис. 490. Расположеніе хлорофильныхъ зеренъ въ клѣткахъ листа мха въ темнотѣ.

чомъ. Такимъ образомъ яркій свѣтъ дѣйствуетъ на хлорофильныя зерна такъ же, какъ и темнота, и они прижимаются къ боковымъ стѣнкамъ клѣтокъ, какъ бы прячась отъ черезчуръ яркаго освѣщенія, вредно дѣйствующаго на хлорофиллъ.

Въ темныхъ пещерахъ живетъ мохъ, протонема котораго свѣтится изумрудно-зеленымъ свѣтомъ. Протонема такого мха, называемаго *Schistostega osmundacea*, устроена весьма оригинально (см. рис. 491, *A*). Отдѣльныя нити ея поднима-

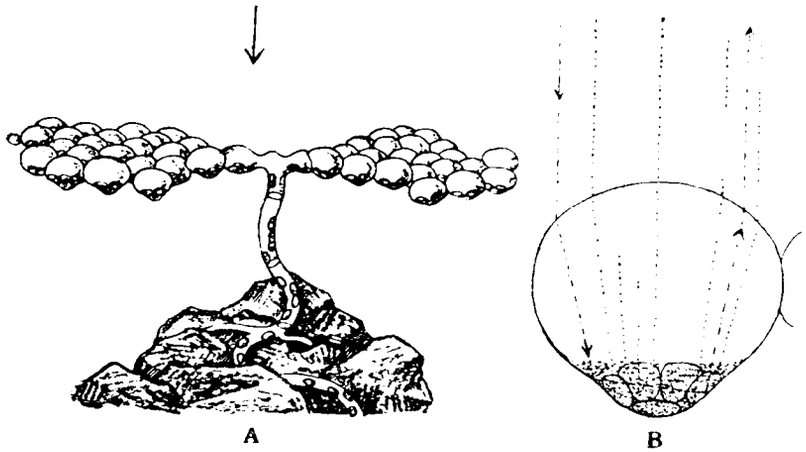


Рис. 491. *A* — протонема мха *Schistostega osmundacea*, свѣтящаяся въ темнотѣ. *B* — схема прохожденія свѣтовыхъ лучей въ одной изъ клѣтокъ этой свѣтящейся протонемы.

ются вверхъ и образуютъ пластинку, расположенную перпендикулярно къ падающимъ въ пещеру слабымъ лучамъ свѣта. Каждая клѣтка пластинки этой имѣетъ форму чечевички, съ вытянутымъ какъ бы въ сосочекъ дномъ (*B*), гдѣ и собраны довольно крупныя хлорофильныя зерна этого мха. Такія клѣтки, какъ двояко-выпуклыя стекла, собираютъ свѣтъ полутемныхъ пещеръ къ хлорофильнымъ зернамъ, чтобы дать имъ возможность разлагать углекислоту. Часть свѣта при этомъ отражается отъ внутренней стѣнки клѣтки (*B*) и обусловливаетъ то оригинальное самосвѣченіе этого мха, отливающаго въ темнотѣ пещеры яркимъ изумрудно-зеленымъ свѣтомъ. Такимъ образомъ приспособляются нѣкоторыя растенія къ крайне невыгоднымъ условіямъ существованія и

обезпечиваютъ себѣ фотосинтезъ и разложеніе углекислоты даже почти въ полной темнотѣ. Не способны къ фотосинтезу лишь растенія, не имѣющія хлорофилла въ своихъ тканяхъ. Но такія растенія и не могутъ жить безъ готовой органической пищи. Подобно животнымъ, для ихъ роста и развитія нужны готовыя органическія соединенія, углеводы, жиры и бѣлки, которыми они питаются такъ же, какъ животныя или молодые проростки.

Лекція сорокъ первая.

Усвоеніе азота растеніями.

Мы видѣли, что зеленыя растенія, поглощая на свѣту углекислоту, разлагаютъ ее въ хлорофильныхъ зернахъ своихъ при помощи красныхъ и желтыхъ свѣтовыхъ лучей на углеродъ и кислородъ и такимъ образомъ синтезируютъ углеводы. **Углеводы**, приготовленные зеленымъ растеніемъ на свѣтѣ, являются отправными органическими соединеніями изъ которыхъ растеніе строитъ свое тѣло, которыя сжигаются или, иначе говоря, окисляются въ процессѣ дыханія, которыя накапливаются въ различныхъ частяхъ растенія въ видѣ запасныхъ питательныхъ веществъ, и изъ которыхъ, наконецъ, дальнѣйшими химическими процессами внутри тѣла зеленаго растенія готовятся другія органическія соединенія, а именно, **жиры** и сложныя азотистыя **бѣлковыя соединенія**. Образованіе жировъ изъ углеводовъ понять нетрудно, ибо жиры, такъ же какъ и углеводы, состоятъ лишь изъ углерода, водорода и кислорода, но съ меньшимъ относительнымъ количествомъ кислорода. Синтезъ углеводовъ въ зеленыхъ листьяхъ — это процессъ раскисленія такихъ вполнѣ насыщенныхъ кислородомъ соединеній, какъ CO_2 и H_2O. При синтезѣ углеводовъ выдѣляется свободный O_2. Дальнѣйшее раскисленіе углеводовъ, т. е. еще большее выдѣленіе O_2, влечетъ за собою образованіе и накопленіе въ тканяхъ растенія не углеводовъ, а жировъ.

Гораздо сложнѣе **процессъ образованія** въ растеніяхъ изъ неорганическихъ соединеній сложныхъ азотистыхъ соединеній — **бѣлковъ**. Это несомнѣнно весьма сложный синтетическій процессъ, въ основѣ своей исходящій изъ уже при-

готовленныхъ растеніемъ углеводовъ. Углеводы состоятъ изъ C, H и O; бѣлковыя соединенія имѣютъ въ своемъ составѣ еще азотъ и сѣру или фосфоръ. А потому, чтобы изъ углеводовъ приготовить бѣлки, растеніе должно къ углеводистой частицѣ присоединить азотъ и сѣру или фосфоръ.

Бѣлковыя или азотистыя соединенія столь же важны, если еще не важнѣе, для дальнѣйшаго построенія тѣла растенія, какъ и углеводы, ибо изъ бѣлковыхъ соединеній состоятъ самыя существенныя части живой клѣтки — цитоплазма, ядро и пластиды. Но, по сравненію съ углеродомъ, кислородомъ и водородомъ, азотъ самъ по себѣ составляетъ очень незначительную часть вѣса сухого вещества растенія. Главная масса сухого вещества растенія состоитъ изъ углерода, водорода и кислорода, а именно, въ растеніи углерода имѣется приблизительно 45%, кислорода 42%, водорода 6,5%, тогда какъ азота всего 1,5% и зольныхъ веществъ 5%.

Слѣдовательно, для правильнаго питанія растенія ему нужно сравнительно гораздо меньше азота, чѣмъ углерода. Мы видѣли, что растеніе весь огромный запасъ необходимаго ему углерода добываетъ исключительно изъ воздуха, въ видѣ углекислаго газа, котораго однако же въ воздухѣ очень мало. Невольно напрашивается вопросъ, не добываетъ ли себѣ растеніе и азотъ изъ воздуха. Вѣдь въ атмосферномъ воздухѣ $^4/_5$ свободнаго азота, т. е. огромнѣйшій запасъ такого важнаго химическаго элемента, изъ котораго построена вся живая матерія нашей планеты, живая протоплазма какъ всѣхъ растительныхъ, такъ и животныхъ клѣтокъ. Однако, опыты съ водными культурами даютъ намъ довольно опредѣленный отрицательный отвѣтъ въ этомъ отношеніи (см. рис. 492) и вмѣстѣ съ тѣмъ вполнѣ категорически указываютъ источники азотистаго питанія растенія. Въ опытѣ *A* фасоль выращивалась въ растворѣ всѣхъ необходимыхъ для нея минеральныхъ веществъ, кромѣ азотистыхъ соединеній, и несмотря на то, что культура велась на свѣтѣ при нормальной температурѣ и въ нормальной атмосферѣ, имѣющей такой огромный запасъ азота, растеніе не могло воспользоваться свободнымъ азотомъ воздуха для своего питанія и чахло, тогда какъ въ параллельныхъ опытахъ *B* и *C*, въ которыхъ въ растворѣ даны были азотистыя соединенія въ

очень небольшомъ, правда, количествѣ, ибо растворы вѣдь очень слабые, этого небольшого количества азотистыхъ или амміачныхъ соединеній вполнѣ было достаточно, чтобы покрыть всю потребность растенія въ азотѣ; растеніе отлично развивалось, доведено было до цвѣтенія и плодоношенія, т. е.



Рис. 492. Водная культура фасоли. Растенія выращены въ растворѣ всѣхъ необходимыхъ минеральныхъ веществъ, но въ *A* — безъ азотистыхъ соединеній, въ *B* — съ азотнокислою и въ *C* — съ амміачною солью.

совершило весь циклъ своей жизни вполнѣ нормально. Ясно, что для развитія растенія свободный азотъ воздуха совершенно не нуженъ, и что весь потребный для развитія растенія азотъ оно добываетъ корнями въ видѣ слабаго почвеннаго раствора или въ видѣ амміачныхъ солей, или въ видѣ азотистыхъ соединеній, главнымъ образомъ въ видѣ селитры,

т. е. азотнокаліевой соли. При этомъ водныя культуры учатъ насъ, что хотя для питанія растеній пригодны и амміачныя соли, и азотнокислыя, но послѣднія болѣе полезны растенію, ибо въ опытѣ *B* съ селитрой растеніе развивалось все же лучше, чѣмъ въ опытѣ *C* съ амміачными солями. Вмѣстѣ съ тѣмъ изслѣдованіе почвъ показываетъ, что и въ природѣ гораздо чаще въ почвѣ содержатся азотнокислыя соли, главнымъ образомъ селитра, чѣмъ соли амміачныя; слѣдовательно, растенія уже издавна приспособились къ поглощенію корнями своими изъ почвы именно азотнокислыхъ солей, въ частности селитры.

Какова же судьба этой селитры, поглощаемой корнями растеній изъ почвы въ видѣ раствора? Селитра восходящимъ токомъ переносится изъ корней черезъ стебли въ листья и тамъ ассимилируется, усвояется, идетъ на образованіе бѣлковъ, причемъ матеріалами для синтеза бѣлковъ служатъ приготовленные въ листьяхъ на свѣтѣ углеводы и селитра.

Что это дѣйствительно такъ, видно изъ слѣдующаго. Присутствіе селитры въ тканяхъ растенія легко обнаружить подъ микроскопомъ, ибо селитра легко осаждается въ видѣ характерныхъ кристалловъ, если обработать микроскопическій разрѣзъ черезъ какую-либо часть растенія спиртомъ или даже если дать просто высохнуть микроскопическому препарату. Дѣлая разрѣзы изъ различныхъ частей, мы можемъ прослѣдить распредѣленіе селитры въ тканяхъ растеній, причемъ оказывается, что корни, стебли, листовые черешки всегда обнаруживаютъ присутствіе селитры, а у нѣкоторыхъ растеній ея бываетъ даже очень много въ этихъ органахъ, напримѣръ, у подсолнечника или у свеклы. Обнаруживается присутствіе селитры и въ жилкахъ листьевъ, но ея нѣтъ или почти нѣтъ въ зеленой мякоти листа. Ясно, что въ мякоти-то листа и происходитъ переработка селитры въ бѣлковыя соединенія при помощи углеводовъ. Это доказано слѣдующими опытами Шимпера. Въ растеніяхъ, помѣщенныхъ въ темноту, селитра постепенно накопляется и въ мякоти листа, послѣ же перенесенія на свѣтъ она исчезаетъ. Если же брать для опытовъ листья, неспособные къ усвоенію углекислоты, напримѣръ, хлоротическіе, то въ нихъ силитра не исчезаетъ и на свѣту. Значитъ, свѣтъ нуженъ не для самого процесса синтеза бѣлковыхъ соединеній, а для синтеза углеводовъ,

которые уже имѣютъ въ себѣ запасъ потенціальной энергіи и могутъ далѣе вмѣстѣ съ селитрой образовать бѣлковыя частицы и въ темнотѣ, и на свѣтѣ. Если же листъ продержать долго въ темнотѣ, то въ немъ не потому не образуются бѣлки, и накапливается непотребленная селитра, что нѣтъ свѣта, а потому, что въ такомъ листѣ нѣтъ нужныхъ для синтеза бѣлковъ углеводовъ. Что это дѣйствительно такъ, видно хотя бы изъ того, что даже грибы, не имѣющіе хлорофилла, могутъ сами себѣ синтезировать бѣлки, тогда такъ у высшихъ растеній бѣлки синтезируются нормально, какъ мы видимъ, лишь на свѣтѣ и лишь въ клѣткахъ, содержащихъ хлорофиллъ, въ листовой мякоти. Очень поучительны въ этомъ отношеніи опыты Шимпера съ пестролистными растеніями (foliis variegatis). Въ темнотѣ какъ зеленая мякоть такихъ листьевъ, такъ и мякоть безцвѣтная, лишенная хлорофилла, наполнялась обильно селитрой. Но послѣ выставленія такихъ листьевъ на свѣтъ, селитра вскорѣ исчезала въ зеленыхъ тканяхъ, оставаясь, однако, въ прежнемъ количествѣ въ тканяхъ безцвѣтныхъ, лишенныхъ хлорофилла. Залѣсскій, чтобы окончательно доказать, что дѣло здѣсь не въ свѣтѣ и хлорофиллѣ, а въ присутствіи или отсутствіи углеводовъ, поступалъ такъ: онъ помѣщалъ листья въ темноту, доставляя имъ однако же искусственно углеводы; тогда и въ темнотѣ продолжался синтезъ бѣлковъ, и селитра въ мякоти листа не накапливалась. Возможно, однако, что въ присутствіи свѣта и углеводовъ изъ селитры образуется больше бѣлковъ, чѣмъ въ присутствіи однихъ углеводовъ; во всякомъ случаѣ свѣтъ и хлорофиллъ непосредственно для синтеза бѣлковъ, какъ видимъ, не нужны, тогда какъ синтезъ углеводовъ безъ свѣта и хлорофилла положительно не возможенъ.

Какія химическія реакціи происходятъ при синтезѣ бѣлковъ въ растеніяхъ, намъ далеко еще не извѣстно. Трейбъ полагаетъ, что при образованіи бѣлковъ въ листьяхъ однимъ изъ промежуточныхъ продуктовъ синтеза является **синильная кислота**, которая легко обнаруживается нѣкоторыми реактивами, вызывающими образованіе берлинской лазури. Если въ корняхъ, стебляхъ и листовыхъ черешкахъ легко обнаружить присутствіе селитры, и обыкновенно селитру не находятъ въ мякоти листьевъ, то зато, въ противополсжность этому, въ мякоти листьевъ многихъ растеній легко обнаруживается присутствіе синильной кислоты, этого промежуточнаго продукта синтеза бѣлковъ (см. рис. 493, *a*). Если листья оставить на нѣсколько дней въ темнотѣ, то вся синильная кислота исчезаетъ, и листъ при обработкѣ соотвѣтствующими реактивами не окрашивается въ синій цвѣтъ и не обнаруживаетъ въ тканяхъ своихъ присутствія берлинской лазури (см. рис. 493, *b*). Но если листья, выдержанные нѣсколько дней въ темнотѣ, культивировать далѣе въ темнотѣ же на глюкозѣ и азотнокисломъ амміакѣ, то ткань ихъ вскорѣ переполняется синильной кислотой, и обработанные соотвѣтствующими реактивами они оказываются переполненными берлинской лазурью. На свѣтѣ для этого достаточно культивировать такіе листья лишь на растворѣ азотнокислаго амміака, безъ глюкозы, т. е. безъ углевода, ибо углеводы синтезируются самимъ листомъ на свѣтѣ.

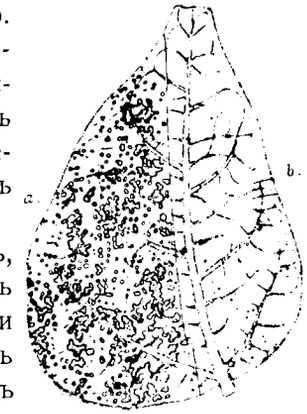


Рис. 493. Листочекъ фасоли (*Phaseolus lunatus*). Половина *a*, обработанная реактивами непосредственно по снятіи листочка, переполнена берлинской лазурью. Половина *b* — черезъ 6 дней пребыванія въ темнотѣ, обработанная тѣми же реактивами, совершенно лишена берлинской лазури.

Всѣ эти опыты ясно показываютъ, что синтезъ бѣлковъ происходитъ въ листьяхъ изъ приготовленныхъ ими же углеводовъ и изъ азотнокислыхъ солей, добываемыхъ растеніями изъ почвы корнями, и весь вопросъ сводится къ тому, откуда въ почвѣ накапливаются запасы азотнокислыхъ солей (въ частности селитры), и не играетъ ли тутъ хотя бы косвенную роль свободный азотъ воздуха.

Классическіе опыты Буссенго (см. рис. 494 и 495) съ проращиваніемъ сѣмянъ на свѣтѣ въ искусственной почвѣ изъ прокаленаго и промытаго кислотой песка или изъ толченой пемзы, въ которую прибавлялись всѣ нужныя для растенія минеральныя соединенія, кромѣ азотистыхъ, и въ воздухѣ, лишенномъ паровъ амміачныхъ соединеній, при поливкѣ такихъ проростковъ дистиллированной водой, ясно показали, что растенія дѣйствительно не пользуются свободнымъ азотомъ воздуха, и что въ проросткахъ оказалось ровно

столько же азота, сколько его было въ соотвѣтствующихъ порціяхъ сѣмянъ.

Но растенія, кромѣ почвеннаго азота, могутъ пользоваться изъ воздуха азотомъ связаннымъ, находящимся всегда въ небольшомъ количествѣ въ воздухѣ въ видѣ амміачныхъ соединеній. Опыты показали, что если растенію не давать связаннаго азота въ почвѣ, а надземныя части его держать въ воздухѣ, заключающемъ пары углекислаго амміака, при чемъ плотно особой крышкой закрыть землю горшка, дабы амміакъ этотъ не проникалъ въ почву, то растенія могутъ усвоять нѣкоторое количество азота изъ

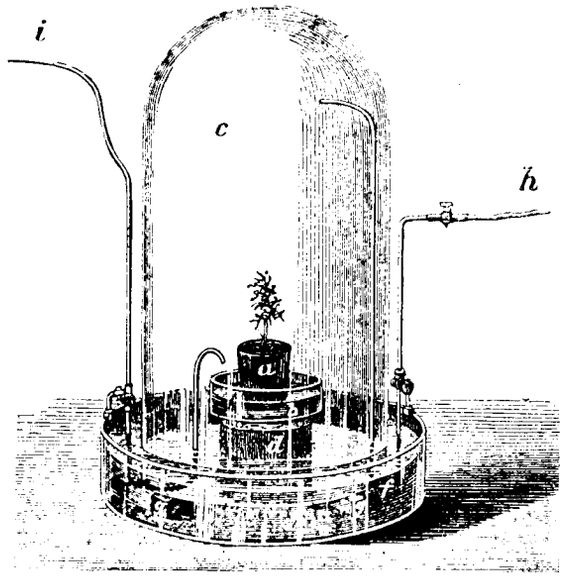


Рис. 494. Приборъ Буссенго для выращиванія растеній въ замкнутомъ пространствѣ, лишенномъ соединеній азота.

воздуха своими листьями въ видѣ газообразнаго амміачнаго соединенія, но что такое азотистое питаніе растеніямъ недостаточно для ихъ нормальнаго развитія, какъ не вполнѣ удовлетворяетъ растеніе питаніе корнями изъ почвы или водной культуры амміачными соединеніями, вмѣсто азотнокислыхъ. Впрочемъ, нѣкоторыя низшія растенія, напримѣръ, дрожжи и плѣсневые грибки, предпочитаютъ для своего питанія амміачныя соединенія азотнокислымъ.

Однако пары амміака, встрѣчающіеся въ атмосферѣ, косвеннымъ образомъ служатъ тоже для питанія растеній. Дѣло въ томъ, что амміачные пары, всегда имѣющіеся въ атмосферѣ и являющіеся результатомъ гніенія умершихъ организмовъ и разложенія органическихъ соединеній, вымываются дождемъ изъ атмосферы и попадаютъ въ почву. Въ почвѣ же, какъ показали прекрасныя изслѣдованія Виноградскаго, амміачныя соединенія одними микроорганизмами окисляются до азотистыхъ соединеній, а эти послѣднія другими почвенными микроорганизмами окисляются въ азот-

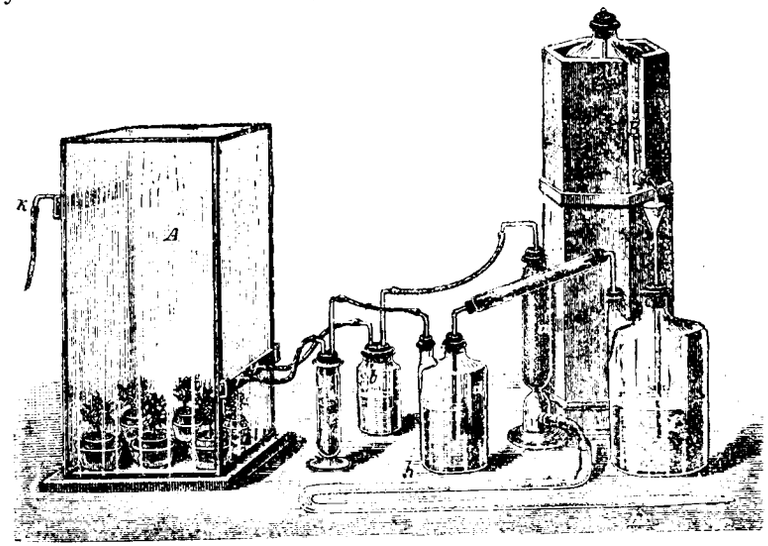


Рис. 495. Приборъ Буссенго для выращиванія растеній въ струѣ углекислоты и воздуха, лишенныхъ соединеній азота.

ныя соединенія, и такимъ образомъ въ почвѣ накапливается постоянно новый запасъ азотнокислыхъ соединеній (главнымъ образомъ селитры), которыя и поглощаются затѣмъ корнями растеній.

Если хорошенько прокалить почву, иначе говоря, убить въ ней **нитрифицирующіе микроорганизмы**, то почва перестаетъ накапливать въ себѣ азотнокислыя соли. Но если къ такой стерилизованной почвѣ прибавить немного почвы обыкновенной или хотя бы немного почвенной вытяжки, то этимъ самымъ мы заразимъ стерилизованную почву нитрифицирующими бактеріями, и она снова будетъ накапливать

въ себѣ азотнокислыя соли, т. е. производить **нитрификацію**. Эта нитрифицирующая способность плодородной почвы, основанная на присутствіи въ ней нитрифицирующихъ микробовъ, имѣетъ огромное значеніе для жизни растеній и для ихъ питанія, а также играетъ огромную роль въ круговоротѣ азота на нашей планетѣ. Что дѣло здѣсь главнымъ образомъ въ присутствіи въ почвѣ нитрифицирующихъ микробовъ, можно видѣть также изъ того, что въ захлороформированной почвѣ нитрификація прекращается и снова съ прежней силой возобновляется послѣ удаленія изъ почвы паровъ хлороформа.

Въ почву азотъ поступаетъ въ связанномъ видѣ, въ видѣ амміачныхъ соединеній, образующихся при гніеніи и отчасти сгораніи органическихъ веществъ. Но во время грозы, подъ вліяніемъ электрическихъ разрядовъ, свободный азотъ воздуха переходитъ въ азотную кислоту и дождемъ вмывается въ почву. Наконецъ, почва способна поглощать и свободный азотъ воздуха и при помощи особой бактеріи переводить этотъ азотъ въ связанное состояніе, т. е. въ азотныя соединенія. Такимъ образомъ почва постоянно, хотя и въ небольшомъ количествѣ, поглощаетъ азотъ и азотистыя соединенія изъ воздуха, окисляетъ соединенія эти въ азотнокислыя, обогащается связаннымъ азотомъ, и азотъ этотъ въ видѣ селитры поглощается корнями растеній. Въ растеніяхъ селитра черезъ стебель передается въ листья, гдѣ, вступая въ химическія соединенія съ углеводами, образуетъ сложныя бѣлковыя соединенія, идущія на построеніе протоплазмы живыхъ клѣтокъ растеній. Растеніями питаются животныя, и весь нужный для питанія ихъ запасъ углеводовъ, жировъ и азотистыхъ соединеній животныя получаютъ отъ зеленыхъ растеній (прямо или косвенно — плотоядныя животныя). Животныя и растенія, умирая, разлагаются, гніютъ. При этомъ связанный азотъ либо освобождается въ видѣ болѣе простыхъ амміачныхъ соединеній и поступаетъ въ атмосферу, либо даже выдѣляется изъ гніющихъ организмовъ въ видѣ свободнаго азота и снова поступаетъ въ атмосферу. Таковъ вѣчный круговоротъ азота на нашей планетѣ, и такимъ образомъ послѣ цѣлаго ряда сложныхъ процессовъ, въ которыхъ замѣшана и гроза, и почва, и микроорганизмы, азотъ воздуха идетъ на построеніе сложнѣйшей и загадочнѣйшей матеріи — живой протоплазмы.

Зеленыя высшія растенія, какъ мы видѣли, свободнымъ азотомъ воздуха для своего питанія пользоваться не могутъ. Имъ нуженъ для питанія азотъ связанный. Но почвенныя бактеріи могутъ связывать свободный азотъ воздуха и переводить его въ различныя соединенія, удобоусвояемыя корнями высшихъ растеній. Обыкновенно такія нитрифицирующія бактеріи живутъ прямо непосредственно въ почвѣ, гдѣ ежечасно производятъ свою высоко важную работу, играющую первостепенную роль въ жизни организмовъ на нашей планетѣ. Но нѣкоторыя изъ нитрифицирующихъ микроорганизмовъ приспособились жить не въ землѣ, а въ симбіозѣ съ корнями высшихъ растеній. У бобовыхъ растеній на корняхъ мы можемъ замѣтить особые желвачки (см. рис. 496, *w*). Въ этихъ желвачкахъ живутъ особыя бактеріи, способныя усвоять свободный азотъ воздуха и переводить его въ азотныя соединенія. Поэтому принято говорить, что бобовыя растенія, въ противоположность всѣмъ другимъ зеленымъ растеніямъ, способны питаться свободнымъ азотомъ воздуха, переводить азотъ этотъ въ связанное состояніе и обогащать имъ даже почву. На этой особенности корней бобовыхъ растеній основана даже особая сидеральная система полевого хозяйства, состоящая въ правильномъ чередованіи посѣвовъ азотопотребляющихъ растеній (хлѣбныхъ злаковъ) съ посѣвами азотонакопляющихъ (бобовыхъ) растеній. Но въ сущности сами бобовыя растенія тутъ не причемъ. Если культивировать сѣмена бобовыхъ растеній въ стерилизованной почвѣ, то на корняхъ такихъ растеній желвачковъ не образуется, и такія бобовыя такъ же не способны усваивать свободный азотъ воздуха, какъ и всякія другія высшія зеленыя растенія. Но если

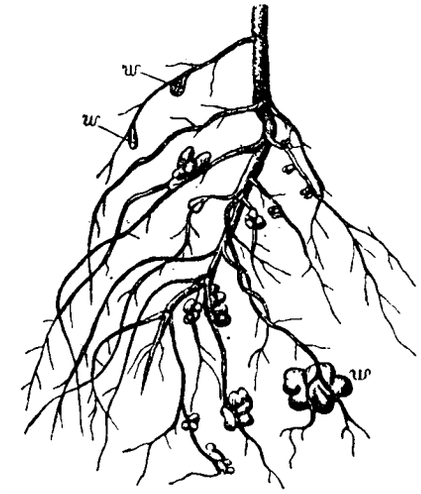


Рис. 496. Корень гороха съ желвачками — *w*.

мы въ такую стерилизованную почву инъецируемъ немного почвенной вытяжки изъ естественной нормальной почвы, то мы заразимъ стерилизованную почву нитрифицирующими бактеріями; бактеріи эти поселятся въ тканяхъ корней бобовыхъ растеній, на которыхъ разовьются тогда уже извѣстные намъ желвачки, а сами бактеріи, поселившись въ желвачкахъ этихъ, будутъ такъ же связывать свободный азотъ воздуха, какъ другія нитрифицирующія бактеріи дѣлаютъ это въ самой почвѣ. Такъ что корни бобовыхъ растеній даютъ лишь пріютъ нитрифицирующимъ бактеріямъ, а за это они обильнѣе получаютъ связанный азотъ и болѣе обогащаются сами азотомъ, чѣмъ другія растенія, не вступающія въ такое сожительство съ нитрифицирующими микроорганизмами почвы.

Лекція сорокъ вторая.

Насѣкомоядныя растенія, паразиты и сапрофиты.

Мы видѣли на прошлой лекціи, что главнымъ источникомъ азота при питаніи зеленыхъ растеній являются азотнокислыя соли, но что отчасти могутъ ихъ замѣнять и соли амміачныя. Если въ почвѣ много гніющихъ органическихъ веществъ, то плодородіе такой почвы повышается. Но это зависитъ не столько отъ присутствія въ почвѣ готовыхъ органическихъ азотистыхъ соединеній, сколько отъ того, что азотистыя органическія соединенія въ почвѣ быстро гніютъ и переходятъ постепенно въ амміачныя, азотистыя и азотныя соединенія, а эти то послѣднія и составляютъ главную питательную часть почвы. Впрочемъ, искусственные опыты показываютъ, что зеленыя растенія могутъ питаться также готовыми органическими азотистыми соединеніями, напримѣръ, продуктами распада бѣлковъ — аспарагиномъ, тирозиномъ, лейциномъ или мочевиной и другими сходными соединеніями, которыя хотя въ растеніяхъ нормально и не встрѣчаются, но могутъ при искусственномъ вскармливаніи замѣнить имъ селитру. Низшія растенія, напримѣръ, плѣсени, прекрасно растутъ, если имъ, въ видѣ азотистой пищи, давать пептоны. Пептонами называются растворимыя въ водѣ азотистыя соединенія, получающіяся изъ нерастворимыхъ въ водѣ бѣлковъ, дѣйствіемъ на нихъ фермента пепсина, встрѣчающагося въ желудочномъ сокѣ животныхъ.

Пептонами же питаются и такъ называемыя **насѣкомоядныя** или животноядныя **растенія**, которыхъ извѣстно сравнительно не такъ ужъ мало изъ разныхъ семействъ высшихъ растеній.

Однимъ изъ самыхъ характерныхъ насѣкомоядныхъ растеній является извѣстная намъ **американская мухоловка** (*Dionaea muscipula*) (см. рис. 497). Растеніе это растетъ на торфяныхъ болотахъ Сѣверной Америки и имѣетъ двустворчатую захлопывающуюся листовую пластинку, при помощи которой она ловитъ мухъ и другихъ насѣкомыхъ. Когда насѣкомое сядетъ на листъ мухоловки, листъ его складывается, и насѣкомое поймано. На верхней сторонѣ листовой пластинки имѣются железки, выдѣляющія особый кислый сокъ, содержащій въ себѣ тотъ же ферментъ — пепсинъ, что и въ желудочномъ сокѣ животныхъ и человѣка. Въ этомъ сокѣ перевариваются бѣлковыя соединенія, входящія въ составъ тѣла пойманнаго насѣкомаго, и затѣмъ, обратившись въ пептоны, всасываются листомъ и идутъ въ пищу растенію. Дарвинъ точными опытами показалъ, что если рядомъ выращивать экземпляры *Dionaea muscipula* при одинаковыхъ совершенно условіяхъ, но одни экземпляры прикрыть колпакомъ изъ очень тонкой сѣтки такъ, чтобы ни одно насѣкомое не попало на растеніе, другіе же держать открыто и предоставить имъ возможность ловить насѣкомыхъ, то и тѣ, и другіе экземпляры въ сущности растутъ нормально. Значитъ, питаніе насѣкомыми для мухоловки не обязательно, и такъ какъ растеніе



Рис. 497. Мухоловка (*Dionaea muscipula*).

это зеленое, то оно питается такъ же, какъ всякое зеленое растеніе, поглощая изъ почвы воду съ растворенными минеральными соединеніями и изъ воздуха CO_2, которую оно разлагаетъ на свѣтѣ и изъ которой строитъ крахмалъ. Но такъ какъ мухоловка живетъ на торфяной почвѣ болотъ, бѣдной питательными веществами, то добавочное питаніе насѣкомыми, т. е. готовыми органическими соединеніями, можетъ быть ей только полезнымъ. Дарвинъ кормилъ мухоловокъ маленькими кусочками круто свареннаго яичнаго бѣлка. Такіе кусочки бѣлка, нарѣзанные маленькими кубиками, переваривались нацѣло листьями *Dionaea*. И если обильно кормить мухоловку яичнымъ бѣлкомъ, то вырастаютъ экземпляры болѣе крѣпкіе; они обильнѣе цвѣтутъ, даютъ болѣе крупные плоды и болѣе тяжелыя сѣмена, и сѣмена ихъ, прорастая, даютъ лучшее потомство. Ясно, что питаніе готовой азотистой пищи полезно растенію.

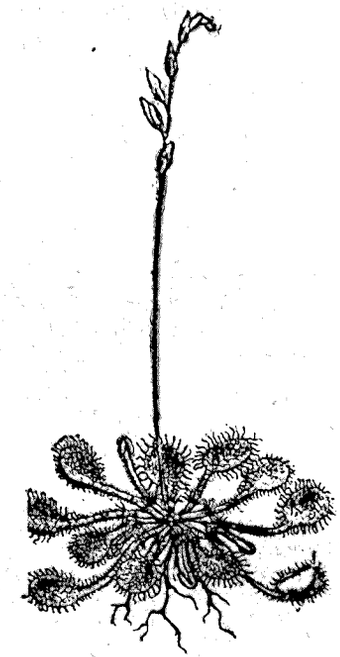


Рис. 498. Росянка (*Drosera rotundifolia*).

У насъ на торфяныхъ болотахъ растетъ нѣсколько видовъ другого насѣкомояднаго растенія, называемаго росянкой (см. рис. 498). **Росянка** (*Drosera rotundifolia*) имѣетъ, подобно американской мухоловкѣ, розетку прикорневыхъ листьевъ съ длинными черешками и округлой пластинкой; у другихъ видовъ росянокъ, живущихъ и у насъ на болотахъ, и въ другихъ странахъ, напримѣръ, въ южной Африкѣ, въ Австраліи, листовыя пластинки имѣютъ иную форму; напримѣръ, у нашихъ росянокъ листовая пластинка можетъ быть удлиненной. Листовая пластинка густо усажена длинными чувствительными железистыми волосками, выдѣляющими на головчатыхъ окончаніяхъ своихъ густыя слизистыя капли. Капли эти блестятъ на солнцѣ, точно роса, откуда и названіе растенія — росянка. Эти капли привлекаютъ насѣкомыхъ. Они прилетаютъ, садятся на листъ и прилипаютъ къ

нему. Какъ только насѣкомое прилипло къ нѣкоторымъ волоскамъ листа, другіе сосѣдніе волоски начинаютъ наклоняться въ сторону насѣкомаго и, точно щупальцами, обволакивать его со всѣхъ сторонъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ и листъ росянки заворачивается своими краями и со всѣхъ сторонъ окружаетъ пойманное насѣкомое. Теперь железки листовой пластинки начинаютъ выдѣлять кислый сокъ, содержащій въ себѣ пепсинъ. Въ этомъ соку переваривается насѣкомое; остаются лишь его хитиновые покровы. Переваренный сокъ всасывается

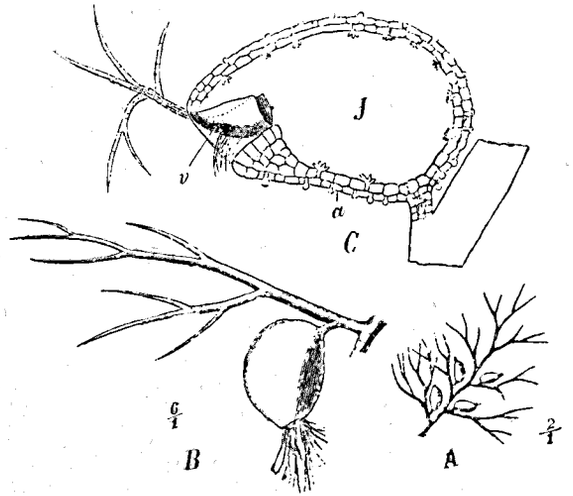


Рис. 499. *Utricularia vulgaris*: *A* — часть листа съ нѣсколькими пузырьками, увел. въ 2 раза; *B* — листочекъ съ однимъ пузырькомъ, увел. въ 6 разъ; *C* — продольный разрѣзъ пузырька, увел. въ 28 разъ: *v* — клапанъ, *a* — стѣнки пузырька, *J* — его полость.

листомъ и служитъ пищею растенію, а листъ постепенно снова расправляется, и на немъ остаются лишь крылышки, лапки и другія непереваренныя части насѣкомаго, которыя высыхаютъ и сдуваются съ листа вѣтромъ, послѣ чего листъ снова можетъ ловить насѣкомыхъ.

Dionaea, *Drosera* принадлежатъ къ числу такихъ насѣкомоядныхъ растеній, у которыхъ листья производятъ активныя движенія для улавливанія насѣкомыхъ. Это не единственные примѣры такихъ растеній. Напримѣръ, у насъ же на сырыхъ болотистыхъ лугахъ, а также высоко въ альпахъ Швейцаріи растетъ такъ называемая **жирянка** (*Pinguicula*), тоже, подобно росянкѣ, выдѣляющая на верхней по-

верхности листа липкій сокъ и улавливающая мелкихъ насѣкомыхъ этимъ липкимъ сокомъ и медленнымъ завертываніемъ внутрь края листа. На югѣ Россіи въ дельтахъ рѣкъ (Волги, Днѣпра) растетъ водяное растеніе — *Aldrovanda*, имѣющее листья, на подобіе *Dionaea*, состоящіе изъ двухъ захлопывающихся половинокъ, которыми растеніе это ловитъ подводныхъ мелкихъ животныхъ — рачковъ, дафній и т. д.

Въ Португаліи и Марокко на сухихъ каменистыхъ безплодныхъ мѣстахъ растетъ небольшое растеньице, называемое *Drosophyllum lusitanicum*. Его собранные прикорневой розеткой листья длинные, нитевидные и густо усажены длинными железистыми волосками, выдѣляющими липкій сокъ, какъ и у росянки. Этими длинными листьями улавливаетъ растеніе это мелкихъ насѣкомыхъ, но здѣсь они пассивно пристаютъ къ клейкимъ волоскамъ листа, и листъ самъ никакихъ движеній для улавливанія насѣкомыхъ не производитъ. Всѣ эти растенія принадлежатъ къ одному естественному семейству *Droseraceae*, приспособившемуся къ насѣкомоядности. Только жирянка или *Pinguicula* принадлежитъ къ другому семейству — *Lentibulariaceae*, стоящему при томъ же въ совершенно иномъ мѣстѣ въ естественной системѣ высшихъ цвѣтковыхъ растеній.



Рис. 500. Насѣкомоядное растеніе — *Nepenthes hybrida*, по экземпляру, выращенному въ Юрьевскомъ Ботаническомъ Саду.

Изъ этого послѣдняго семейства имѣется еще растеніе — *Utricularia* или **пузырчатка**, тоже питающееся насѣкомыми. Это подводное растеніе, образующее на своихъ листьяхъ особые полые внутри пузырьки (см. рис. 499, *A*, *B*). Каждый пузырекъ представляетъ очень сложно устроенную пассивную ловушку, куда набираются дафніи, рачки и другія мелкія водяныя животныя. Отверстіе, ведущее внутрь пузырька,

снаружи усажено волосками, а у устья отверстія имѣется особый клапанъ (см. рис. 499, *C*, *v*). Клапанъ этотъ, легко пропуская насѣкомыхъ и другихъ животныхъ внутрь пузырька, преграждаетъ имъ выходъ оттуда, и попавшіяся въ эту ловушку животныя погибаютъ тамъ, сгниваютъ и перевариваются особымъ сокомъ, выдѣленнымъ железками, расположенными на внутренней поверхности стѣнки пузырька.

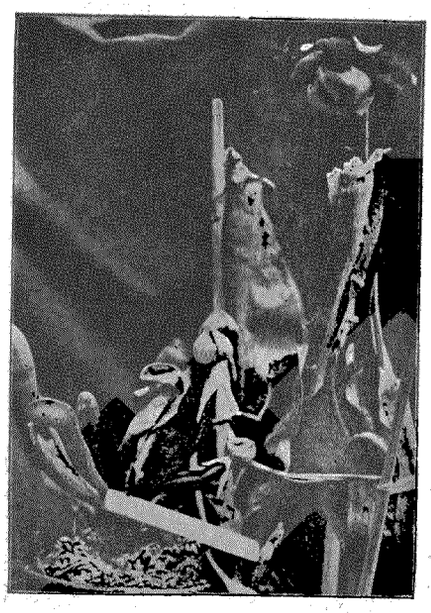


Рис. 501. Насѣкомоядныя растенія: налѣво — *Darlingtonia californica*, направо — *Sarracenia Drummondii*; по экземплярамъ, выращеннымъ въ Юрьевскомъ Ботаническомъ Саду.

Весьма крупные и сложно устроенные аппараты для улавливанія насѣкомыхъ имѣютъ растенія *Nepenthes* (см. рис. 500), *Sarracenia*, *Darlingtonia* (см. рис. 501), *Cephalotus* и др. У нихъ листья имѣютъ видъ полыхъ внутри кувшиновъ или воронокъ. Растенія эти принадлежатъ къ разнымъ семействамъ и растутъ въ разныхъ мѣстностяхъ земного шара. Такъ, *Nepenthes*, принадлежащія къ особому семейству *Nepenthaceae*, близкому къ сем. *Droseraceae*, водятся въ тропическихъ лѣсахъ Азіи, Мадагаскара, Австраліи и Малайскаго архипелага, гдѣ живутъ эпифитами на деревьяхъ. *Sarracenia* и *Darlingtonia* относятся къ семейству *Sarraceniaceae*, тоже близкому къ сем. *Droseraceae*, и растутъ на торфяныхъ болотахъ Сѣверной Америки. *Cephalotus* относится къ семейству *Cephalotaceae*, близкому къ сем. *Crassulaceae* и *Saxifragaceae*, и водится въ западной Австраліи.

Ихъ органы улавливанія насѣкомыхъ устроены слѣдующимъ образомъ. У *Nepenthes* они имѣютъ видъ кувшиновъ, свѣшивающихся на длинныхъ и упругихъ цилиндрическихъ черешкахъ. Устье кувшина имѣетъ гладкій и очень скользкій ободокъ съ зубчатымъ краемъ, направленнымъ во внутрь

кувшина. Стѣнки кувшина въ верхней части внутри усажены тонкими упругими волосками, ворсомъ своимъ направленными внизъ. Въ нижней же половинѣ кувшина въ стѣнкахъ его имѣются особыя железки, выдѣляющія кислую жидкость, по составу своему близкую къ желудочному соку животныхъ (содержитъ ферментъ пепсинъ) (см. рис. 502). Кувшины эти у разныхъ видовъ *Nepenthes* имѣютъ разную величину, форму и окраску. Иногда они довольно пестрые, и этой пестрой окраской привлекаютъ къ себѣ насѣкомыхъ, которыя черезъ гладкій скользкій ободокъ устья кувшина легко соскальзываютъ во внутреннюю полость его и попадаютъ въ наполняющій его сокъ. Если насѣкомому и удастся на первыхъ порахъ выкарабкаться изъ этого сока, то все же вползти наверхъ оно никакъ не можетъ, ибо упругіе волоски, направленные во внутрь, мѣшаютъ ему вползать наверхъ по внутренней стѣнкѣ кувшина; насѣкомое карабкается съ большимъ трудомъ противъ этихъ волосковъ, снова падаетъ въ сокъ, наполняющій кувшинъ, опять выкарабкавается изъ него, опять падаетъ, пока, изнеможенное, не попадаетъ окончательно въ сокъ, наполняющій кувшинъ, гдѣ и перевариваетъ. Самъ кувшинъ *Nepenthes* — это метаморфозированная разросшаяся верхняя часть черешка листа этого растенія, а имѣющаяся надъ устьемъ кувшина какъ бы крышечка — это редуцированная пластинка такого листа.

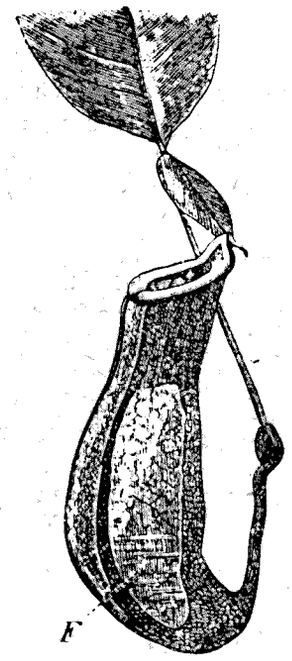


Рис. 502. Кувшинчикъ *Nepenthes*'а; на днѣ кувшинчика, изъ котораго часть стѣнки предположена вырѣзанной, находится выдѣленная листовыми железками жидкость *F*, въ которой перевариваются попавшія туда насѣкомыя (уменьшено).

Аналогично устроены кувшины и воронки *Darlingtonia*, *Cephalotus* и *Sarracenia* (см. рис. 501). И у этихъ кувшиновъ имѣются различныя приспособленія для улавливанія и задержанія въ нихъ разъ попавшихся туда насѣкомыхъ, а въ по-

лости такихъ кувшиновъ и воронокъ, такъ же какъ и у *Nepenthes*, накапливается переваривающая бѣлки жидкость, заключающая въ себѣ ферментъ — пепсинъ.

Всѣ насѣкомоядныя растенія принадлежатъ къ высшимъ зеленымъ растеніямъ и въ сущности питаются такъ же, какъ и другія зеленыя растенія, т. е. поглощаютъ корнями изъ земли воду и растворенныя въ ней минеральныя вещества, а листьями изъ воздуха углекислоту. Но кромѣ того они при случаѣ питаются и готовыми органическими соединеніями, переваривая насѣкомыхъ и другихъ мелкихъ животныхъ совершенно такъ же, какъ это дѣлаютъ животныя.



Рис. 503. Повилика (*Cuscuta*) на клеверѣ.

Паразитами называются растенія, живущія на другихъ растеніяхъ или животныхъ и питающіяся на счетъ органическихъ соединеній, приготовляемыхъ организмомъ-кормильцемъ. Очень многіе **грибы** и **бактеріи** являются типичными паразитами. Лишенные хлорофилла, они не способны синтезировать органическія вещества изъ неорганическихъ соединеній. Поэтому они поселяются на тѣлѣ или въ тѣлѣ другихъ организмовъ, растеній и животныхъ, и всю необходимую имъ пищу высасываютъ изъ организма-хозяина, причемъ послѣдній сильно истощается, болѣетъ; ткани организма, въ которыхъ поселился паразитъ, развиваются ненормально, гипертрофируются; и нерѣдко животное или растеніе, пораженное какимъ-либо грибкомъ или бактеріями, въ концѣ концовъ умираетъ либо отъ истощенія, либо отъ отравленія различными токсинами (ядовитыми веществами), выдѣляемыми паразитами. Среди **высшихъ цвѣтковыхъ растеній** тоже не рѣдко, и притомъ въ разныхъ семействахъ, встрѣчаются паразиты. Одинъ изъ обыкновенныхъ такихъ паразитовъ — **повилика** или *Cuscuta* (см. рис. 503). Это цвѣтковое растеніе на первый взглядъ совсѣмъ даже не похоже на обычное растеніе. Тоненькими бѣлыми или розовыми нитями опутываетъ

повилика растеніе-кормильца, на которое она нападаетъ. *Cuscuta* часто встрѣчается на клеверѣ, на кропивѣ, на ивахъ, на льнѣ, коноплѣ и многихъ другихъ растеніяхъ. Корней взрослая *Cuscuta* не имѣетъ. Когда изъ сѣмянъ ея вырастаетъ проростокъ, у него сначала образуется весьма слабый главный корень, которымъ онъ внѣдряется въ землю. Но вскорѣ сильно разрастается нитевидный стебель *Cuscut*'ы, опутываетъ собою растеніе, на которомъ она паразитируетъ, и тогда главный корень отмираетъ и прерывается всякая связь повилики съ почвой. На тонкихъ нитевидныхъ стебляхъ его

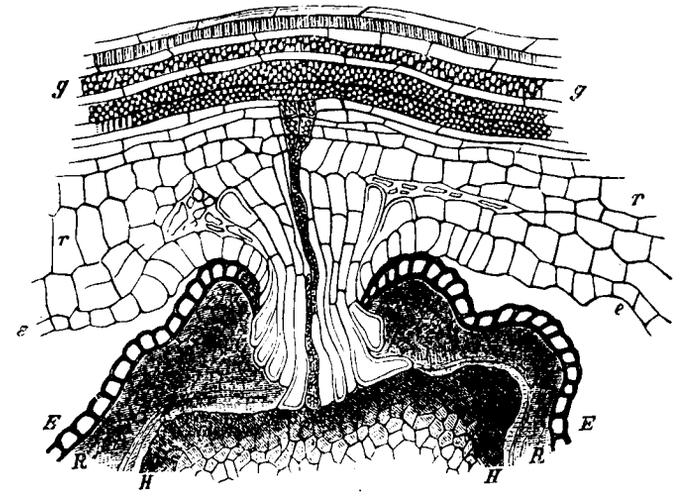


Рис. 504. *Cuscuta europaea*, присосавшаяся къ стеблю кропивы, съ гаусторіей или присоской.

листьевъ не видно, но зато имѣются особыя присоски или гаусторіи, придаточные корни (см. рис. 504), которыми *Cuscuta* внѣдряется въ стебель растенія-кормильца, прикрѣпляется къ нему и высасываетъ изъ него питательные соки, готовыя органическія соединенія. Рис. 504 изображаетъ поперечный разрѣзъ черезъ часть стебля кропивы, къ которой гаусторіей своей прососалась *Cuscuta europaea*: *E* — эпидермисъ стебля кропивы, *R* — ея кора, *H* — древесина; *g* — сосудисто-волокнистый пучекъ *Cuscut*'ы, *r* — кора стебля кускуты, а *e* — ея эпидермисъ. Гаусторія кускуты черезъ эпидермисъ и кору кропивы проникаетъ до древесины и боковымъ сосудистымъ пучкомъ и клѣтками-сосальцами высасываетъ изъ

кропивы готовыя органическія соединенія, на счетъ которыхъ питается и растетъ. Хлорофилла въ тканяхъ *Cuscut*'ы совершенно нѣтъ, а потому растеніе это само себѣ приготовлять пищу изъ неорганическихъ соединеній не можетъ и должно всецѣло питаться готовыми органическими соединеніями, предоставляемыми ему растеніями-кормильцами. Разрастается повилика очень быстро и вскорѣ приступаетъ къ цвѣтенію. Маленькіе бѣлые или розовые цвѣточки ея собраны головками на слабыхъ нитевидныхъ стебляхъ. Цвѣтетъ *Cuscuta* обильно и приноситъ очень много сѣмянъ. *Cuscuta* принадлежитъ къ сем. *Convolvulaceae*, вьюнковыхъ.

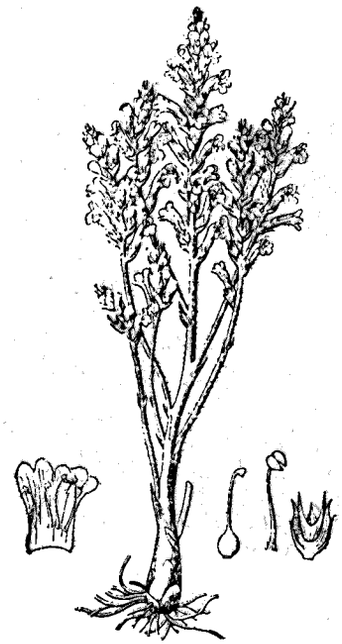


Рис. 505. Заразиха *(Orobanche ramosa)*.

Заразиха, *Orobanche*, принадлежитъ къ сем. *Scrophulariaceae*, норичниковыхъ. Это довольно крупныя растенія, корнями своими присасывающіяся къ корнямъ другихъ зеленыхъ растеній. Заразиха нападаетъ на многія растенія, и дикія, и культурныя, и иногда такъ пышно и обильно развивается, что губитъ цѣлыя плантаціи. Изъ культурныхъ растеній часто поражаются заразихой табакъ, подсолнечникъ и др. растенія. На дикихъ растеніяхъ тоже нерѣдко обитаютъ разные виды *Orobanche*. Сама заразиха не имѣетъ и слѣда хлорофилла въ своихъ тканяхъ и представляетъ обыкновенно б. и. м. сильно развѣтвленный мясистый стебель (см. рис. 505) бѣловатаго, желтоватаго или бураго цвѣта. Зеленыхъ листьевъ у заразихи, конечно, нѣтъ, и вмѣсто листьевъ на стебляхъ ея сидятъ безцвѣтныя или буроватыя сухія пленчатыя чешуйки, крайне редуцированныя. Зато заразиха, быстро развиваясь на чужой счетъ, обильно цвѣтетъ и приноситъ огромное количество мелкихъ сѣмянъ, которыя въ слѣдующемъ году обезпечиваютъ ей огромное потомство. Гдѣ на полѣ поселилась заразиха, тамъ уже трудно отъ нея избавиться, и обыкновенно съ каждымъ годомъ она сильнѣе и сильнѣе поражаетъ культурныя растенія, на которыхъ она завелась.

Еще любопытнѣе тропическій паразитъ *Rafflesia Patma* (см. рис. 506), паразитирующій на поверхностныхъ корняхъ огромныхъ тропическихъ деревьевъ, напримѣръ, фикусовъ и другихъ. Все тѣло этого растенія-паразита сведено въ сущности къ одному крупному цвѣтку, достигающему у *Rafflesia Patma* въ діаметрѣ $^1/_3$ метра, а у еще болѣе крупной

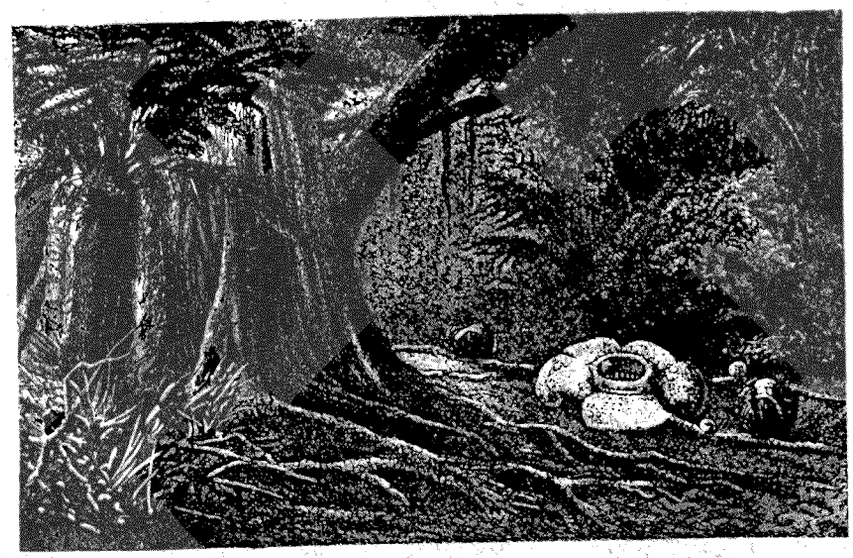


Рис. 506. *Rafflesia Patma*, паразитирующая на поверхностныхъ корняхъ тропическихъ деревьевъ.

Rafflesia Arnoldi, растущей на островѣ Суматрѣ, даже до 1 метра въ діаметрѣ. Грязно-коричневые цвѣты эти испускаютъ сильный отвратительный запахъ падали, привлекающій къ крупнымъ цвѣтамъ рафлезіи, растущей въ глухой тѣни тропическаго лѣса, мухъ и другихъ любящихъ падаль насѣкомыхъ, которыя способствуютъ перекрестному опыленію этихъ гигантскихъ цвѣтовъ. Ни корней, ни стеблей, ни листьевъ у *Rafflesia* нѣтъ и слѣда. Все тѣло ихъ состоитъ изъ вѣтвистыхъ нитей, состоящихъ изъ ряда живыхъ клѣтокъ и очень напоминающихъ собою грибныя нити или гифы. Эти нити живутъ въ тканяхъ пораженнаго рафлезіей

дерева, между древесиной и корой, образуя цѣлыя сплетенія, на подобіе грибного мицелія. При образованіи цвѣтка нити *Rafflesia* сплетаются въ особаго рода утолщенія, точно подушки, превращающіяся въ цвѣточныя почки и пробивающія наружу кору дерева, на которомъ паразитируетъ это

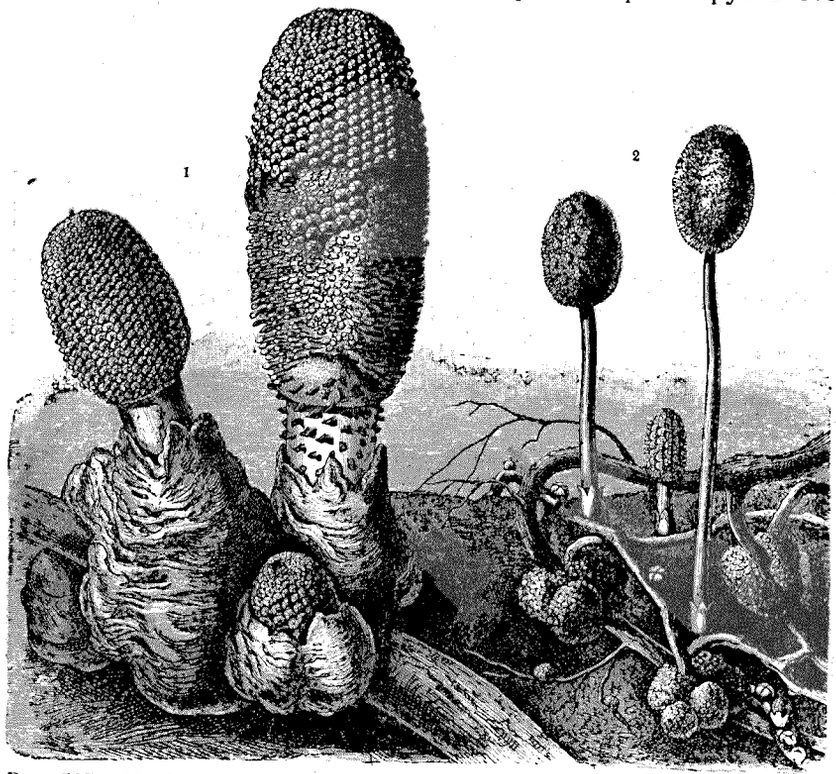


Рис. 507. Цвѣтковыя паразитныя растенія изъ сем. *Balanophoraceae*, напоминающія внѣшнимъ своимъ видомъ скорѣе какіе-нибудь грибы: *1* — *Rhopalocneuris phalloides*, съ острова Явы; *2* — *Helosis guianensis*, изъ Мексики.

растеніе. Цвѣты сидятъ б. ч. на корняхъ растенія-хозяина или на его стебляхъ.

Подъ тропиками встрѣчается не мало и другихъ паразитовъ изъ высшихъ цвѣтковыхъ растеній. Ихъ тѣло и даже цвѣты до того измѣняются подъ вліяніемъ паразитическаго образа жизни, что многія изъ нихъ на первый взглядъ совсѣмъ не похожи на цвѣтковыя растенія, а скорѣе напоминаютъ даже какіе-нибудь грибы, да притомъ еще оригинальной причудливой формы (см. рис. 507). Таковы тропическіе паразиты изъ семействъ *Balanophoraceae*, *Hydnoraceae* и др. Всѣ эти паразиты лишены хлорофилла, а слѣдовательно, не могутъ синтезировать органическихъ веществъ и обречены на питаніе готовыми органическими соединеніями, на жизнь тунеядцевъ, живущихъ на чужой счетъ. Этотъ легкій, но преступный образъ жизни отразился на всей ихъ организаціи. Паразиты не имѣютъ корней и развиваютъ лишь придаточные корни — гаусторіи. Листья ихъ редуцированы до минимума; они представлены безцвѣтными сухими чешуйками или и совсѣмъ атрофированы. Зато весьма пышно и обильно развиваютъ паразиты цвѣты, плоды и сѣмена и размножаются быстро и въ колоссальной пропорціи. Да и что же остается имъ дѣлать въ жизни, какъ не размножаться? Труда на добываніе и приготовленіе себѣ пищи они не затрачиваютъ. Матеріи и силы на приготовленіе органовъ прикрѣпленія, добыванія и изготовленія пищи они не тратятъ. Пища легко достается имъ изъ тѣла растенія-хозяина, на которомъ такіе паразиты поселяются. И живя всецѣло на чужой счетъ, паразиты лишь размножаются и размножаются. Размножаются обильно, распространяются быстро и поражаютъ собою все новыя и новыя жертвы ихъ тунеяднаго образа жизни.

Но, кромѣ присяжныхъ паразитовъ, которые вслѣдствіе отсутствія хлорофилла въ ихъ тканяхъ иначе и жить не могутъ, какъ на чужой счетъ, среди высшихъ растеній попадаются нерѣдко такъ называемые **полупаразиты.** Эти растенія имѣютъ въ тканяхъ своего тѣла хлорофиллъ, а потому могутъ до извѣстной степени вести и самостоятельный образъ жизни; могутъ сами себѣ изготовлять на свѣту крахмалъ и синтезировать другія органическія соединенія. Но, не довольствуясь честно заработаннымъ самостоятельнымъ трудомъ хлѣбомъ, зеленые полупаразиты нападаютъ на другія зеленыя растенія и живутъ и на ихъ счетъ, высасывая изъ тканей ихъ готовыя органическія соединенія или неорганическую пищу. Къ однимъ изъ такихъ вреднѣйшихъ полупаразитовъ принадлежитъ, напримѣръ, **омела** (*Viscum album*), часто нападающая у насъ въ юго-западномъ краѣ на яблони, груши и другія фруктовыя и иныя деревья (см. рис. 508) и причиняющая имъ огромный вредъ. Иногда цѣлые фруктовые сады пропадаютъ, истощенные этимъ пара-

зитомъ. Омела не имѣетъ корней, а имѣетъ лишь гаусторіи, которыми она глубоко внѣдряется въ древесину питающаго ее дерева. Стебель и листья у нея зеленые; стебли обильно вѣтвятся ложно-дихотомически, такъ что на яблонѣ или грушѣ сидитъ точно цѣлая метла или вѣникъ. Стебли весьма ломкіе, но если очистить дерево отъ омелы, то вскорѣ изъ внутреннихъ тканей ея, глубоко внѣдрившихся въ стволъ растенія-хозяина, вновь и довольно быстро вырастаютъ новыя зеленыя вѣтви. Омела обильно цвѣтетъ и приноситъ бѣлые клейкіе плоды, которые легко приклеиваются въ развилинахъ вѣтвей плодоваго дерева, въ трещинахъ коры его и т. д. и вновь вырастаютъ въ новый жадный паразитъ, сосущій питательные соки изъ дерева-хозяина и нерѣдко доводящій такое дерево до полнаго истощенія и смерти. Омела главнымъ образомъ питается паразитически, а питаніе зелеными листьями углекислотой воздуха есть лишь для нея питаніе добавочное, какъ бы вывѣска ея самостоятельнаго образа жизни; но только вывѣска, а не дѣйствительно присущее ей свойство. Самостоятельно омела, несмотря на присутствіе въ тканяхъ ея хлорофилла, жить никоимъ образомъ не можетъ.

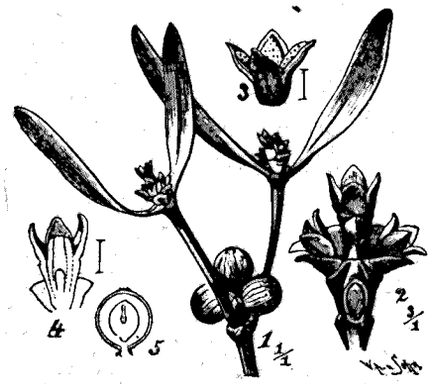


Рис. 508. Полупаразитъ — омела (*Viscum album*): *1* — женскій экземпляръ съ цвѣтами и плодами, *2* — пучекъ женскихъ цвѣтовъ, *3* — мужской цвѣтокъ, *4* — продольный разрѣзъ женскаго цвѣтка, *5* — продольный разрѣзъ плода.

Есть однако среди цвѣтковыхъ растеній и такіе полупаразиты, которые по внѣшнему виду и по образу жизни на первый взглядъ ничѣмъ не отличаются отъ обыкновенныхъ растеній. Наши луговыя травы — *Melampyrum*, *Pedicularis*, *Rhinanthus* и др. настолько похожи на обычныя растенія, что долго и не подозрѣвали ихъ паразитическихъ наклонностей. Онѣ паразитируютъ втихомолку, изподтишка. Травы эти имѣютъ развѣтвленные нормальные корни, которыми онѣ добываютъ себѣ пищу изъ земли, какъ всѣ другія растенія; онѣ имѣютъ совершенно нормальные стебли, листья,

приносятъ умѣренное количество цвѣтовъ и плодовъ. Онѣ не отличаются особой плодовитостью, какъ другіе паразиты, и хорошо развитыми зелеными листьями своими поглощаютъ изъ воздуха углекислоту и синтезируютъ углеводы и другія органическія соединенія. Но если покопаться подъ землею, то мы увидимъ, что травы эти, кромѣ нормальныхъ корней, имѣютъ подъ землею и корни присоски (см. рис. 509). Этими присасывающимися корнями такіе полупаразиты прикрѣпляются подъ землею къ корнямъ другихъ травъ, къ

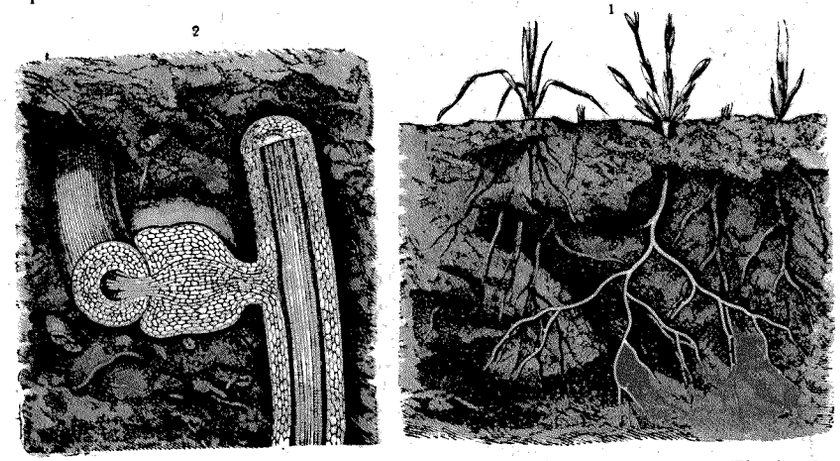


Рис. 509. Полупаразитъ — *Thesium alpinum*: *1* — корень *Thesium*'а съ присосками или гаусторіями, при помощи которыхъ онъ присасывается къ корнямъ другихъ растеній; *2* — кусокъ корня *Thesium*'а съ присоскою, приложившеюся къ корню растенія-хозяина; поперечный и продольный разрѣзъ, увелич. 35 разъ.

злакамъ, осокамъ и т. д., и воровскимъ образомъ, мимоходомъ, такъ сказать, не брезгаютъ и отъ этихъ травъ поживиться готовыми органическими соединеніями.

Есть еще группа растеній, питающихся готовыми органическими соединеніями, но не изъ тѣла другого растительнаго или животнаго организма, а отъ труповъ ихъ; это такъ называемые **сапрофиты.** Многіе грибы и отчасти бактеріи живутъ сапрофитически, питаются разлагающимися, гніющими органическими веществами. Такіе грибы и бактеріи тоже лишены хлорофилла. Среди высшихъ растеній нерѣдки сапрофиты среди орхидныхъ, и нѣкоторыя изъ нихъ на видъ очень похожи на паразиты: не имѣютъ настоящихъ корней, вмѣсто листьевъ имѣютъ бурыя чешуйки, не

имѣютъ хлорофилла, обильно цвѣтутъ и плодоносятъ. Впрочемъ, спектральный анализъ спиртовой вытяжки ихъ листьевъ показалъ, что у нѣкоторыхъ такихъ сапрофитовъ

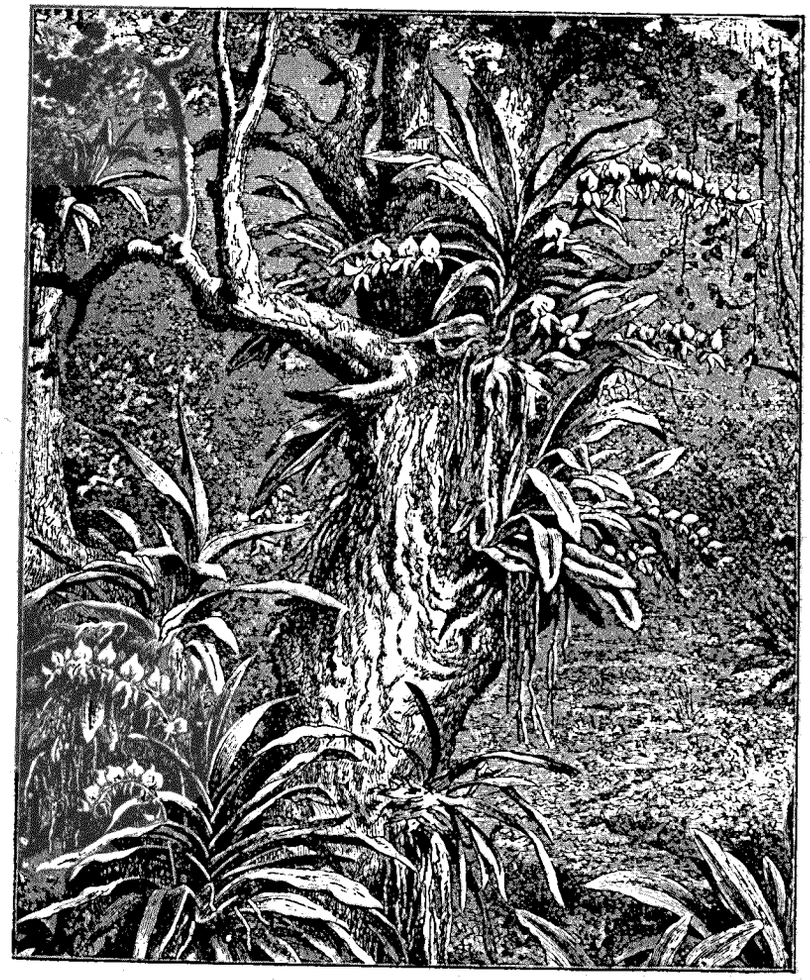


Рис. 510. Тропическое дерево, на корѣ котораго поселились различныя эпифитныя орхидныя растенія.

имѣется замаскированный хлорофиллъ въ ихъ пластидахъ, и они способны питаться не только гніющими органическими соединеніями, но и сами синтезировать себѣ углеводы при помощи этого замаскированнаго хлорофилла.

Съ паразитами и сапрофитами не надо смѣшивать эпи-

фиты. **Эпифиты** очень распространены подъ тропиками. Многія орхидныя (см. рис. 510), ароидныя, бромеліевыя, многіе папоротники, даже мхи и плауны ведутъ въ темныхъ и влажныхъ тропическихъ лѣсахъ эпифитный образъ жизни. Они поселяются на корѣ тропическихъ деревьевъ, они свѣшиваютъ съ вѣтвей ихъ часто цѣлыя грозди роскошныхъ красивыхъ цвѣтовъ, они пускаютъ въ насыщенную влагой атмосферу тропическаго лѣса цѣлые бороды и пучки воздушныхъ корней. Но эпифиты живутъ самостоятельной жизнью, сами добываютъ себѣ пищу корнями и листьями, сами синтезируютъ органическія соединенія въ своихъ зеленыхъ листьяхъ и стебляхъ. Корнями-присосками они не проникаютъ глубоко въ ткани тѣхъ деревьевъ, на которыхъ живутъ, и на ихъ счетъ они не питаются. Ихъ корни-присоски проникаютъ лишь въ поверхностные отжившіе слои коры дерева и ищутъ въ корѣ этой лишь точекъ опоры въ ихъ полувоздушномъ образѣ жизни, не высасывая изъ дерева рѣшительно никакихъ питательныхъ веществъ. Иногда вѣтви тропическихъ деревьевъ бываютъ сплошь усажены такими эпифитами. Подъ тяжестью ихъ нерѣдко ломаются вѣтви и сучья деревьевъ, но эпифиты все же не вредятъ этимъ деревьямъ, ибо не отнимаютъ у нихъ питательныхъ веществъ, не питаются на ихъ счетъ.

Лекція сорокъ третья.

Ростъ растенія.

Результатомъ питанія и дыханія растенія является его **ростъ** и затѣмъ **размноженіе.** Размноженіе растеній есть, въ сущности говоря, частный, но спеціализированный случай роста. Растеніе должно питаться всю свою жизнь и все время дышетъ. Въ періоды покоя питаніе, дыханіе и ростъ растеній понижаются до минимума. Но во время періода вегетаціи растеніе особенно обильно питается, и добытая и приготовленная имъ пища частью сгораетъ въ процессѣ дыханія, частью потребляется на образованіе новыхъ клѣтокъ и тканей, т. е. на ростъ, частью же откладывается въ клѣткахъ старыхъ или вновь образующихся тканей про запасъ, въ видѣ запасныхъ питательныхъ веществъ. Это откладываніе питательныхъ веществъ про запасъ у большинства растеній происходитъ въ теченіе всего періода ихъ возрастанія, т. е. полнаго формированія взрослаго растенія изъ зародыша сѣмени, ибо растенія больше приготовляютъ питательныхъ веществъ въ своихъ листьяхъ, чѣмъ сколько имъ нужно для ежедневныхъ потребностей дыханія и роста; иначе говоря, приходъ растительнаго организма, какъ хорошаго экономнаго хозяина, превышаетъ его расходъ. И когда, такимъ образомъ, благодаря превышенію прихода надъ расходомъ, накопленіе запасного капитала достигаетъ значительной величины, растеніе переходитъ въ третью фазу своей жизни — въ фазу **размноженія.** Къ этому времени, называемому **періодомъ плодоношенія**, ростъ растенія, какъ такового, прекращается или значительно замедляется, но зато теперь начинаютъ развиваться, иначе говоря вырастать, новые растительные органы, органы размноженія, а въ нихъ усиленнымъ темпомъ закладываются, растутъ и развиваются зачатки будущихъ растеній, причемъ въ это время растеніе особенно усиленно тратитъ вещество. Не только обычный приходъ растенія всецѣло, кромѣ дыханія, потребляется въ это время на образованіе и ростъ органовъ размноженія и зачатковъ будущихъ растеній, но и весь запасной капиталъ растенія, собранный иногда десятками лѣтъ, идетъ на процессы размноженія, на образованіе и ростъ будущаго поколѣнія, причемъ обыкновенно материнское растеніе часть своего запасного капитала тратитъ на образованіе потомства, часть же, опять таки въ видѣ запасного вещества, откладываетъ въ тканяхъ будущихъ растеній, удѣляя потомству своему часть капитала какъ бы въ наслѣдство.

Прекрасный примѣръ въ этомъ отношеніи представляетъ **американская агава** (см. рис. 511). Вырастая изъ маленькаго сѣмечка, въ которомъ материнское растеніе отложило для начала жизни будущаго растенія небольшой запасъ готовыхъ питательныхъ веществъ, агава въ теченіе многихъ лѣтъ растетъ все дальше и дальше, постепенно образуя мощную розетку крупныхъ сочныхъ и толстыхъ прикорневыхъ листьевъ. Агава растетъ въ очень неблагопріятныхъ условіяхъ существованія, въ сухихъ пустыняхъ Центральной Америки, и часто подвергается опасности погибнуть отъ засухи. Но ея листья, да и все тѣло, отлично приспособлены къ перенесенію неблагопріятныхъ условій существованія, которымъ время отъ времени она подвергается. Въ ея листьяхъ накапливается огромный запасъ воды на случай продолжительной и сильной засухи. Въ листьяхъ и стеблѣ ея постепенно накапливаются огромные запасы питательныхъ веществъ, отчасти потребляемыхъ растеніемъ послѣ временной пріостановки роста его въ засушливое время года. Такъ растетъ агава около ста лѣтъ, и за все это долгое время она никогда не цвѣтетъ и не приноситъ плодовъ. Она какъ бы собирается съ силами, накапливаетъ запасной капиталъ въ достаточномъ размѣрѣ для своей окончательной и весьма энергичной дѣятельности во время третьяго и послѣдняго періода своей жизни — плодоношенія. И только примѣрно черезъ сто лѣтъ агава сразу и очень быстро выгоняетъ огромной высоты стебель, цвѣтущій побѣгъ, обра-

зуетъ массу цвѣтовъ, приноситъ большое количество плодовъ и сѣмянъ и затѣмъ.... вся цѣликомъ погибаетъ, истощенная усиленной дѣятельностью размноженія.

Агава представляетъ крайній рѣзкій примѣръ различія трехъ основныхъ періодовъ въ жизни растенія — періода

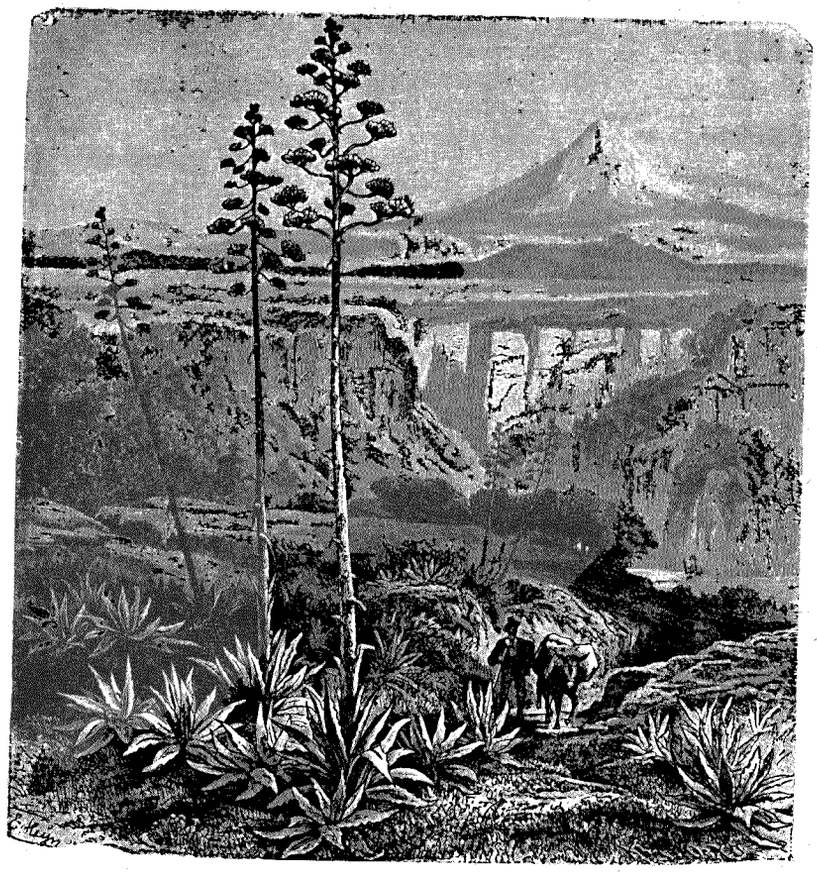


Рис. 511. Агавы въ цвѣту, на Мексиканскомъ плато.

прорастанія (короткое время изъ сѣмени), возрастанія (въ теченіе ста лѣтъ) и плодоношенія (въ теченіе одного послѣдняго вегетаціоннаго срока). У другихъ растеній періоды возрастанія и плодоношенія какъ-бы сплелись другъ съ другомъ, и растеніе (напримѣръ, наши деревья), продолжая однѣми своими вѣтвями расти все дальше и дальше и продолжая накапливать запасныя питательныя вещества, другими вѣтвями приступаетъ къ размноженію, къ образованію цвѣтовъ и плодовъ, затрачивая на это б. и. м. значительную часть своего запаснаго капитала. Такія растенія не тратятъ весь свой запасъ вещества и энергіи на размноженіе, а только часть его, другая же часть этого запаса идетъ на дальнѣйшій ростъ и жизненныя потребности материнскаго растенія.

Во всякомъ случаѣ каждое растеніе растетъ въ теченіе всей своей жизни, и во время прорастанія, и во время возрастанія, и проявляетъ специфическія явленія роста во время третьяго и послѣдняго періода своей жизни — періода плодоношенія. Этимъ третьимъ періодомъ жизни растеній мы займемся на слѣдующихъ лекціяхъ; теперь же познакомимся ближе съ явленіями роста прорастающаго и возрастающаго растенія.

Ростъ растенія и его отдѣльныхъ органовъ складывается изъ слѣдующихъ двухъ основныхъ явленій. Въ точкахъ роста растенія (въ конусахъ нарастанія корня, стебля, у основанія молодой листовой пластинки и т. д.) происходитъ усиленное дѣленіе живыхъ клѣтокъ и образованіе новыхъ клѣтокъ и новой меристематической ткани. Это — основная причина роста, но эта причина одна обусловливала бы крайне медленный ростъ растеній и его органовъ. Поэтому, какъ бы на помощь этому первому явленію роста, приходитъ второе явленіе, состоящее изъ усиленнаго роста въ длину отдѣльныхъ образовавшихся уже клѣтокъ, причемъ главнымъ образомъ растетъ, быстро растягиваясь, клѣточная оболочка каждой клѣтки подъ вліяніемъ сильнаго тургора, сопровождаемаго обильнымъ наполненіемъ клѣточной полости водою. Это явленіе вызываетъ особенно ясно видимыя явленія роста растительныхъ органовъ, хотя несомнѣнно явленіе это второго порядка по сравненію съ явленіемъ первымъ, медленнымъ ростомъ растительнаго органа путемъ дѣленія клѣтокъ и новообразованія тканей. Въ сущности, и ростъ отдѣльной растительной клѣтки не такъ простъ, какъ можетъ показаться съ перваго взгляда. Разныя части одной и той же клѣтки растутъ различно, съ разнымъ темпомъ и въ разныхъ направленіяхъ. На видъ довольно однообразныя клѣтки одной и той же ткани могутъ расти различно. Тѣмъ паче различно растутъ разныя ткани одного и того же

растительнаго органа, а потому явленіе роста весьма сложное и далеко еще окончательно не разгаданное. Одно, что несомнѣнно можно утвердительно сказать, что растутъ только живыя части растенія; мертвыя клѣтки и ткани растенія не растутъ, хотя и могутъ временно измѣнять свой объемъ и форму подъ вліяніемъ внѣшнихъ причинъ, напримѣръ, отъ высыханія, отъ набуханія водою, отъ механическаго вытягиванія, скручиванія и т. д. Но это не ростъ. Ростъ присущъ лишь живымъ клѣткамъ, но это не значитъ также, что всякая живая клѣтка непремѣнно растетъ. Она можетъ расти слабѣе и сильнѣе въ зависимости отъ различныхъ внѣшнихъ условій и въ особенности отъ внутреннихъ неизвѣстныхъ намъ причинъ; но живая клѣтка можетъ также оставаться въ покоющемся состояніи и совсѣмъ не расти дальше временно или окончательно, оставаясь однако надолго еще живой. Такимъ образомъ процессъ роста растеній, какъ вы видите, весьма сложный; онъ зависитъ, какъ и всякіе другіе физіологическіе процессы, и отъ внѣшнихъ окружающихъ условій, и отъ внутреннихъ присущихъ лишь живымъ организмамъ причинъ.

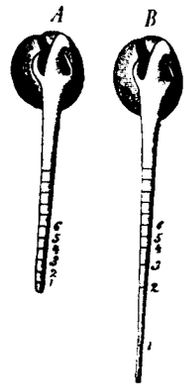
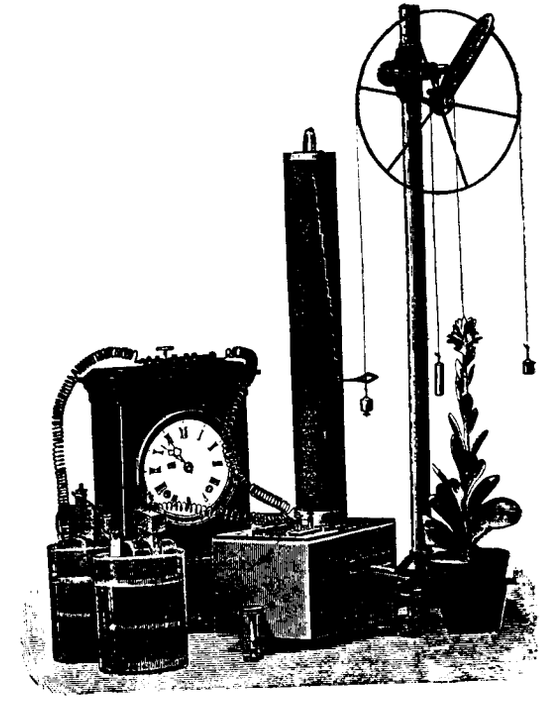


Рис. 512. Распредѣленіе роста въ кончикѣ корня гороха.

Изучать ростъ растеній и отдѣльныхъ его органовъ можно различно. Однимъ изъ удобныхъ и часто примѣняемыхъ методовъ изученія роста какого-либо растительнаго органа въ длину — это методъ **нанесенія черточекъ** на растущемъ органѣ. Для этого наиболѣе удобными объектами являются, напримѣръ, кончики корней прорастающихъ сѣмянъ; предварительно проращиваютъ сѣмена (напримѣръ, гороха) въ опилкахъ и затѣмъ, когда корень достигнетъ нѣкоторой длины, на немъ осторожно наносятъ тушью на одинаковыхъ разстояніяхъ другъ отъ друга черточки (см. рис. 512, *A*) и помѣщаютъ такое сѣмя во влажной камерѣ, корнемъ внизъ. Черезъ нѣсколько времени корень разрастается, и по тому, какъ раздвинулись нанесенныя черточки другъ отъ друга, можно судить о быстротѣ и ходѣ роста корня. Фиг. *B* показываетъ нѣсколько выросшій корень послѣ предварительнаго нанесенія черточекъ. Мы видимъ, что особенно сильно при этомъ удлинились дѣленія *1*-е и *2*-е, причемъ *2*-е дѣленіе выросло даже сильнѣе, чѣмъ первое; дѣленія *3*-е и *4*-е тоже нѣсколько удлинились, но значительно меньше, а дѣленія *5*-е, *6*-е и послѣдующія совершенно не удлинились дальше. Значитъ, корень растетъ своей верхушкою, но наибольшая зона роста находится не у самой верхушки, а на нѣкоторомъ удаленіи отъ нея (въ разстояніи всего нѣсколькихъ миллиметровъ отъ верхушки), и весь растущій участокъ корня не великъ, т. е. уже на нѣкоторомъ разстояніи отъ кончика корня никакого прироста въ длину не обнаруживается, и черточки не раздвигаются.


Рис. 513. Самопишущій приборъ для измѣренія роста растеній (ауксанометръ), съ электрическими часами.

Другой методъ изученія роста растеній въ длину заключается въ примѣненіи особыхъ сложныхъ приборовъ, называемыхъ **ростомѣрами** или **ауксанометрами.** Приборы эти бываютъ устроены различно. Одинъ изъ ауксанометровъ изображенъ на рис. 513. Устроенъ онъ слѣдующимъ образомъ. Къ верхушкѣ стебля прикрѣплена шелковинка, перекинутая черезъ маленькій блокъ и имѣющая на другомъ концѣ небольшую гирьку, которая слегка оттягиваетъ перекинутую черезъ блокъ шелковинку и подтягиваетъ стебель. Съ маленькимъ блокомъ неподвижно соединенъ блокъ гораздо большаго діаметра. Черезъ этотъ второй блокъ пе-

рекинута тоже шелковинка съ двумя уравновѣшивающими ее гирьками на концахъ и съ стрѣлкой, прикрѣпленной къ нижнему концу лѣвой шелковинки. Эта стрѣлка остріемъ своимъ касается цилиндра, обвернутаго бумагой, которая замазана равномѣрно сажей. По мѣрѣ роста верхушки стебля, оба блока одновременно вращаются влѣво, причемъ стрѣлка на лѣвомъ концѣ шелковинки, перекинутой черезъ большой блокъ, постепенно опускается и проводитъ бѣлую черту по зачерненной сажей бумагѣ. Черта эта изображаетъ приростъ стебля въ длину въ единицу времени (напримѣръ, въ часъ или въ сутки), но черта эта изображаетъ приростъ стебля въ увеличенномъ видѣ, и именно, во столько разъ увеличенномъ, во сколько радіусъ большого блока превосходитъ радіусъ малаго блока. Къ цилиндру съ зачерненной сажей бумагой придѣланъ часовой механизмъ, приводящій цилиндръ этотъ въ медленное, но опредѣленное вращательное движеніе вокругъ его продольной оси, напримѣръ, въ одинъ часъ одинъ оборотъ. Такимъ образомъ кривая линія, которая будетъ наноситься стрѣлкой на зачерненную бумагу, покажетъ намъ въ увеличенномъ видѣ приростъ стебля въ теченіе каждаго часа. Можно къ вращающемуся цилиндру придѣлать такъ называемые электрическіе часы, въ которыхъ, при помощи двухъ гальваническихъ элементовъ, токъ будетъ замыкаться на одно лишь мгновеніе каждый часъ или каждые два, три часа, и т. д. Тогда, при такой установкѣ опыта, цилиндръ будетъ вращаться на нѣкоторую небольшую часть своей окружности черезъ каждый часъ, два, три и т. д., смотря по тому, какъ установлены электрическіе часы, а не все время, и стрѣлка будетъ чертить на цилиндрѣ не сплошную кривую линію, а прерывчатую, зубчатую, какъ показано на нашемъ рисункѣ, причемъ вертикальная часть каждаго новаго зубца изобразитъ въ увеличенномъ видѣ приростъ стебля въ теченіе часа, двухъ, трехъ и т. д., смотря по тому, какъ установленъ нашъ приборъ.

Ростъ мелкихъ организмовъ — грибовъ, плѣсеней, водорослей и т. д. можно изучать подъ микроскопомъ, пользуясь такъ называемымъ **микрометромъ**, или при помощи **катетометра**.

Изучая ростъ растеній при однихъ и тѣхъ же внѣшнихъ условіяхъ, мы увидимъ прежде всего, что ростъ цѣлаго растенія или отдѣльныхъ его органовъ, даже отдѣльной клѣтки идетъ неравномѣрно. Растеніе или отдѣльный органъ его сначала растетъ медленно, затѣмъ ростъ его постепенно ускоряется, достигаетъ максимума и затѣмъ постепенно замедляется. Это явленіе называется **большимъ періодомъ роста** и составляетъ основную особенность всякаго роста. Нанеся, какъ было указано раньше, черточки на кончикѣ корня любого проростка, мы можемъ прослѣдить это замѣчательное явленіе и изобразить его графически въ видѣ кривой (см. рис. 514), причемъ на горизонтальной оси координатъ наносится время, а на вертикальной оси величина прироста въ данную единицу времени. Такая кривая называется **большой кривой роста** и весьма различна у разныхъ растеній и у разныхъ органовъ одного и того же растенія, но общій характеръ ея одинъ и тотъ же, т. е., кривая эта имѣетъ, въ общемъ, форму дуги, причемъ сначала она возрастаетъ кверху, достигаетъ своего максимума и затѣмъ б. и. м. полого падаетъ внизъ. Слѣдующія цифровыя данныя поясняютъ на примѣрахъ большой періодъ роста. Измѣрялось удлиненіе одного междоузлія фасоли, при однихъ и тѣхъ же внѣшнихъ условіяхъ:

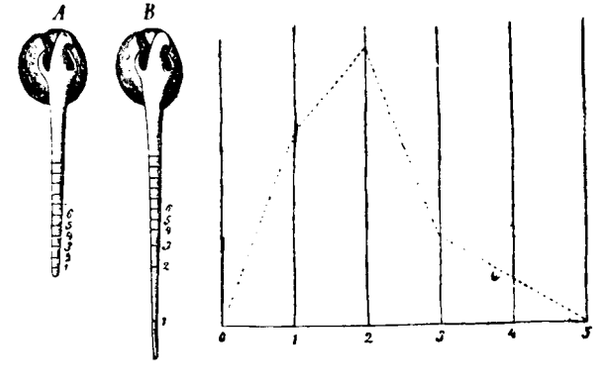


Рис. 514. Распредѣленіе роста въ корнѣ гороха. Кривая справа изображаетъ относительный ростъ разныхъ участковъ корня; такъ называемая большая кривая роста.

Приростъ въ		1-й	день былъ		1,2	миллим.
„	„	2	„	„	1,5	„
„	„	3	„	„	2,5	„
„	„	4	„	„	5,5	„

Приростъ	въ	5-й	день	былъ	7,0	миллим.
„	„	6	„	„	9,0	„
„	„	7	„	„	**14,0**	„
„	„	8	„	„	10,0	„
„	„	9	„	„	7,0	„
„	„	10	„	„	2,0	„

На кончикѣ корня бобовъ (*Vicia Faba*) нанесено было 10 черточекъ, отстоящихъ одна отъ другой на разстояніи 1 миллим. Черезъ 24 часа

участокъ	10-й	удлинился	на	0,1	миллим.
„	9	„	„	0,2	„
„	8	„	„	0,3	„
„	7	„	„	0,5	„
„	6	„	„	1,3	„
„	5	„	„	1,6	„
„	4	„	„	3,5	„
„	3	„	„	**8,2**	„
„	2	„	„	5,8	„
„	1	„	„	1,5	„

Вообще, у корня, какъ сказано было уже раньше, растущій участокъ не великъ, а сильнѣе всего корень растетъ не у самаго кончика, а въ нѣкоторомъ отъ него разстояніи. Въ стеблѣ растущій участокъ обыкновенно гораздо значительнѣе, и большая кривая роста стебля болѣе отлогая, чѣмъ корня: она не такъ круто поднимается и опускается гораздо положе. Но въ стеблѣ, кромѣ **верхушечнаго роста**, нерѣдко наблюдается еще **вставочный** или такъ называемый **интеркалярный ростъ**, который состоитъ въ томъ, что въ каждомъ междоузліи стебля, независимо отъ его возраста, наблюдается поясъ ткани, совершенно аналогичный первичной меристемѣ и продолжающій медленно расти даже тогда, когда, въ общемъ, ростъ даннаго участка стебля уже закончился. Обыкновенно такой интеркалярно растущій участокъ находится у основанія каждаго междоузлія, рѣже при его вершинѣ. Особенно хорошо вставочный ростъ стебля наблюдается у злаковъ, у которыхъ растущая часть междоузлія находится при его основаніи и скрыта въ листовомъ влагалищѣ. Листья также растутъ собственно интеркалярно, такъ какъ зона

роста листа находится не на вершинѣ его, а у основанія листовой пластинки. У папоротниковъ листья однако растутъ верхушкой. Нѣкоторыя цвѣточныя стрѣлки растутъ очень быстро. Такъ, у одуванчика (*Taraxacum*) цвѣточная стрѣлка вытягивается въ нѣсколько всего часовъ; объясняется это внезапнымъ вытягиваніемъ массы уже готовыхъ мелкихъ клѣтокъ, сразу напитывающихся большимъ количествомъ воды, отчего сильно растягиваются клѣточныя оболочки этихъ первоначально мелкихъ клѣтокъ.

Кромѣ большой кривой роста, мы можемъ установить **суточную кривую роста** или **суточную періодичность роста.** Корни и цвѣты растеній растутъ совершенно одинаково на свѣтѣ и въ темнотѣ, и днемъ, и ночью, если только остальныя внѣшнія условія сохраняются тѣ же (напримѣръ, температура, влажность и проч.). Но стебли и листья, т. е. органы, заключающіе въ себѣ хлорофиллъ, растутъ совершенно иначе ночью, чѣмъ днемъ. А именно, ночью ростъ ихъ сильнѣе, чѣмъ днемъ, несмотря даже на пониженную ночную температуру. Минимумъ роста у зеленыхъ растеній оказывается обыкновенно при этомъ подъ вечеръ, а максимумъ подъ утро или утромъ. Это явленіе тоже можно изобразить графически, и кривая, показывающая измѣненіе въ напряженіи роста въ теченіе однѣхъ сутокъ, называется **малой кривой роста** или **суточной кривой.** Суточная кривая зависитъ отъ смѣны дня и ночи, т. е. отъ измѣненія **въ освѣщеніи**; но если растеніе перенести въ темноту, то все же, въ силу физіологической инерціи, ростъ его нѣсколько дней будетъ происходить по прежнему волнами, съ усиленіемъ роста подъ утро и уменьшеніемъ его подъ вечеръ: точно растеніе и въ темнотѣ продолжаетъ чувствовать смѣну дня и ночи, измѣненія, происходящія на дворѣ въ освѣщеніи. Явленіе это того же порядка, что и суточныя колебанія въ весеннемъ плачѣ деревьевъ, несомнѣнно зависящія отъ смѣны дня и ночи, но продолжающіяся и въ темнотѣ. Нѣкоторыя растенія, напримѣръ, обыкновенный лукъ, однако совершенно не обнаруживаютъ суточной кривой роста.

Въ темнотѣ, какъ вы, конечно, хорошо помните, развиваются такъ называемые этіолированные ростки. Они отличаются отъ нормальныхъ отсутствіемъ хлорофилла и совершенно инымъ ростомъ органовъ, а именно, стебли этіолиро-

ванныхъ ростковъ непомѣрно удлиняются и отличаются бо́льшей нѣжностью тканей, вслѣдствіе слабаго развитія механическихъ элементовъ, листья же почти не развиваются, растутъ очень плохо. Въ этомъ сказывается вліяніе отсутствія свѣта на нормальный ростъ различныхъ органовъ растенія. Можно было бы думать, что причина такого ненормальнаго роста растенія въ отсутствіи свѣта заключается въ отсутствіи или неправильномъ питаніи этіолированныхъ ростковъ. Но такое предположеніе не правильно, ибо, во-первыхъ, этіолированные проростки сѣмянъ получаютъ вполнѣ достаточно пищи, равно и этіолированные ростки, вырастающіе, напримѣръ, изъ картофельныхъ клубней, и, во-вторыхъ, можно вырастить и этіолированные ростки совершенно нормальной формы, если ихъ періодически ненадолго подвергать освѣщенію. Если выращивать, напримѣръ, фасоль въ темнотѣ, но ежедневно выносить ростки на короткое время, не болѣе, какъ на часъ, на свѣтъ, то такіе проростки развиваютъ пару совершенно нормальныхъ по величинѣ и формѣ листьевъ, но все же желтыхъ, а не зеленыхъ. Кратковременное ежедневное освѣщеніе ростковъ фасоли вполнѣ достаточно, чтобы ростъ органовъ шелъ и далѣе въ темнотѣ нормально, но совершенно недостаточно для развитія въ нихъ хлорофилла. Значитъ, ненормальный ростъ этіолированныхъ проростковъ зависитъ не отъ недостатка или неправильности питанія, и не отъ отсутствія хлорофилла, а единственно отъ отсутствія хотя бы кратковременнаго освѣщенія. Такимъ образомъ свѣтъ и смѣна свѣта темнотой имѣютъ большое вліяніе на ростъ растенія. Вотъ почему, между прочимъ, въ полярныхъ странахъ растенія маленькаго роста. Мы знаемъ, что стебли и листья растутъ скорѣе всего ночью, а днемъ ростъ ихъ замедляется. Въ полярныхъ же странахъ лѣтомъ ночи короткія и свѣтлыя, а потому растенія растутъ тамъ медленно. Конечно, другія причины также обусловливаютъ медленный ростъ полярныхъ растеній, и прежде всего низкая температура, но и вліяніе освѣщенія имѣетъ тутъ нѣкоторое значеніе.

Вліяніе **температуры** на ростъ растеній сказывается слѣдующимъ образомъ. По мѣрѣ увеличенія температуры, до извѣстной **оптимальной температуры**, приблизительно до 26—33°, ростъ растеній ускоряется. Но дальнѣйшее повышеніе температуры замедляетъ ростъ растеній. Минимумъ, оптимумъ и максимумъ роста растеній различны для разныхъ растеній, но, въ общемъ, у всѣхъ растеній кривая зависимости роста отъ температуры двусторонняя, тогда какъ кривая зависимости дыханія отъ температуры, какъ вы помните, односторонняя. Энергія дыханія возрастаетъ почти пропорціонально температурѣ, почти вплоть до предѣльной точки роста растенія. **Температурный оптимумъ роста** можно назвать еще **температурою наибыстрѣйшаго роста** растенія, ибо трудно судить, выгодно ли растенію расти наибыстрѣйшимъ образомъ или нѣтъ.

Зависимость энергіи дыханія растенія отъ температуры можно видѣть изъ слѣдующей таблицы.

5 проростковъ *Tropaeolum majus* дали слѣдующія числа:

при 22,4° Ц. они поглотили 0,60 куб. сант. кислорода въ часъ
„ 27,0 „ „ „ 0,77 „ „ „ „ „
„ 30,0 „ „ „ 0,77 „ „ „ „ „
„ 30,5 „ „ „ 0,76 „ „ „ „ „
„ 35,0 „ „ „ 1,04 „ „ „ „ „
„ 38,2 „ „ „ 0,91 „ „ „ „ „

т. е. количество поглощеннаго кислорода почти прямо пропорціонально возвышенію температуры. Тогда какъ зависимость роста отъ температуры можетъ быть выражена слѣдующими числовыми данными (показывающими приростъ трехъ растеній за 48 часовъ при различныхъ температурахъ):

Температура въ ° Ц.	*Lupinus albus* mm.	*Pisum sativum* mm.	*Triticum vulgare* mm.
14,4	9,1	5,0	4,5
17,0	11,0	5,3	6,9
21,4	25,0	25,5	41,8
24,5	31,0	30,0	59,1
25,1	40,0	27,8	59,2
26,6	**54,1**	**53,9**	86,0
28,5	50,1	40,4	73,4
30,2	43,8	38,5	**104,9**
31,1	43,3	38,9	91,4
33,6	12,9	8,0	40,3
36,5	12,6	8,7	5,4

Т. е., кривая зависимости роста отъ температуры двусторонняя, причемъ optimum роста или температура наибыстрѣйшаго роста для первыхъ двухъ растеній будетъ 26,6, для третьяго — 30,2.

Ростъ растеній зависитъ также и отъ другихъ внѣшнихъ условій, а именно, отъ присутствія кислорода въ воздухѣ, отъ влажности, обилія питательныхъ веществъ и проч.

Присутствіе **кислорода** безусловно необходимо для роста, и ростъ моментально прекращается, если лишить растеніе кислорода, хотя жизнь растенія не тотчасъ же прекращается съ удаленіемъ кислорода, и растеніе и въ безкислородной средѣ продолжаетъ выдѣлять углекислоту, не поглощая кислорода (интрамолекулярное дыханіе).

Влажность и **питательность почвы** оказываютъ огромное вліяніе на ростъ растеній. Въ почвѣ безплодной и сухой многія растенія вырастаютъ, достигаютъ періода плодоношенія, цвѣтутъ, приносятъ плоды и сѣмена. Но при этомъ растенія вырастаютъ такими карликами, что иногда трудно бываетъ по первому взгляду опредѣлить, что это то же самое растеніе, которое въ видѣ крупныхъ экземпляровъ растетъ на богатой влагой и питательными веществами почвѣ.

Вообще, вліяніе внѣшнихъ условій на ростъ и форму растенія огромно. Бонье пробовалъ высѣвать сѣмена, полученныя отъ одного и того же растенія, одни — высоко въ горахъ, другія — въ долинѣ, и разница получилась поразительная. Высоко въ горахъ условія температуры, освѣщенія, влажности и пр. совершенно иныя, чѣмъ въ долинахъ. И вотъ, одно и то же растеніе высоко въ горахъ вырастало приземистымъ, прижатымъ къ землѣ, съ розетками прикорневыхъ листьевъ, тогда какъ въ долинахъ оно вытягивалось въ стебель, росло высоко, листья распредѣлялись равномѣрно по всему стеблю. Даже въ окраскѣ цвѣтовъ, въ анатомическомъ строеніи листьевъ, т. е., иначе говоря, въ ростѣ клѣтокъ листовыхъ тканей, и въ различныхъ другихъ чертахъ строенія растеній сказывалась огромная разница между растеніями, растущими высоко въ горахъ, и тѣми же растеніями, выращенными въ долинѣ.

Впрочемъ, вліяніе внѣшнихъ условій на ростъ растеній долженъ быть извѣстенъ каждому изъ обыденной жизни. И искусство культивировать растенія прежде всего заключается

именно въ томъ, чтобы каждому растенію создать наилучшія условія для его нормальнаго роста и развитія. У небрежнаго и нерадиваго садовника растенія всегда будутъ расти плохо, вытягивать стебли, плохо развивать листву или не пышно вѣтвиться и давать мелкіе цвѣты и плоды, какія бы хорошія сѣмена ему ни давать. Но садовникъ, знающій и любящій свое дѣло, обставитъ каждое свое растеніе наилучшимъ образомъ, обезпечитъ ему наилучшій прежде всего ростъ, а для этого растенію нужны хорошее питаніе, свѣтъ и подходящая температура. Такой садовникъ будетъ вознагражденъ за труды свои и заботы отличнымъ видомъ растеній, ихъ хорошимъ ростомъ, обильнымъ цвѣтеніемъ и плодоношеніемъ.

Часть шестая.

Періодъ плодоношенія растеній.

Лекція сорокъ четвертая.

Размноженіе низшихъ растеній. Амёбоидныя, водоросли и бактеріи.

Самые простѣйшіе растительные организмы на земномъ шарѣ — это такъ называемыя **амёбоидныя (Amoeboideae)**. Они стоятъ на рубежѣ между растительнымъ и животнымъ царствомъ, ведутъ сапрофитный образъ жизни и лишены хлорофилла. Сюда относятся голыя одноклѣтныя протамёбы (см. рис. 515), амёбы (см. рис. 92) и вампиреллы и сливающіеся между собою въ пласмодіи миксомицеты (см. рис. 94, 95). Размножаются организмы эти путемъ простого дѣленія (см. рис. 93), образуя при этомъ амёбоиды. Полового акта у этихъ простѣйшихъ растительныхъ организмовъ совершенно нѣтъ.



Рис. 515. Протамёба, голый ползающій протопластъ: *Ps* — псевдоподіи или ложноножки.



Рис. 516. Одноклѣточная водоросль *Pleurococcus vulgaris*; послѣдовательныя дѣленія клѣтки.

Болѣе совершенно построены **оогоніатныя** растенія **(Oogoniatae)**, куда относятся водоросли, грибы и лишаи. Простѣйшія **водоросли** — организмы одноклѣтные (см. рис. 516), размножающіеся путемъ простого дѣленія. Затѣмъ среди простѣйшихъ водорослей мы видимъ формы колоніальныя, какъ, напримѣръ, *Pandorina* (см. рис. 517, *3*), *Gonium* (см. рис. 517, *1—2*), *Volvox* (см. рис. 90, 216) и мн. др. Колоніи такихъ водорослей состоятъ б. ч. изъ одинаковыхъ клѣтокъ, причемъ каждая клѣтка несетъ всѣ функціи, свой-

ственныя данному организму. Размножаются колоніальныя формы эти двояко — безполымъ путемъ и половымъ. При безполомъ размноженіи содержимое каждой клѣтки колоніи или у болѣе совершенныхъ типовъ (наприм., у *Volvox*'а) содержимое нѣкоторыхъ клѣтокъ повторно дѣлится; затѣмъ получившіеся такимъ дѣленіемъ протопласты окружаются оболочками, складываются въ материнской клѣткѣ въ новую маленькую колонію и, прорвавъ оболочку образовавшей ее клѣтки, выходятъ наружу въ видѣ готовой, но очень малыхъ размѣровъ колоніи, которая питается, растетъ

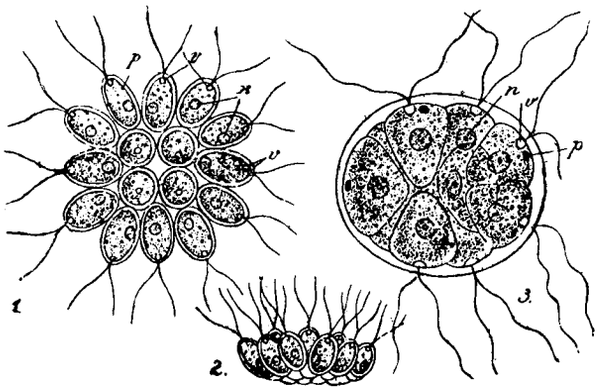


Рис. 517. Пластинчатая колоніальная водоросль *Gonium pectorale: 1* — сверху, *2* — сбоку; *3* — шаровидная, состоящая изъ 16-ти клѣтокъ колоніальная водоросль *Pandorina morum*.

и достигаетъ снова величины материнской колоніи. При наступленіи неблагопріятныхъ условій существованія колоніальныя формы приступаютъ къ половому размноженію, причемъ у однѣхъ изъ нихъ образуются равнозначущія попарно сливающіяся гаметы, и половой актъ стоитъ у нихъ на низшей ступени развитія, на изогаміи. У болѣе совершенныхъ же типовъ мы видимъ ясно выраженную оогамію, причемъ однѣ клѣтки колоніи обращаются въ женскіе половые органы — оогоніи, съ однимъ яйцомъ въ каждомъ оогоніи, другія же клѣтки обращаются въ спермогоніи, въ которыхъ образуется обыкновенно много сперматозоидовъ или живчиковъ (см. рис. 216).

Такимъ же образомъ размножается большинство другихъ водорослей, только безполый способъ ихъ размноженія состоитъ въ образованіи безполыхъ зоогонидій, голыхъ протопластовъ, которые, проплававъ нѣкоторое время въ водѣ, осѣдаютъ, втягиваютъ рѣснички и окружаются оболочкой, послѣ чего начинаютъ вырастать въ новую водоросль. Размноженіе безполыми зоогонидіями является наиболѣе обычной формой размноженія большинства водорослей, и онѣ могутъ такимъ безполымъ путемъ размножаться изъ поколѣнія въ поколѣніе. Половой актъ у водорослей въ большинствѣ случаевъ есть стадія приспособленія въ ихъ жизни. Къ половому акту водоросли прибѣгаютъ б. ч. при наступленіи неблагопріятныхъ условій существованія, причемъ у болѣе низко развитыхъ водорослей мы видимъ явленіе изогаміи, а у болѣе высоко стоящихъ въ системѣ водорослей имѣется ясно выраженная оогамія. Переходъ отъ изогаміи къ оогаміи здѣсь самый постепенный. Результатомъ изогаміи является покоющаяся изоспора, результатомъ оогаміи — ооспора.

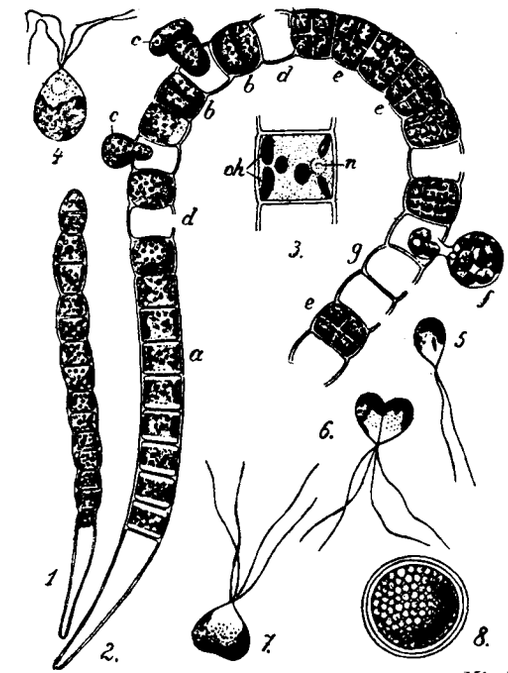


Рис. 518. Нитчатая водоросль — *Ulothrix zonata: 1* — молодая нить; *2* — болѣе старая нить съ зооспорами и гаметами, *a* — вегетативныя клѣтки, *b* — начинающееся образованіе зооспоръ, *c* — выходъ зооспоръ, *d, g* — опорожненныя клѣтки, *e* — образованіе гаметъ, *f* — выходъ гаметъ; *3* — вегетативная клѣтка, *n* — ядро, *ch* — хлорофильныя зерна; *4* — зооспора; *5* — гамета; *6* и *7* — копуляція гаметъ; *8* — зигота.

Разсмотримъ нѣсколько конкретныхъ примѣровъ, поясняющихъ намъ способы размноженія водорослей и циклъ ихъ развитія. На рис. 518 изображена довольно простая еще водоросль, называемая *Ulotrix zonata*. Это нитчатая неразвѣтвленная водоросль, состоящая изъ одного ряда

живыхъ клѣтокъ съ крупными зелеными хроматофорами, въ видѣ пояска, посединѣ каждой клѣтки. Всѣ клѣтки б. и. м. равнозначущи; лишь нижняя клѣтка вытягивается сильнѣе и представляетъ какъ бы корневую клѣтку, при помощи которой нитчатая водоросль эта прикрѣпляется къ подводнымъ предметамъ. Въ нижней части водоросли мы видимъ вегетативныя клѣтки (*a*), которыя главнымъ образомъ заняты процессомъ ассимиляціи углекислоты и синтезомъ крахмала. Въ клѣткѣ *b* плазматическое содержимое, отставъ отъ стѣнки ея, повторно дѣлится на нѣсколько голыхъ протопластовъ, которые въ концѣ концовъ выходятъ изъ материнской клѣтки въ видѣ безполыхъ зоогонидій или зооспоръ (*c*). Клѣтки *d* уже опорожнились и лишены живого содержимаго, пошедшаго на образованіе такихъ зоогонидій. Зоогонидіи этой водоросли — крупные голые протопласты съ четырьмя жгутиками на переднемъ концѣ (фиг. 4). Зоогонидія, проплававъ въ водѣ, осѣдаетъ, втягиваетъ рѣснички, высачиваетъ оболочку и прорастаетъ въ новую нитчатую водоросль. При половомъ размноженіи содержимое клѣтокъ водоросли этой повторно дѣлится на бо̀льшее количество голыхъ протопластовъ (*e*), которые, окруженные слизистымъ мѣшкомъ, выходятъ изъ произведшихъ ихъ клѣтокъ (*f*), расходятся и плывутъ въ разныя стороны. Это половыя гаметы (фиг. 5). Половыя гаметы значительно

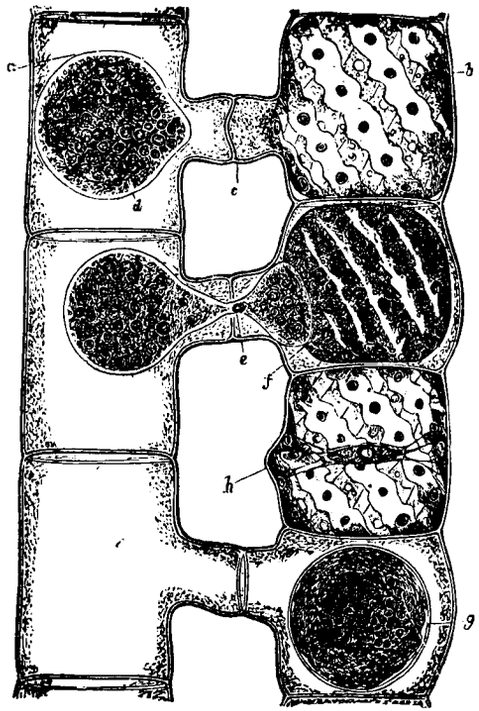


Рис. 519. Двѣ копулирующія нити нитчатой водоросли спирогиры (*Spirogyra*); клѣтки каждой нити одинаковой величины и формы, равнозначущи между собою.

мельче зооспоръ, снабжены двумя лишь жгутиками и попарно сливаются другъ съ другомъ (фиг. 6, 7); въ результатѣ такого изогамическаго полового акта получается покоющаяся изоспора или зигота (фиг. 8), одѣтая толстой оболочкой, содержащая большой запасъ питательныхъ веществъ и перезимовывающая. Весною изъ нея въ концѣ концовъ образуется новая нитчатка — *Ulothrix zonata*.

Водоросль *Spirogyra* — одна изъ обычнѣйшихъ нитчатыхъ водорослей нашихъ прудовъ и озеръ. Она состоитъ изъ ряда совершенно равнозначущихъ клѣтокъ, образующихъ однорядныя свободно плавающія въ водѣ нити, то, что обыкновенно называется тиной. Каждая клѣтка этой водоросли (см. рис. 519) имѣетъ постѣнную цитоплазму, съ лентовидными, спирально завитыми хлоропластами, и веретенообразное ядро, подвѣшенное по срединѣ клѣтки на цитоплазматическихъ нитяхъ. Всѣ клѣтки въ теченіе жизни этой водоросли исполняютъ однѣ и тѣже функціи, и каждая клѣтка можетъ раздѣлиться пополамъ, причемъ дѣленію клѣтки предшествуетъ дѣленіе ея ядра. Такимъ образомъ ниточка спирогиры разрастается въ длину, а разрываясь въ любомъ мѣстѣ на части, она образуетъ новыя самостоятельныя нити этой водоросли. Зоогонидій спирогира никогда не производитъ и, слѣдовательно, и растетъ, и размножается путемъ простого дѣленія своихъ клѣтокъ. Въ этомъ отношеніи спирогира даже проще устроена, чѣмъ *Ulothrix*. Подъ осень спирогира приступаетъ къ половому процессу. Двѣ ниточки сближаются попарно другъ съ другомъ, и въ стѣнкахъ клѣтокъ ихъ образуются выпуклины или выросты. Выросты эти растутъ навстрѣчу другъ къ другу, сталкиваются свободными концами попарно и образуютъ такъ называемый копуляціонный каналъ (*c*). Поперечная перегородка такого копуляціоннаго канала резорбируется посрединѣ, и тогда содержимое одной клѣтки черезъ копуляціонный каналъ переливается въ другую клѣтку (*e*) и сливается съ ея содержимымъ. Слившаяся плазматическая масса сгущается, отстаетъ отъ клѣточной стѣнки и высачиваетъ на поверхности своей оболочку. Получается изоспора или зигота. Подвижныхъ гаметъ, какъ у *Ulothrix*'а, у *Spirogyr*'ы не образуется, точно такъ же, какъ никогда не образуются у спирогиры безполыя зоогонидіи. Но продуктъ копуляціи

содержимаго двухъ сосѣднихъ клѣтокъ можно назвать изоспорой или зиготой потому, что оба сливающіеся протопласта совершенно одинаковой величины, формы и т. д. Несмотря, однако, на полную тождественность сливающихся въ половомъ актѣ голыхъ протопластовъ, одинъ изъ нихъ можно считать мужскимъ протопластомъ (это тотъ, который переливается черезъ копуляціонный каналъ въ сосѣднюю клѣтку), другой же, остающійся на мѣстѣ и воспринимающій мужской протопластъ, будетъ женскимъ протопластомъ. Такимъ образомъ, несмотря на изогамію, мы можемъ у этой водоросли различать мужскія половыя клѣтки отъ женскихъ, и въ этомъ отношеніи спирогира стоитъ выше улотрикса по своему развитію: у нея имѣется первый намекъ на раздѣленіе половъ.

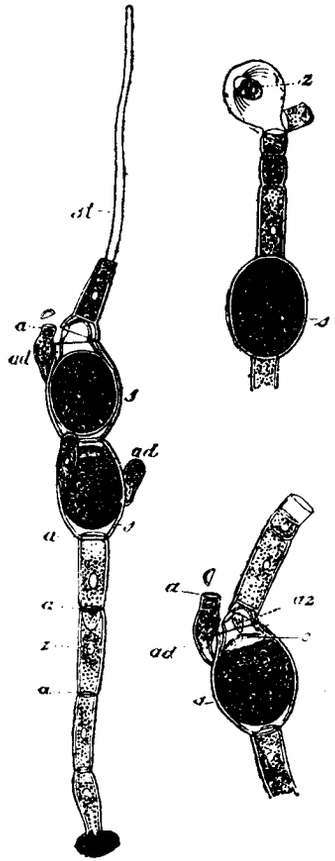


Рис. 520. Оплодотвореніе нитчатой водоросли эдогонія *(Oedogonium)*: *a* — клѣточныя поперечныя перегородки, *s* — оогоній съ яйцомъ или оосферой, *c* — воспринимающее пятно оосферы, *z* — живчикъ или антерозоидъ, *ad* — карликовое добавочное мужское растеньице, *az* — вторичный живчикъ, *st* — щетинка или seta.

Эдогоній *(Oedogonium)* тоже зеленая нитчатая водоросль, но между клѣтками ея замѣчается раздѣленіе физіологическаго труда (см. рис. 520). Нижняя клѣтка — это корневая клѣтка или гаусторія, при помощи которой водоросль прикрѣпляется къ субстрату. Далѣе идутъ вегетативныя клѣтки *(a, a)*, съ цитоплазмой, ядромъ *(z)* и хлорофильными зернами. Ихъ назначеніе — питаніе организма. Самая верхняя клѣтка водоросли вытянута въ длинный безцвѣтный какъ бы волосокъ. Роль этой клѣтки — роль защитнаго органа отъ нападенія животныхъ. Среднія клѣтки ниточки служатъ для размноженія. Лѣтомъ

каждая такая клѣтка выпускаетъ свое плазматическое содержимое наружу, въ видѣ голой зоогонидіи, снабженной вѣнцомъ рѣсничекъ на переднемъ безцвѣтномъ своемъ концѣ. При помощи рѣсничекъ зоогонидія плаваетъ въ водѣ, затѣмъ осѣдаетъ, втягиваетъ рѣснички, высачиваетъ оболочку и прорастаетъ въ новую нитчатую водоросль, растущую поперечнымъ дѣленіемъ клѣтокъ, образующихъ эту водоросль. Такимъ безполымъ путемъ *Oedogonium* можетъ размножаться въ теченіе всего лѣта и дать цѣлый рядъ поколѣній. Подъ осень, при наступленіи неблагопріятныхъ условій существованія, *Oedogonium* образуетъ половые органы; двѣ-три среднихъ его клѣтки сильно разрастаются и вздуваются на подобіе боченковъ. Плазматическое ихъ содержимое наполняется капельками масла и другими питательными веществами, сгущается и отстаетъ отъ стѣнки клѣтки. Это будетъ яйцо или оосфера эдогонія, т. е. женская половая клѣтка; а клѣтка, ее произведшая, называется оогоніемъ или женскимъ половымъ органомъ. Недалеко отъ оогоніевъ въ верхней части ниточки клѣтки ея начинаютъ усиленно дѣлиться поперечными перегородками и образуютъ мужскіе половые органы или спермогоніи (см. рис. 521). Въ каждой таблитчатой клѣткѣ спермогонія образуется по два сперматозоида. Сперматозоиды эти похожи на безполыя зоогонидіи данной водоросли, но гораздо мельче ихъ (см. рис. 520, *z* и рис. 521, *z*). Сперматозоиды плаваютъ по выходѣ изъ спермогоніевъ въ водѣ, отыскиваютъ ооґоніи и, проникая въ нихъ, производятъ оплодотвореніе яйца; это послѣднее окружается твердой двойной оболочкой и переходитъ въ покоющееся состояніе. Получается ооспора (см. рис. 522, *C*). Иногда у эдогонія актъ оплодотворенія усложняется добавочными

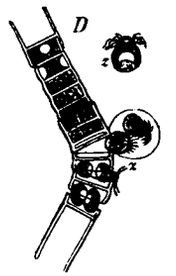


Рис. 521. Спермогоніи водоросли *Oedogonium* съ выходящими изъ нихъ живчиками или сперматозоидами *(z)*.

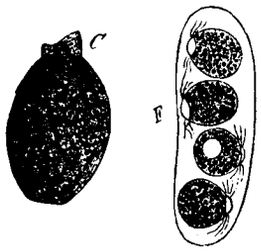


Рис. 522. *C* — ооспора водоросли *Oedogonium*; *F* — четыре безполыхъ зоогонидіи, образовавшіяся путемъ четвертованія при прорастаніи ооспоры.

явленіями, а именно, сперматозоиды не прямо оплодотворяютъ яйцо или оосферу оогонія, а поплававъ около оогонія, осѣдаютъ на немъ или около него и прорастаютъ въ маленькое растеньице, состоящее изъ 3—4 клѣточекъ и названное Прингсгеймомъ, открывшимъ это явленіе, „Zwergmänchen“ — карликовое мужское растеньице, мущинка (см. рис. 520, *ad*). Мущинка эта производитъ одинъ или два вторичныхъ сперматозоида (*az*), которые и оплодотворяютъ яйцо оогонія. Ооспора эдогонія, пролежавъ на днѣ водоема всю зиму и перенеся неблагопріятныя условія существованія, весною прорастаетъ. При этомъ содержимое ооспоры путемъ повторнаго дѣленія или, иначе говоря, четвертованія образуетъ четыре голыхъ крупныхъ безполыхъ зоогонидіи (см. рис. 522, *F*).



Рис. 523. Прорастающая безполая зоогонидія водоросли *Oedogonium*.

Эти зоогонидіи, окруженныя слизистымъ мѣшкомъ, выходятъ изъ оболочки ооспоры, предварительно резорбировавъ ее въ какомъ-либо мѣстѣ, разбѣгаются въ разныя стороны, плаваютъ въ водѣ, черезъ нѣсколько времени осѣдаютъ, втягиваютъ рѣснички, высачиваютъ тонкую обѣлочку и прорастаютъ въ новую ниточку *Oedogonium*'а (см. рис. 523).

Водоросль *Oedogonium*, какъ вы видите, гораздо сложнѣе, чѣмъ предыдущія разсмотрѣнныя нами водоросли. Хотя это тоже нитчатая однорядная форма, но клѣтки ниточки различны, и среди нихъ замѣчается раздѣленіе физіологическаго труда. Далѣе, у эдогонія мы видимъ хорошо развитой половой актъ, съ яснымъ обособленіемъ половыхъ органовъ и половыхъ продуктовъ. Оогамія здѣсь выражена вполнѣ типично. Но что особенно важно — это то, что у эдогонія мы имѣемъ какъ бы первые намеки на **чередованіе поколѣній**, ибо изъ оплодотворенной ооспоры не прямо вырастаетъ растеніе, произведшее данную ооспору, а путемъ **четвертованія** сначала образуются безполыя зоогонидіи, а эти, въ свою очередь, уже вырастаютъ въ ниточку эдогонія, которая однако въ теченіе цѣлаго ряда дальнѣйшихъ поколѣній можетъ размножаться безполыми зоогонидіями и только при наступленіи неблагопріятныхъ условій существованія снова образуетъ половые органы и въ концѣ концовъ ооспору.

Водоросли — б. ч. водные организмы, имѣющіе хлоропласты, вырабатывающіе явный или скрытый хлорофиллъ. Онѣ способны, слѣдовательно, къ фотосинтезу и ассимиляціи углерода, ведутъ самостоятельный образъ жизни въ прѣсной или морской водѣ и б. ч. размножаются безполыми зоогонидіями или, при нуждѣ, приступаютъ къ половому акту, изогамическому на низшихъ ступеняхъ развитія, оогамическому — у болѣе развитыхъ и высоко организованныхъ водорослей. Настоящаго чередованія поколѣній у водорослей, однако, нѣтъ.

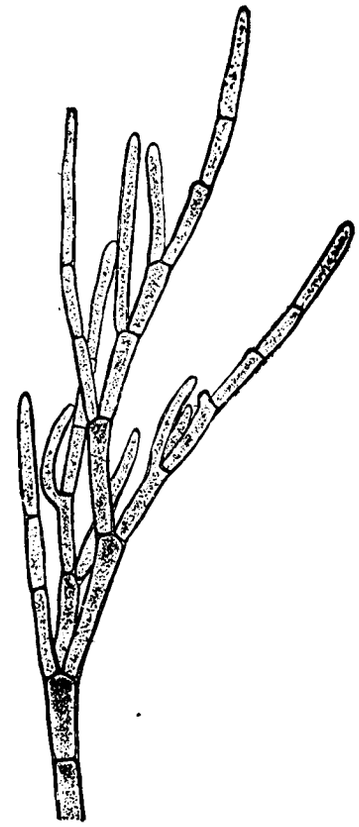


Рис. 524. Вѣтвящаяся зеленая нитчатая водоросль *Cladophora glomerata*, состоящая изъ ряда клѣтокъ; увелич. въ 48 разъ.

Вегетативное тѣло водорослей построено различно: есть, какъ мы только что видѣли, водоросли одноклѣтныя, есть колоніальныя формы, есть типы многоклѣтные, нитчатые, простые и вѣтвистые (см. рис. 524). Встрѣчаются многоклѣтныя пластинчатыя формы, однослойныя и многослойныя. Тѣло водорослей составлено гл. образомъ изъ паренхиматическихъ клѣтокъ; ни сосудовъ, ни волоконъ, ни ситовидныхъ трубокъ у водорослей нѣтъ. Только у самыхъ высокоразвитыхъ водорослей, напримѣръ, у нѣкоторыхъ бурыхъ морскихъ водорослей, живущихъ въ холодныхъ моряхъ и океанахъ и достигающихъ иногда огромной величины, имѣется зачаточная проводящая ткань, не настоящіе сосудисто-волокнистые пучки, а лишь проводящая ткань изъ болѣе длинныхъ клѣтокъ съ зачатками ситовидныхъ пластинокъ. Съ внѣшней стороны тѣло водорослей не расчленено на корень, стебель и листъ даже у самыхъ совершенныхъ и крупныхъ водорослей. Тѣло водо-

рослей либо одноклѣтное, либо нитчатое, либо представляетъ б. и. м. расчлененное слоевище, иногда съ подобіемъ какъ бы стеблевыхъ, корневыхъ и листовыхъ органовъ (см. рис. 526), но безъ настоящаго морфологическаго раздѣленія на эти именно органы. На рис. 525 изображена крохотная водоросль (фиг. *1* — въ естественную величину), водящаяся на сырой глинистой почвѣ и называемая *Botrydium granulatum*. Въ увеличенномъ видѣ *Botrydium* имѣетъ грушевидное зеленое тѣло съ безцвѣтными дихотомически вѣтвящимися какъ бы ко-

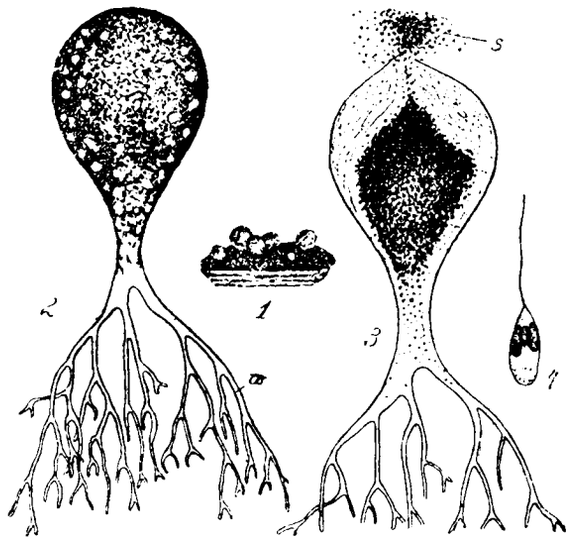


Рис. 525. Водоросль — *Botrydium granulatum*: *1* — въ естественную величину; *2* — отдѣльная водоросль, увелич. въ 30 разъ: *w* — ризоиды; *3* — выхожденіе зооспоръ; *4* — зооспора.

решками или ризоидами, которыми водоросль эта прикрѣпляется къ глинистой почвѣ. Все содержимое этого грушевиднаго пузырька заполнено цитоплазмой съ большимъ количествомъ хлорофильныхъ зеренъ и многими ядрами, но безъ внутреннихъ поперечныхъ перегородокъ. Принято считать, что *Botrydium* — одноклѣтная, многоядерная, но морфологически довольно сильно расчлененная форма. Я рѣшительнымъ образомъ протестую противъ наименованія *Botrydium*'а формой одноклѣтной. Такое представленіе объ этой водоросли идетъ еще съ того времени, когда главной составной частью клѣтки считалась клѣ-

точная перегородка. Въ настоящее время подъ растительной клѣткой мы подразумѣваемъ протопластъ, съ ядромъ внутри, б. ч. съ пластидами и съ оболочкой или безъ оболочки. Многоядерныхъ клѣтокъ, по моему мнѣнію, нѣтъ и не можетъ быть. И потому *Botrydium* не одна многоядерная сильно расчлененная клѣтка, а сумма многихъ голыхъ одноядерныхъ клѣтокъ (въ родѣ, какъ и у пласмодіевъ миксомицетовъ), но одѣтыхъ снаружи одной общей оболочкой. *Botrydium* размно-

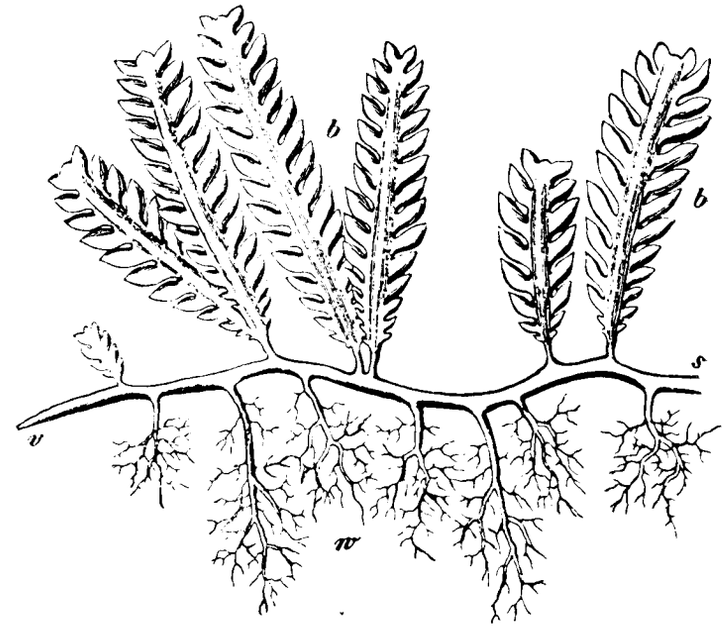


Рис. 526. Морская водоросль — *Caulerpa*, въ естественную величину: *v* — точка роста, *s* — часть стеблевидная, *b*, *b* — листовидныя части, *w* — корневидныя части или ризоиды.

жается безполыми однорѣсничатыми зооспорами (см. фиг. *3*, *4*), а при наступленіи неблагопріятныхъ условій существованія приступаетъ къ половому акту, который у *Botrydium*'а на стадіи изогаміи.

Въ теплыхъ южныхъ моряхъ водится зеленая водоросль, достигающая нѣсколькихъ метровъ длины и имѣющая сильно расчлененное слоевище. Водоросль эта называется *Caulerpa* (см. рис. 526). Слоевище ея состоитъ изъ толстой ползучей, растущей на концѣ (*v*) стеблеобразной оси (*s*), отъ которой на опредѣленныхъ мѣстахъ отходятъ внизъ сильно развѣт-

вленные безцвѣтные какъ бы корни (*w*), ризоиды, внѣдряющіеся въ дно морей, а кверху зеленыя, у различныхъ видовъ различно устроенныя лопасти слоевища, какъ бы листья (*b*). „При всемъ томъ, говорится обыкновенно въ учебникахъ, растеніе это состоитъ только изъ одной большой клѣтки.“ Это положительно не вѣрно. Правда, въ тѣлѣ *Caulerpa* внутри нѣтъ клѣточныхъ сплошныхъ перегородокъ, нѣтъ типичнаго паренхимнаго многоклѣтнаго строенія. Но плазма, заполняющая все тѣло *Caulerp*'ы, имѣетъ множество ядеръ, и каждое ядро — это центръ особой голой клѣтки. Эти голыя клѣтки и у *Caulerp*'ы, такъ же, какъ у *Botrydium*'а или въ пласмодіяхъ миксомицетовъ, слились въ одно сплошное цѣлое, не раздѣлившись другъ отъ друга сплошными перегородками. Но внутри тѣла *Caulerp*'ы имѣется цѣлая сѣть клѣточныхъ балочекъ, поддерживающихъ наружныя ея стѣнки и придающихъ тѣлу ея нѣкоторую механическую прочность. Эти клѣточныя балочки — это неполныя клѣточныя перегородки, и *Caulerpa* такое же многоклѣтное растеніе, какъ и всякое другое, но лишь безъ поперечныхъ клѣточныхъ перегородокъ. Считать *Caulerp*'у одноклѣтнымъ организмомъ и приводить ее, какъ яко бы классическій примѣръ огромной и сильно расчлененной одной единственной растительной клѣтки — это значитъ, возвращаться къ тому времени, когда главное значеніе приписывалось клѣточной оболочкѣ, а не ея содержимому; это значитъ, возвращаться къ взглядамъ первыхъ растительныхъ анатомовъ и гистологовъ и совершенно игнорировать современныя воззрѣнія на растительную клѣтку, ея живое содержимое и ея оболочку . . .

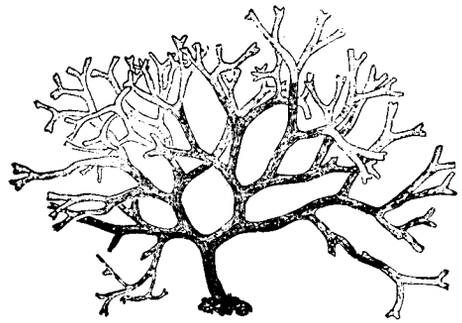


Рис. 527. Слоевище бурой водоросли *Dictyota dichotoma*, въ $^2/_3$ естественной величины.

Особенно сложнаго морфологическаго строенія достигаютъ **красныя** (см. рис. 528) и **бурыя** (см. рис. 527) морскія **водоросли**. Ихъ расчлененное слоевище состоитъ изъ большого количества клѣтокъ, образующихъ внутри слоевища различныя ткани. Снаружи же слоевища эти расчленены какъ бы на стебли, корни и листья. Однако, настоящихъ стеблей, корней и листьевъ у нихъ такъ же не имѣется, какъ и у *Botrydium*'а и *Caulerp*'ы. Красныя и бурыя водоросли размножаются главнымъ образомъ безполымъ путемъ, при помощи подвижныхъ голыхъ зооспоръ, рѣже при помощи неподвижныхъ споръ, одѣтыхъ тонкой клѣточной оболочкой. Половое размноженіе у нихъ б. ч. оогамное, причемъ у высшихъ бурыхъ и красныхъ водорослей спермогоніи и въ особенности оогоніи помѣщены въ особыхъ сложныхъ образованіяхъ, и самъ половой актъ протекаетъ иногда гораздо сложнѣе (напримѣръ, у красныхъ водорослей), чѣмъ у оогамныхъ зеленыхъ водорослей. Но, по существу, это тотъ же половой процессъ, и бурыя, и красныя водоросли такъ же, какъ и другія водоросли, имѣютъ половые органы одноклѣтные.



Рис. 528. Слоевище красной водоросли *Hydrolapathum sanguineum* въ $^1/_2$ естественной величины.

Съ другой стороны среди водорослей встрѣчаются такъ называемыя **синезеленыя** или **ціановыя водоросли** (см. рис. 529). Эти водоросли построены очень просто, даже строеніе ихъ клѣтокъ упрощенное; онѣ совершенно утеряли половой способъ размноженія, а безполымъ путемъ размножаются главнымъ образомъ при помощи простого дѣленія или дробленія клѣтокъ, отчего эти упрощенныя водорослевыя формы называются еще иначе **дробянками**. Образъ жизни ихъ крайне примитивенъ, въ клѣткахъ же ихъ содержится зеленый хлорофиллъ, но замаскированный синимъ пигментомъ — фикоціаномъ. Ціановыя водоросли, ведя крайне примитивный образъ жизни, способны однако къ фотосинтезу и построенію органическихъ соединеній.

Но къ ціановымъ водорослямъ очень близки другія

дробянки — бактеріи (см. рис. 530, 531). Въ сущности, бактеріи — это тѣ же ціановыя водоросли, ведущія однако сапрофитный или паразитный образъ жизни и питающіяся

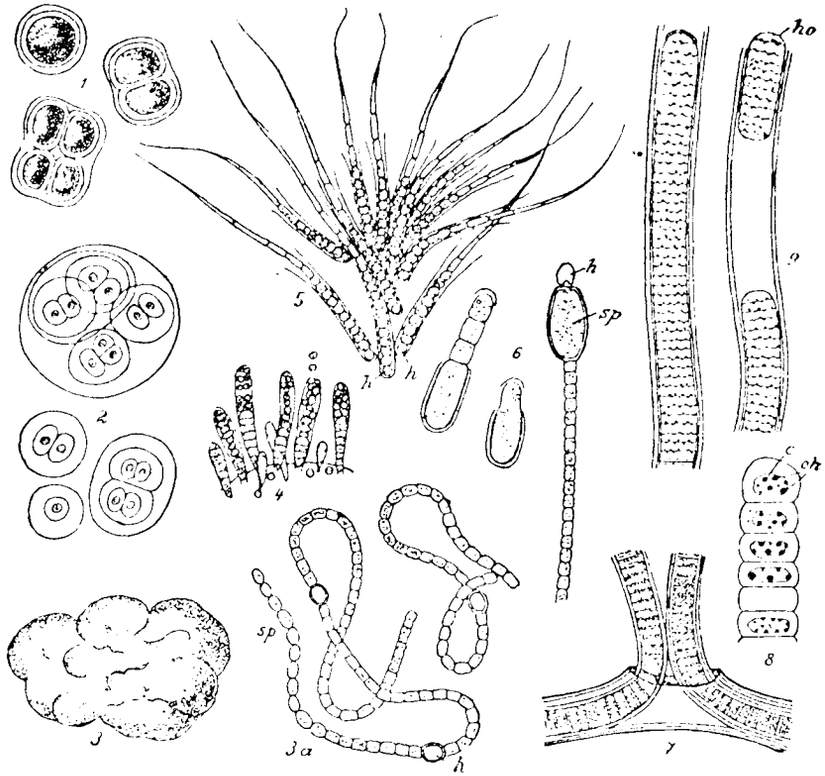


Рис. 529. Различныя формы синезеленыхъ водорослей *(Schizophyceae). 1 — Chroococcus turgidus. 2 — Gloeocäpsa sanguinea. 3 — Nostoc verrucosum;* вся колонія, имѣющая видъ слизистаго комочка. *3a* — Отдѣльныя нити *Nostoc verrucosum* съ гетероцистами *(h). 4 — Chamaesiphon confervicola. 5 — Rivularia minutula. 6 — Anabaena macrosperma;* справа нить съ покоющеюся клѣткою *(sp),* слѣва — двѣ прорастающія покоющіяся клѣтки. *7 — Plectonema Tomasinianum;* двѣ нити, образующія развѣтвленіе и окруженныя слизистымъ влагалищемъ. *8* — участокъ нити *Tolypothrix Aegagrophila. 9 — Lyngbya aestuarii.*

готовыми органическими соединеніями. Вслѣдствіе перехода къ чужеядному образу жизни, бактеріи утеряли свой хлорофиллъ и другіе пигменты и крайне упростили какъ наружное и внутреннее строеніе своего тѣла, такъ и способы размноженія. Если уже ціановыя водоросли представляютъ упро-

щенныя формы среди другихъ водорослей, то до еще бо́льшей простоты строенія и образа жизни редуцировались бактеріи. Это б. ч. одноклѣтные, рѣже колоніальные организмы, самые мелкіе по величинѣ изъ всѣхъ извѣстныхъ на земномъ шарѣ, почти безъ всякаго внутренняго расчлененія ихъ клѣтокъ, способные иногда къ активному движенію и въ особенности къ очень быстрому, но упрощенному размноженію. Размножаются бактеріи, такъ же какъ и ціановыя водоросли, простымъ дѣленіемъ, дробленіемъ ихъ несложнаго тѣла на части, и о быстротѣ ихъ размноженія могутъ дать понятіе хотя бы слѣдующія цифры. Свѣже надоенное молоко не содержитъ въ себѣ ни одной бактеріи. Но уже черезъ нѣсколько времени, если молоко стоитъ не герметически закупореннымъ, въ немъ изъ воздуха, гдѣ всегда имѣются зародыши микроорганизмовъ, заводятся бактеріи. Въ одномъ лишь кубическомъ сантиметрѣ только что надоеннаго молока, оставленнаго при температурѣ въ 15,5° Ц., оказывается

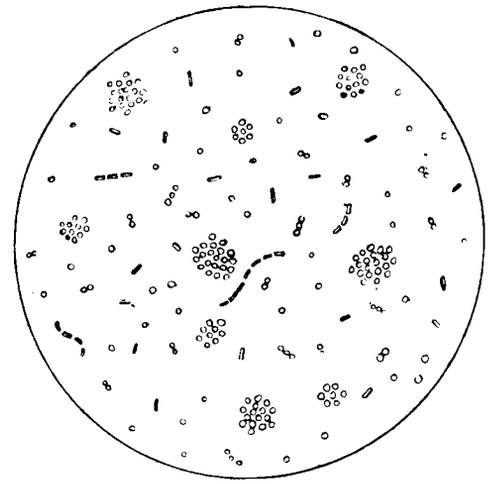


Рис. 530. Бактеріи — одноклѣтные микроорганизмы, живущіе въ гніющемъ мясѣ; увел. 600 разъ.



Рис. 531. Бактеріи холеры — холерная запятая *(Microspira Comma);* увелич. въ 1000 разъ.

черезъ	4 часа	34000	бактерій
„	9 часовъ	100000	„
„	24 часа	4000000	„

Лекція сорокъ пятая.

Размноженіе низшихъ растеній. Грибы и лишаи.

Изучая паразитныя и сапрофитныя высшія цвѣтковыя растенія, мы видѣли, что вслѣдствіе питанія готовыми органическими соединеніями, вслѣдствіе легкой жизни на чужой счетъ, паразитныя цвѣтковыя растенія имѣютъ очень упрощенную организацію своего тѣла, и весь строительный матеріалъ, добываемый ими отъ другихъ организмовъ, идетъ главнымъ образомъ на образованіе цвѣтовъ, плодовъ и сѣмянъ. Сапрофиты, и въ особенности паразиты, способны къ колоссальному размноженію, образуютъ главнымъ образомъ органы размноженія и почти не развиваютъ другихъ органовъ своего тѣла, въ особенности органовъ питанія. Но тотъ же законъ примѣнимъ и къ низшимъ организмамъ. На прошлой лекціи мы видѣли, что бактеріи — это не что иное, какъ крайне упрощенныя синезеленыя водоросли, утерявшія за ненадобностью хлорофиллъ, минимальнѣйшей величины, наипростѣйшаго устройства и съ колоссальной воспроизводительной способностью.

Среди низшихъ растеній есть еще одна такая группа, которая долго выдѣлялась учеными въ особый классъ растительнаго царства и разсматривалась, какъ независимая группа растеній; это — **грибы.** Болѣе обстоятельныя изслѣдованія показали однако, что грибы — это въ сущности тѣ-же водоросли, но водоросли, утерявшія хлорофиллъ и даже хлоропласты (и вообще пластиды) и пріобрѣтшія весьма простое устройство своего тѣла, вслѣдствіе паразитнаго или сапрофитнаго образа жизни и вслѣдствіе перехода отъ воднаго образа

жизни къ наземному. Утерявъ хлорофиллъ и способность самостоятельнаго питанія, упростивъ строеніе своего тѣла, грибы пріобрѣли однако же замѣчательно легкую способность весьма обильно и быстро размножаться; но и способы размноженія грибовъ весьма примитивны, точнѣе говоря, весьма упрощены, и, за малыми лишь исключеніями, грибы совершенно лишены полового акта и размножаются б. ч. одноклѣтными одѣтыми оболочками спорами,

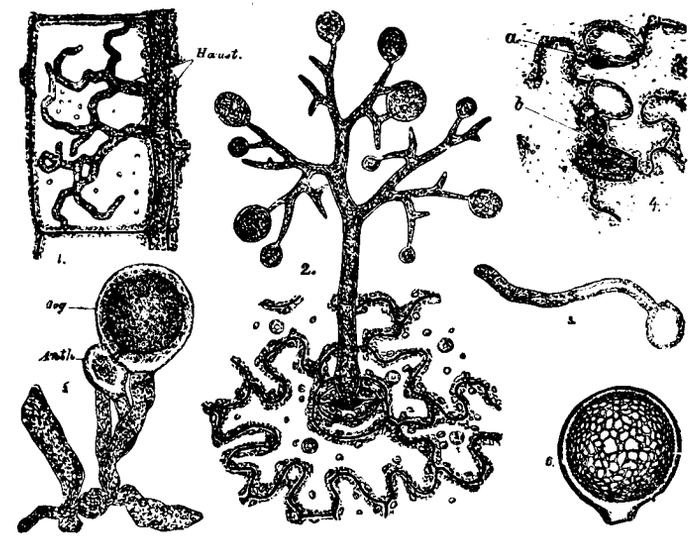


Рис. 532. Переноспоровый грибъ: *1* — присоски или гаусторіи, которыми грибъ внѣдряется въ клѣтку высшаго растенія; *2* — вѣтвь мицелія съ конидіями, выступающая изъ ткани листа высшаго растенія черезъ устьице; *3* и *4* — прорастаніе конидій; *5* — половые органы: *Anth* — мужской половой органъ, спермогоній, *Oog* — женскій половой органъ, оогоній; *6* — ооспора съ сѣтчатою оболочкою.

вслѣдствіе перехода къ воздушному образу жизни. Только самые низшіе грибы, стоящіе на рубежѣ между зелеными водорослями и типичными грибами и ведущіе хотя бы отчасти еще водный образъ жизни, сохранили половой актъ (см. рис. 532, *5*) и способность размножаться при помощи свободно плавающихъ въ водѣ зоогонидій (см. рис. 533). Большинство однако грибовъ ни половыхъ органовъ, ни зоогонидій не образуютъ, но зато образуютъ весьма разнообразными способами и весьма обильно безполыя споры. Полиморфизмъ безполаго способа размноженія грибовъ прямо

поразителенъ, и иногда одинъ и тотъ же грибъ, примѣняясь къ различнымъ условіямъ своего наземного существованія, образуетъ то однѣ споры, то другія, совершенно не похожія на первыя, и, не зная цикла развитія всего организма, можно подумать, что мы имѣемъ дѣло съ разными грибными видами и даже родами; а на самомъ дѣлѣ это все одинъ и тотъ же грибъ, размножающійся то такъ, то иначе, согласно условіямъ существованія и способамъ питанія.

Полиморфизмъ безполаго способа размноженія грибовъ особенно рѣзко проявляется, напримѣръ, у такъ называемыхъ **ржавчинныхъ грибовъ,** обусловливающихъ весьма губительныя болѣзни многихъ высшихъ цвѣтковыхъ растеній. Для примѣра остановимся на одномъ изъ такихъ ржав-

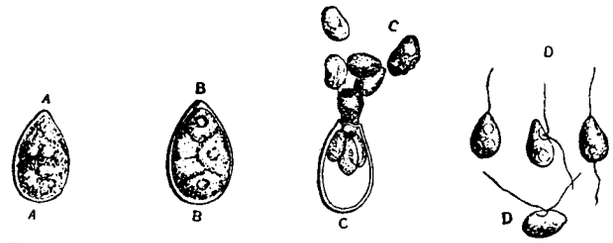


Рис. 533. Прорастаніе конидій картофельнаго грибка: *A*, *B* — конидія, *C* — выхожденіе зооспоръ, *D* — зооспоры.

чинныхъ грибовъ, на *Puccinia graminis* или хлѣбной ржавчинѣ.

На нашихъ хлѣбныхъ растеніяхъ, напримѣръ, на ржи, пшеницѣ, овсѣ, ячменѣ и др. нерѣдко можно замѣтить лѣтомъ на стебляхъ и листьяхъ оранжевыя, ржаваго цвѣта, порошащіяся полоски. Если разсмотрѣть полоски эти подъ микроскопомъ, то мы увидимъ, что подъ кожицей злаковъ между паренхиматическими клѣтками стебля и листа тянутся, переплетаясь и перепутываясь другъ съ другомъ, тонкія безцвѣтныя нити, раздѣленныя поперечными перегородками. Это — **грибныя нити** или **гифы** ржавчиннаго гриба — *Puccinia graminis*, образующія его вегетативное тѣло — **мицелій.** Нити эти даютъ вертикальные отростки, близко стоящіе другъ отъ друга, пробивающіе эпидермисъ злака и выступающіе наружу, а на концахъ этихъ отростковъ образуются одноклѣтныя споры гриба, одѣтыя тонкой оболочкой и съ оранжевымъ содержимымъ (см. рис. 534, *U*). Содержимое такихъ споръ,

называемыхъ **лѣтними спорами** или **уредоспорами** — плазма, пропитанная оранжевыми капельками масла. Эти-то уредоспоры и порошатся въ видѣ тонкаго оранжеваго порошка изъ пораженныхъ грибкомъ частей стебля и листа злаковъ. Уредоспоры немедленно послѣ осыпанія своего прорастаютъ на тѣхъ же злакахъ. Изъ каждой уредоспоры образуется грибная нить, проникающая въ ткань листа или стебля злака и развивающаяся тамъ снова въ грибной мицелій, вскорѣ вновь образующій уредоспоры. Это повторяется нѣсколько разъ въ лѣто, и въ особенности, если лѣто сырое, дождливое, ржавчинная болѣзнь быстро распространяется среди злаковъ даннаго поля и заражаетъ собою иногда весь посѣвъ. Подъ осень на томъ же мицеліи гриба образуются другія споры — **зимнія споры** или **телейтоспоры**. Эти послѣднія отличаются отъ лѣтнихъ споръ бурымъ цвѣтомъ, болѣе толстой оболочкой и тѣмъ, что онѣ двуклѣтны. Телейтоспоры (см. рис. 534, *T*) — это покоющіяся споры. Осыпаясь, онѣ не заражаютъ собою злаковъ, но попадаютъ въ землю, гдѣ перезимовываютъ и весной прорастаютъ (см. рис. 535). Проросшая въ землѣ телейтоспора даетъ короткую тонкую грибную нить, называемую **базидіею**, раздѣленную поперечными перегородками на 4—5 клѣточекъ. Верхнія четыре клѣточки этой базидіи образуютъ боковые отроги, называемые **стеригмами**, а каждая стеригма на концѣ своемъ образуетъ **базидіоспору** или **конидію**. Конидіи образуются изъ прорастающихъ телейтоспоръ ранней весною и, разносимыя вѣтромъ, заражаютъ листья высшихъ растеній. Но конидіи эти или базидіоспоры не могутъ заразить хлѣбныхъ злаковъ, а для дальнѣйшаго развитія своего онѣ должны по-

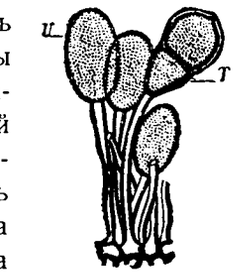


Рис. 534. Споры ржавчиннаго грибка: *U* — лѣтнія, *T* — зимняя спора.



Рис. 535. Прорастаніе телейтоспоры ржавчиннаго гриба: *Sp* — споридія или конидія. На рис. изображена только одна грибная нить, выросшая изъ нижней клѣтки телейтоспоры — *T*.

пасть на молодые листья барбариса. Попавъ на эти листья, конидіи прорастаютъ, развиваютъ грибныя нити, которыя густой сѣтью проникаютъ между клѣточками листовой паренхимы барбариса, питаются на счетъ содержимаго этихъ клѣтокъ и въ концѣ весны или началѣ осени образуютъ на листьяхъ барбариса двоякаго рода плодовыя тѣла. На нижней сторонѣ листьевъ барбариса образуются

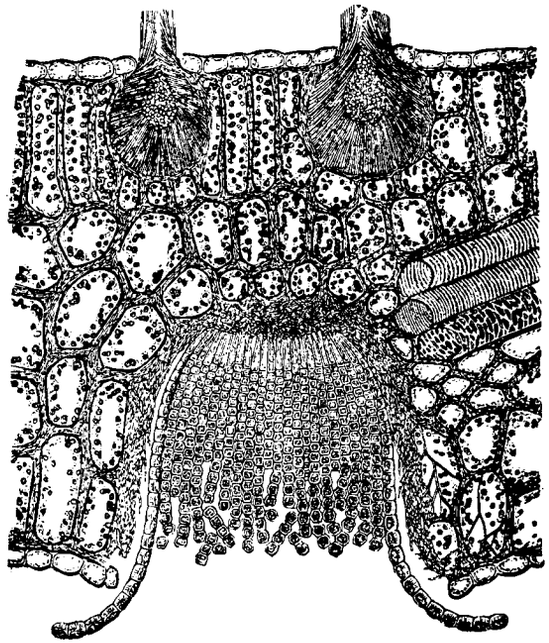


Рис. 536. Ржавчина (*Puccinia graminis*) на барбарисѣ. Поперечный разрѣзъ листа барбариса съ двумя пикнидіями на верхней и эцидіей на нижней сторонѣ листа.

такъ называемыя **эцидіи**, а на верхней сторонѣ листа **пикнидіи** (см. рис. 536). Эцидіи представляютъ болѣе крупныя, первоначально замкнутыя, а затѣмъ открывающіяся бокаловидныя образованія или корзиночки. Онѣ пробиваются изъ подъ эпидермиса листа барбариса и покрыты на днѣ своемъ особыми вертикальными вѣтвями мицелія, образующими такъ называемый **гименіальный слой**. Нити этого **гименія** отшнуровываютъ на концахъ своихъ округло-полиэдрическія споры оранжеваго цвѣта съ тонкими оболочками, называемыя **эцидіоспорами**. Эцидіоспоры сидятъ рядами или цѣпочками, причемъ старыя споры осыпаются, а на мѣсто ихъ гименіальныя нити отшнуровываютъ все новыя и новыя споры.

На верхней сторонѣ барбарисоваго листа, тоже подъ эпидермисомъ, развиваются другія плодовыя тѣла — пикнидіи. Онѣ имѣютъ б. ч. форму бутылочки или колбочки и развиваютъ внутри себя на нитевидныхъ густо сидящихъ конидіеносцахъ очень маленькія споры или **конидіи**, называемыя **пикноспорами** или **пикнокодіями**. Пикноспоры высѣваются изъ пикнидій черезъ узкія отверстія горлышка пикнидіи. Дальнѣйшая судьба пикноспоръ до сихъ поръ еще не извѣстна, хотя ихъ удалось заставить проростать въ питательныхъ жидкостяхъ. Эдиціоспоры же прорастаютъ на зеленыхъ растеніяхъ, но не на барбарисѣ, а на стебляхъ и листьяхъ хлѣбныхъ злаковъ, и образуютъ мицелій, снова дающій уредоспоры или лѣтнія споры.

Итакъ, мы видимъ, что одинъ и тотъ же грибъ, тѣло котораго представлено въ сущности лишь развѣтвленными и сплетенными въ войлокъ (или мицелій) гифами, даетъ 5 различныхъ сортовъ споръ, и всѣ эти пять сортовъ споръ образуются безполымъ путемъ. Эти пять сортовъ споръ слѣдующіе: уредоспоры или лѣтнія споры, телейтоспоры или зимнія споры, базидіоспоры, пикноспоры и эцидіоспоры или весеннія споры. Но образованіе тѣхъ или иныхъ споръ зависитъ у *Puccinia graminis* не только отъ времени года, но и отъ субстрата, на которомъ растетъ мицелій гриба. Уредоспоры и телейтоспоры развиваются у этого гриба, когда мицелій его паразитируетъ на злакахъ, базидіоспоры образуются на коротенькой грибной нити (на **промицеліи**), развивающейся изъ телейтоспоры въ землѣ, а пикноспоры и эцидіоспоры лишь на мицеліи, паразитирующемъ на барбарисѣ. Это явленіе называется — **смѣной кормилицъ**, и грибъ не можетъ все время развиваться на одномъ и томъ же кормящемъ его растеніи. Послѣ развитія въ теченіе нѣсколькихъ поколѣній на злакахъ, грибъ требуетъ періода покоя и образуетъ покоющіяся зимнія споры — телейтоспоры. Телейтоспоры не могутъ прорасти ни на злакахъ, ни на барбарисѣ, а лишь въ землѣ. Базидіоспоры прорастаютъ лишь на барбарисѣ, эцидіоспоры лишь на злакахъ; уредоспоры же могутъ въ теченіе всего лѣта дать нѣсколько поколѣній на злакахъ, пока подъ осень на томъ же мицеліи не образу-

ются покоящіяся зимнія споры — телейтоспоры. Такимъ образомъ у описаннаго нами ржавчиннаго грибка, кромѣ полиморфизма спорообразованія и смѣны кормилицъ, мы видимъ явленіе чередованія цѣлаго ряда безполыхъ поколѣній, смѣняющихъ одно другое, и весь циклъ развитія этого грибка весьма сложенъ и продолжителенъ. Вслѣдствіе же смѣны кормилицъ жизнь его зависитъ отъ непремѣннаго присутствія обоихъ кормящихъ растеній въ одной и той же мѣстности. Въ Германіи одно время ржавчина сильно опустошала хлѣбныя поля. Когда ученые установили циклъ развитія ржавчиннаго грибка, то выяснилась и причина массоваго его развитія на хлѣбныхъ поляхъ; дѣло въ томъ, что, желая оградить поля свои отъ прохожихъ и скота, нѣмцы засадили было поля эти колючими живыми изгородями изъ барбариса, а это и создало, конечно, благопріятныя условія для массоваго развитія ржавчинной болѣзни. Тогда изданъ былъ законъ, запрещающій сажать барбарисовые кусты близъ хлѣбныхъ полей, и вскорѣ опустошительная болѣзнь эта прекратилась, ибо выпало одно изъ звеньевъ цикла развитія этого грибка.

Такимъ же полиморфизмомъ отличаются и многіе другіе грибы. Для примѣра остановимся еще въ нѣсколькихъ словахъ на **спорыньѣ**, тоже тяжелой грибной болѣзни, поражающей колосья хлѣбныхъ растеній, напримѣръ, ржи. Многимъ изъ васъ, вѣроятно, случалось видѣть въ колосьяхъ ржи такъ называемые рожки, образующіеся тамъ вмѣсто зеренъ, чернаго цвѣта и иногда очень крупной величины (см. рис. 537, фиг. *1*). Рожки эти ядовиты, и если поле сильно поражено спорыньей, то мука изъ такой ржи отличается ядовитыми свойствами и негодна для пищи. Зато рожки эти собираютъ въ аптеки, и они идутъ на приготовленіе нѣкоторыхъ лѣкарствъ. **Рожокъ** — это **склероцій** гриба *Claviceps purpurea*. Склероціемъ же мы называемъ покоющуюся форму грибного мицелія. Рожки спорыньи продолговатой формы, очень плотные, снаружи чернаго цвѣта, а въ разрѣзѣ или изломѣ бѣлаго цвѣта. Вмѣстѣ съ зернами ржи рожки осенью осыпаются и попадаютъ въ землю, гдѣ они перезимовываютъ. Весною въ сырой землѣ изъ рожка спорыньи вырастаютъ розоваго цвѣта грибки или **плодовыя тѣла спорыньи** (фиг. *2*). Каждое такое плодовое тѣло состоитъ изъ ножки и головки или шляпки. Головки плодоваго тѣла покрыты мелкими отверстіями, ведущими въ грушевидныя полости, **перитеціи** (фиг. *3*). На днѣ перитеція сидятъ въ большомъ числѣ длинныя узкія **сумки** или **аскусы** (фиг. *4*), а въ каждомъ аскусѣ образуется по восьми споръ нитевидной формы, называемыхъ **аскоспорами** (фиг. *5*). Аско-

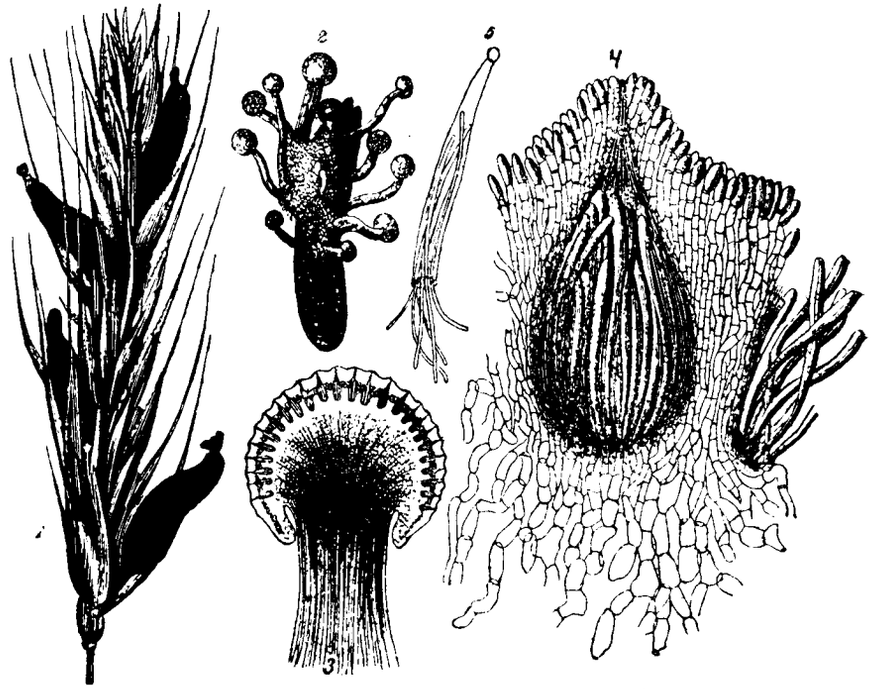


Рис. 537. Спорынья (*Claviceps purpurea*): *1* — зрѣлые рожки въ колосѣ, *2* — проросшій рожокъ съ плодовыми тѣлами, *3* — разрѣзъ плодоваго тѣла, *4* — перитецій въ разрѣзѣ, сильнѣе увеличенный, *5* — аскусъ или сумка со спорами.

споры лежатъ въ аскусѣ, какъ иголки въ наигольникѣ. Споры этого гриба въ концѣ концовъ выбрасываются изъ аскусовъ и перитеціевъ и разносятся вѣтромъ. Это происходитъ поздно весною или въ началѣ лѣта, въ то время, когда развивается колосъ ржи. Споры попадаютъ на молодую завязь ржи, прорастаютъ на ней и грибными нитями плотно и густо пронизываютъ развивающуюся завязь, иначе говоря, будущее зерно ржи, не давая ему правильно развиваться и питаясь на его счетъ. На поверхности пораженной завязи грибныя нити

спорыньи отдѣляютъ большое количество мелкихъ споръ, отшнуровывающихся на концахъ грибныхъ нитей и называемыхъ **конидіями**. Въ то же время мицелій гриба выдѣляетъ сладкій сокъ, называемый **медвяной росой**, привлекающій мелкихъ жучковъ, падкихъ до всего сладкаго. Жучки эти, поѣдая медвяную росу, вмѣстѣ съ тѣмъ переносятъ съ одного колоса на другой споры, а слѣдовательно, заражаютъ все новые и новые колосья ржи. Такимъ образомъ зараза быстро распространяется по всему полю. Ко времени созрѣванія зеренъ ржи, завязи ржи, пораженныя спорыньей, оказываются густо пронизанными мицеліемъ этого грибка. Мицелій этотъ разрушаетъ совершенно завязь, нити его плотно сплетаются между собою и въ концѣ концовъ образуютъ покоющуюся стадію — **склероцій** или черный **рожокъ**, съ разсмотрѣнія котораго мы начали исторію развитія этого грибка. И здѣсь мы видимъ чередованіе поколѣній и полиморфизмъ спорообразованія. Спорынья принадлежитъ къ обширной группѣ **сумчатыхъ грибовъ**, у которыхъ споры развиваются обыкновенно въ числѣ восьми въ сумкахъ или аскусахъ. Но, кромѣ аскоспоръ, спорынья размножается еще и конидіями, и конидіальная стадія этого грибка или стадія медвяной росы настолько не похожа на стадіи образованія склероціевъ и развитія аскусовъ съ аскоспорами, что долгое время стадію медвяной росы считали за совершенно самостоятельный грибокъ, который даже имѣлъ свое названіе — *Sphacelia segetum*, тогда какъ спорынья относилась къ грибу — *Claviceps purpurea*. Кромѣ двухъ формъ спорообразованія — аскоспоръ и конидій, въ циклъ развитія спорыньи входитъ еще покоющееся состояніе его мицелія — рожки или склероціи.

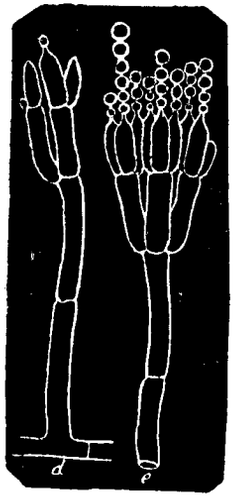


Рис. 538. Кистевикъ (*Penicillium*): *d* и *e* — развитіе конидій.

Къ **аскомицетнымъ** или сумчатымъ грибамъ относится много различныхъ грибовъ, частью паразитныхъ, частью сапрофитныхъ. Сюда относятся различныя плѣсени, напримѣръ, сизая или кистевидная плѣсень (*Penicillium*) (см. рис. 538), развивающаяся на чернилахъ, бѣль или мучная роса (*Erysiphe*),

развивающаяся на листьяхъ разныхъ растеній и покрывающая ихъ нѣжной паутиной, какъ бы мукою. Къ аскомицетнымъ грибамъ относятся разные подземные грибы, напримѣръ, трюфели, также сморчки и многіе другіе грибы. Сюда же относятся и весьма упрощенные дрожжевые грибы или дрожжи. Всѣ эти грибы образуютъ споры обыкновенно въ числѣ восьми, въ особыхъ сумкахъ или аскусахъ, сами же аскусы часто развиваются въ особыхъ или на особыхъ сложно устроенныхъ плодовыхъ тѣлахъ, производимыхъ мицеліемъ гриба. Мицелій же гриба либо живетъ сапрофитно въ богатой перегноемъ землѣ, либо паразитируетъ въ тканяхъ высшихъ растеній. Но, кромѣ главнаго способа размноженія при помощи аскоспоръ, многіе аскомицетные грибы образуютъ еще побочныя стадіи развитія, а именно размножаются при помощи конидій (см. рис. 538), образуютъ склероціи и т. д. Такъ что и ихъ циклъ развитія въ большинствѣ случаевъ весьма сложенъ и состоитъ изъ ряда правильно чередующихся поколѣній.


Рис. 539. Шампиньоны (*Agaricus campestris*).

Другая весьма крупная группа грибовъ — это грибы **базидіальные** или **базидіомицеты.** Сюда принадлежатъ извѣстные каждому изъ общежитія сапрофитные грибы, растущіе въ нашихъ лѣсахъ, а именно бѣлые, подосиновики, подберезовики, шампиньоны (см. рис. 539), мухоморы, поганки и т. д. То, что въ общежитіи извѣстно подъ именемъ гриба, не есть однако самъ грибъ, а лишь его **плодовое тѣло**, состоящее изъ **пенька** (или ножки) и **шляпки**. Вегетативное же

тѣло грибовъ этихъ представлено тонкой, нѣжной, б. ч. бѣлаго цвѣта паутиной, распространяющейся подъ землею и образующей **мицелій** гриба, сотканный изъ тонкихъ грибныхъ нитей или гифъ. Споры этихъ грибовъ образуются чаще всего на нижней сторонѣ плодовой шляпки такимъ образомъ: концы грибныхъ нитей утолщаются булавовидно и образуютъ такъ называемыя **базидіи** (см. рис. 540, *b*), на вершинѣ которыхъ вырастаютъ по четыре тонкихъ ножки — **стеригмы** (*s*), а эти уже въ свою очередь образуютъ по одной **коніді-альной спорѣ** или **базидіоспорѣ** (*sp*). Нѣкоторыя изъ булавовидныхъ утолщеній гифъ обращаются въ безплодныя **парафизы** (*p*), а все вмѣстѣ образуетъ **гименіальный слой** или **гименій** этихъ грибовъ. У однихъ изъ базидіальныхъ грибовъ гименіальный слой помѣщается на лучеобразныхъ пластинкахъ на нижней сторонѣ грибной шляпки (у сыроѣжки, шампиньона, мухомора и др.), у другихъ — въ особыхъ тоненькихъ трубочкахъ, тоже на нижней сторонѣ шляпки (напримѣръ, у бѣлаго гриба, подберезовика, подосиновика и. т. д), у третьихъ гименіальный слой располагается еще иначе. Кромѣ основного способа размноженія базидіоспорами, базидіомицеты имѣютъ различныя побочныя стадіи размноженія или приспособленія. Вообще, какъ вы видите, способы размноженія грибовъ весьма разнообразны, у многихъ грибовъ имѣется ясно выраженное чередованіе поколѣній и сложный циклъ развитія. Но у грибовъ нѣтъ еще, такъ же какъ и у водорослей, ясно выраженной смѣны полового поколѣнія безполымъ и безполаго — половымъ, ибо половой актъ у грибовъ, за малыми лишь исключеніями, совершенно отсутствуетъ. Разнообразіе безполаго размноженія грибовъ и обиліе плодоношенія есть слѣдствіе ихъ сапрофитнаго или паразитнаго образа жизни въ связи съ приспособленіемъ къ наземному существованію.

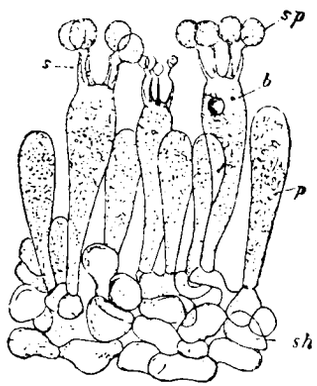


Рис. 540. Образованіе базидіоспоръ у сыроѣжки (*Russula*): *b* — базидія, *s* — стеригмы, *sp* — базидіоспоры, *p* — парафизы.

Къ низшимъ организмамъ, слоевцовымъ, не имѣющимъ раздѣленія тѣла на корень, стебель и листь, принадлежатъ

еще **лишаи** (*Lichenes*). Это весьма оригинальные и притомъ же сложные организмы, ведущіе эпифитный или наземный образъ жизни и приспособившіеся къ перенесенію такихъ условій существованія, въ которыхъ другія растенія жить обыкновенно не могутъ. На твердыхъ голыхъ скалахъ и камняхъ, на безплодной песчаной почвѣ, на старыхъ заборахъ, на корѣ деревьевъ и старыхъ сучьяхъ растутъ эти неприхотливые организмы. Они живутъ не на счетъ готовой органической пищи, какъ бактеріи и грибы; поселяясь на корѣ и сучьяхъ дерева, они не проникаютъ тканями своими вглубь дерева, какъ паразиты, и не высасываютъ оттуда питательныхъ соковъ. Наоборотъ, подобно тропическимъ эпифитнымъ орхиднымъ и ароиднымъ, лишаи лишь ищутъ на корѣ деревьевъ точки опоры и пищею изъ самого дерева отнюдь не пользуются. Орхидные и ароидные эпифиты по преимуществу жители тропическихъ лѣсовъ, лишаи же живутъ эпифитами въ лѣсахъ далекаго сурового сѣвера. Чѣмъ сѣвернѣе, чѣмъ суровѣе природа, тѣмъ обильнѣе и разнообразнѣе лишайниковая флора страны. На сѣверѣ лишаи растутъ не только на деревьяхъ, на заборахъ, на голыхъ камняхъ. Арктическія, въ особенности, сухія тундры иногда сплошь состоятъ изъ однихъ лишаевъ. Лишаи легко переносятъ самые жестокіе морозы, самыя крайнія климатическія невзгоды. Лишай можетъ совершенно высохнуть, такъ что разсыпается въ порошокъ или труху. Въ высушенномъ состояніи лишай можетъ пролежать годами, и затѣмъ, смоченный, онъ возвращается къ жизни и начинаетъ, хотя бы и очень медленно, расти дальше. По формѣ тѣла различаютъ **лишаи кустистые** (см. рис. 541), **пластинчатые** или **листовидные** и **накипные** (см. рис. 542). Кустистые лишаи имѣютъ весьма развѣтвленное слоевище; то оно свѣшивается съ сучьевъ деревьевъ, точно густая сѣдая борода (см. рис. 541), то поднимается съ земли въ видѣ б. и. м. сильно развѣтвленныхъ кустиковъ. Пластинчатые лишаи распластаны по

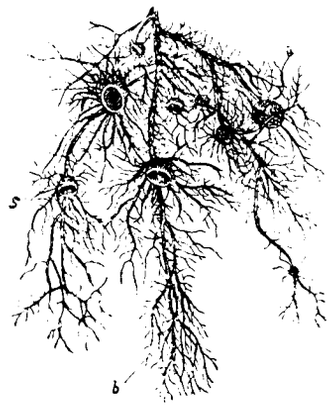


Рис. 541. Бородатый лишай — *Usnea barbata*.

землѣ въ видѣ б. ч. округлыхъ лопастныхъ подушекъ или въ видѣ такихъ же лопастныхъ округлыхъ пластинъ; растутъ лишаи эти на корѣ деревьевъ, по скаламъ, имѣя самыя причудливыя формы и иногда самую яркую окраску. Въ глухихъ лѣсахъ сибирской тайги старыя хвойныя деревья сплошь увѣшаны сѣдыми бородами кустистыхъ или бородатыхъ лишаевъ, а голыя скалы Урала представляютъ дивную пеструю картину отъ желтыхъ, ярко-красныхъ, сѣрыхъ, бурыхъ, иногда совершенно черныхъ округлыхъ пластинъ лишаевъ, покрывающихъ эти причудливыя твердыя голыя скалы и утесы. Накипные лишаи въ видѣ твердой застывшей накипи одѣваютъ кору деревьевъ, голыя скалы, безплодныя почвы и такъ плотно срастаются съ субстратомъ, что отдѣлить ихъ отъ него невозможно, и не извѣстно, гдѣ кончается



Рис. 542. Накипные лишаи: *s*, *s'* — апотеціи.

лишай и гдѣ начинается твердый камень, кора или безплодная почва.

Какимъ же образомъ живутъ эти оригинальные организмы? Какъ переносятъ они жестокіе морозы далекой Сибири, мерзлую почву холодной тундры? Какъ могутъ они выносить продолжительное полное высыханіе своего тѣла? Чѣмъ и какъ питаются они, поселяясь на голыхъ твердыхъ скалахъ, на корѣ деревьевъ, на безплодномъ пескѣ, гдѣ ничто другое не растетъ, даже на старыхъ деревянныхъ и желѣзныхъ или чугунныхъ заборахъ и оградахъ, на старыхъ памятникахъ могилъ и проч., и проч.?

Разгадка такой удивительной приспособляемости лишая къ крайнимъ условіямъ существованія заключается въ томъ, что это не простой **организмъ**, а **сложный**, состоящій изъ водорослей и грибовъ, вошедшихъ другъ съ другомъ въ тѣснѣйшее сожительство, въ **симбіозъ**. Лишай — это

симбіотическій организмъ. Если сдѣлать разрѣзъ тѣла лишая (см. рис. 543), то мы увидимъ, что тѣло его соткано изъ плотно сомкнутыхъ грибныхъ нитей. Нити эти безцвѣтны, лишены хлорофилла, и, слѣдовательно, лишай, подобно другимъ грибамъ, не могъ бы самъ себѣ готовить органической пищи. Но среди грибныхъ нитей лишайниковаго тѣла мы видимъ группами или цѣлыми слоями расположенныя зеленыя или синезеленыя клѣтки, очень похожія на клѣтки низшихъ простѣйшихъ водорослей. Клѣтки эти названы были **гонидіями** лишаевъ, и изслѣдованія показали, что гонидіи эти можно выдѣлить изъ тѣла лишая, и тогда онѣ станутъ вести самостоятельный образъ жизни, если помѣстить ихъ въ воду. Многія изъ гонидій лишаевъ совершенно тождественны съ извѣстными низшими водорослями и такъ же живутъ и размножаются въ водѣ, какъ и свободныя водоросли. Но грибныя нити лишаевъ самостоятельно жить не могутъ. Такимъ образомъ лишай — это двойной организмъ, сожительство гриба съ водорослею. Водоросли внутри тѣла лишая, благодаря хлорофиллу, поглощаютъ углекислоту воздуха и синтезируютъ органическое вещество. Грибъ же, входящій въ составъ лишаевъ, питается на счетъ органическаго вещества, изготовляемаго водорослями, а самъ защищаетъ эти водоросли отъ внѣшнихъ неблагопріятныхъ условій существованія. Грибъ не паразитируетъ на водоросли, ибо онъ оплачиваетъ свой столъ, предоставляемый ему водорослей, оплачиваетъ тѣмъ, что защищаетъ водоросль. И вотъ въ такомъ дружномъ совмѣстномъ сожительствѣ эти два организма, путемъ симбіоза образующіе сложный третій организмъ — лишай, могутъ жить при такихъ крайнихъ условіяхъ существованія, при которыхъ по одиночкѣ каждый изъ нихъ жить не могъ бы. Размноженіе лишаевъ тоже сложное. Водоросли, входящія въ составъ тѣла лишаевъ, размно-



Рис. 543. Поперечный разрѣзъ черезъ слоевище лишая (*Sticta*): *b* — слой, въ которомъ гнѣздятся водоросли, *c* — корневидныя нити, *e* — грибной мицелій.

жаются главнымъ образомъ путемъ дѣленія, а грибъ, составляющій лишайниковое тѣло, образуетъ на его поверхности особыя плодовыя тѣла, апотеціи (см. рис. 541 и 542, *s*), состоящія изъ гименіальнаго слоя съ аскусами и парафизами; въ аскусахъ лишаевъ образуется по восьми аскоспоръ. Слѣдовательно, грибы, образующіе лишаи, принадлежатъ къ аскомицетнымъ грибамъ. Впрочемъ, хоть и очень рѣдко, но иногда въ образованіи лишаевъ принимаютъ участіе и базидіомицетные грибы. Сюда относится одинъ тропическій лишай — *Cora pavonia*, живущій подъ тропиками, какъ на землѣ, такъ и на стволахъ тропическихъ деревьевъ.

Лекція сорокъ шестая.

Размноженіе архегоніатныхъ растеній. Мхи и папоротники.

Чѣмъ выше восходимъ мы по ступенямъ развитія растительнаго царства, тѣмъ опредѣленнѣе становится половое размноженіе растеній и тѣмъ болѣе на задній планъ отодвигается размноженіе безполое. **Амебоидныя** растенія совсѣмъ не имѣютъ полового акта и размножаются лишь безполымъ путемъ. **Оогоніатныя** растенія, т. е. водоросли, бактеріи, грибы и лишаи размножаются главнымъ образомъ безполымъ путемъ, простымъ дѣленіемъ или дробленіемъ клѣтокъ, зоогонидіями или разнообразными спорами. Къ половому акту растенія эти прибѣгаютъ лишь въ случаѣ неблагопріятныхъ условій существованія; половой актъ у нихъ есть лишь стадія приспособленія, а не неизбѣжная фаза развитія. Притомъ многія изъ этихъ растеній даже совсѣмъ не имѣютъ полового акта (нѣкоторыя водоросли, всѣ бактеріи, большинство грибовъ, лишаи), утерявши его вслѣдствіе главнымъ образомъ паразитнаго, сапрофитнаго или симбіознаго образа жизни. Тѣ же изъ оогоніатныхъ растеній, которыя имѣютъ половой актъ, образуютъ половые органы крайне простой организаціи — одноклѣтные, причемъ у низшихъ формъ половой актъ изогамный, у болѣе же развитыхъ — оогамный.

Третью ступень развитія растительнаго царства составляютъ **архегоніатныя растенія** — мхи, папоротникообразныя и голосѣменныя. У этихъ растеній по-

ловой актъ — уже не стадія приспособленія къ неблагопріятнымъ условіямъ существованія, а необходимая, неизбѣжная стадія развитія этихъ организмовъ. При этомъ половые органы архегоніатныхъ растеній многоклѣтные, въ противоположность оогоніатнымъ растеніямъ, и вполнѣ опредѣленнаго и б. ч. довольно сложнаго строенія. Женскіе половые органы называются здѣсь архегоніями, мужскіе же — антеридіями. **Архегоній** производитъ всегда одно лишь **яйцо** или женскую половую клѣтку, въ **антеридіяхъ** образуется много, рѣже небольшое количество (до двухъ) **живчиковъ** или **антерозоидовъ**, т. е. мужскихъ половыхъ клѣтокъ. Но, кромѣ обязательнаго размноженія половымъ путемъ, архегоніатныя растенія размножаются **безполыми спорами**, образующимися всегда изъ материнской клѣтки путемъ **чет-**

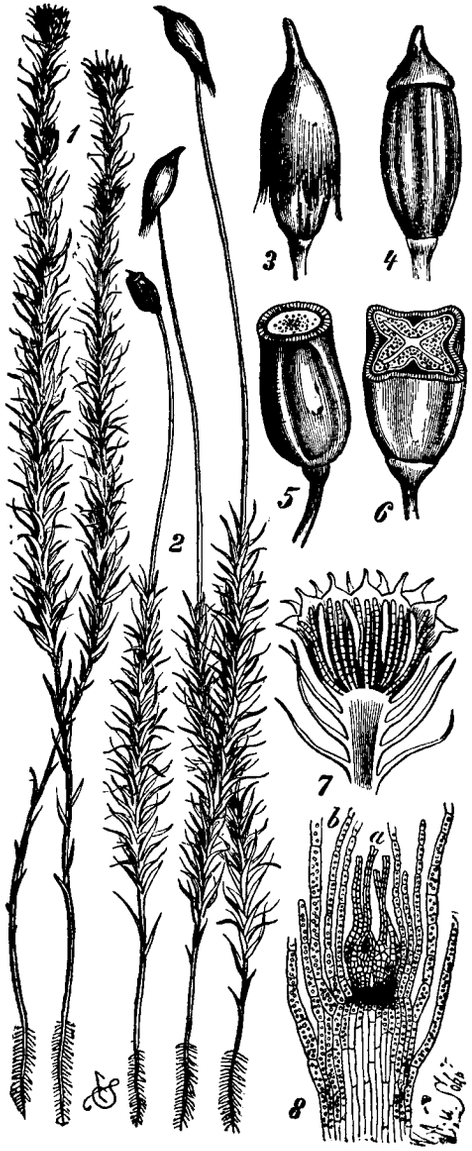


Рис. 544. Мохъ — кукушкинъ ленъ *(Polytrichum commune)*: *1* — мужскіе, *2* — женскіе экземпляры; *3* — коробочка съ колпачкомъ, *4* — безъ него, *5* — безъ крышечки, *6* — въ разрѣзѣ, *7* — продольный разрѣзъ мужской, *8* — женской розетки, *a* — архегоній.

вертованія. При этомъ наблюдается всегда **правильное чередованіе поколѣній**, т. е. поколѣніе спорообразующее или безполое слѣдуетъ за поколѣніемъ половымъ или гаметофитнымъ, и въ свою очередь снова даетъ половое поколѣніе. Это обязательный законъ развитія архегоніатныхъ растеній.



Рис. 545. Мохъ — *Hypnum crista castrensis*: *1* — цѣлое растеніе въ естественную величину, *2* и *3* моховая коробочка, увелич.

Познакомимся на нѣкоторыхъ примѣрахъ ближе съ исторіей развитія архегоніатныхъ растеній и начнемъ съ низшихъ типовъ, съ **мховъ**. На рис. 544 представленъ одинъ изъ обыкновеннѣйшихъ нашихъ мховъ, а именно *Polytrichum commune* или кукушкинъ ленъ, растущій на болотахъ и на открытыхъ мѣстахъ, верещатникахъ, а на рис. 545 изображенъ мохъ *Hypnum crista castrensis*, часто встрѣчающійся въ тѣнистыхъ еловыхъ лѣсахъ и образующій тамъ цѣлыя дерновины подъ тѣнью деревьевъ. Оба эти мха принадлежатъ къ такъ называемымъ **лиственнымъ** или **листостебельнымъ мхамъ**. Тѣло ихъ состоитъ изъ стебля и листь-

евъ. Корней мхи не имѣютъ, но вмѣсто корней на нижней части стебля развиваются **корневые волоски** или **ризоиды** (см. рис. 544, *1*, *2*). Анатомически мхи построены еще очень просто. Сосудисто-волокнистыхъ пучковъ у нихъ нѣтъ, а маленькіе листья ихъ состоятъ обыкновенно изъ одного слоя клѣтокъ (см. рис. 428). Въ листьяхъ и стебляхъ имѣется весьма примитивно построенная проводящая ткань изъ удлиненныхъ клѣтокъ, но безъ сосудовъ и ситовидныхъ трубокъ. Листья мховъ всѣ б. и. м. одинаковой величины и формы. Но ранней весной на концѣ побѣга даннаго года образуется розетка верхушечныхъ слегка метаморфозированныхъ листьевъ, представляющая какъ бы цвѣтокъ мха и скрывающая внутри себя половые органы (см. рис. 544, *1*, *7*, *8*). Половые органы у однихъ мховъ помѣщаются среди листочковъ одной и той же верхушечной розетки, у другихъ — половые органы размѣщены на разныхъ индивидуумахъ; такіе мхи можно назвать двудомными. Мужскіе половые органы мховъ — **антеридіи** представляютъ многоклѣточный мѣшетчатый органъ разной величины и формы (см. рис. 544, *7* и рис. 546, *C*). Обыкновенно антеридій мховъ сидитъ на многоклѣтной ножкѣ (см. рис. 546, *C*, *st*), имѣетъ однослойную многоклѣтную оболочку или стѣнку (*w*) и внутри наполненъ кубическими нѣжными живыми клѣтками (*M*) — материнскими клѣтками сперматозоидовъ. Въ каждой такой клѣткѣ образуется по одному сперматозоиду или живчику (*D*). Готовый антеридій лопается наверху и выпускаетъ въ каплю росы или дождя, собирающуюся среди розетки верхушечныхъ листьевъ, цѣлую тучу живчиковъ, которые плаваютъ въ водѣ при помощи своихъ рѣсничекъ.

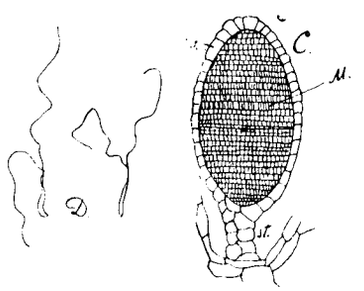
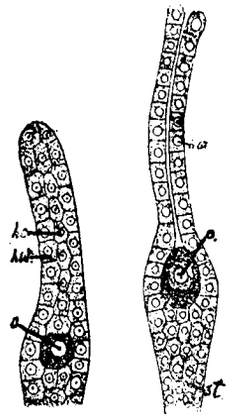


Рис. 546. Антеридій мха (*Marchantia polymorpha*): *C* — зрѣлый антеридій, *M* — материнскія клѣтки сперматозоидовъ, *w* — оболочка антеридія, *st* — его ножка; *D* — живчики или сперматозоиды.

Женскій половой органъ мховъ — **архегоній**, имѣетъ видъ бутылочки или колбочки (см. рис. 544, *8 a* и рис. 547). Онъ тоже сидитъ на многоклѣтной ножкѣ (см. рис. 547, *B*, *st*) и состоитъ изъ расширенной части — брюшка и удлиненной узкой части — шейки. Брюшко и шейка архегонія имѣютъ однослойную многоклѣтную стѣнку (см. рис. 547, *A*, *B*, *hw*). Въ молодомъ архегоніи въ шейкѣ имѣются шейныя канальцевыя клѣтки (*A*, *hc*), а въ брюшкѣ одна большая голая клѣтка — яйцеклѣтка или яйцо (*o*). При созрѣваніи архегонія верхнія клѣтки стѣнки шейки раздвигаются и образуютъ отверстіе или устье шейки (см. фиг. B), шейныя канальцевыя клѣтки ослизняются и въ видѣ густой слизи частью выходятъ изъ устья шейки въ каплю росы или дождя, собирающуюся между розеткой верхушечныхъ листьевъ мха. Слизь эта хемотактически приманиваетъ къ архегонію плавающихъ въ той же каплѣ воды живчиковъ. У мховъ притягивающимъ хемотактически веществомъ является тростниковый сахаръ. Въ то же время яйцеклѣтка въ брюшкѣ архегонія дѣлится на двѣ клѣтки, на верхнюю меньшую, такъ называемую, брюшную канальцевую клѣтку, такъ же ослизняющуюся, какъ и шейныя канальцевыя клѣтки, и на нижнюю большую, составляющую собственно яйцо или женскую половую клѣтку. Живчики, попавъ въ шейку архегонія, черезъ слизь, наполняющую эту шейку, проникаютъ до яйца и производятъ его оплодотвореніе.



A B

Рис. 547. Архегоній мха (*Phascum cuspidatum*): A — молодой архегоній; B — зрѣлый архегоній, *st* — ножка архегонія, *o* — яйцеклѣтка, *hw* — клѣтки стѣнки архегонія; *hc* — шейныя канальцевыя клѣтки.

Какъ только оплодотвореніе произошло, яйцо окружается оболочкой, приступаетъ къ дѣленію, и изъ него начинаетъ вырастать новое растеніе. Но это новое растеніе, во-первыхъ, совершенно не похоже на материнское растеніе, и, во-вторыхъ, оно не способно размножаться половымъ путемъ, а размножается безполымъ способомъ.

Итакъ, самъ мохъ — это половое поколѣніе или **гаметофитъ**, а развивающееся изъ оплодотворенной яйцеклѣтки мха новое растеніе, остающееся притомъ же въ связи съ произведшимъ его материнскимъ

растеніемъ и живущее на послѣднемъ паразитически, есть безполое поколѣніе мха или **спорофитъ.** Безполое поколѣніе мха представлено въ видѣ **спорогонія** или сидящей на ножкѣ **коробочки,** прикрытой какъ бы башлычкомъ или колпачкомъ (см. рис. 544, *2*, *3*). Колпачекъ этотъ — это остатокъ разросшагося дальше и оторвавшагося у своего основанія брюшка архегонія и частью его шейки. Коробочка же на ножкѣ произошла изъ дальнѣйшаго развитія повторно дѣлящейся оплодотворенной яйцеклѣтки. Въ коробочкѣ мховъ образуются безполымъ путемъ **споры;** построена моховая коробочка весьма разнообразно у разныхъ мховъ и по созрѣваніи открывается либо створками, либо крышечкой (см. рис. 544, *4*, рис. 545, *2*, *3*). Устье коробочки нерѣдко снабжено различнаго рода зубчиками (см. рис. 545, *3*), весьма гигроскопическими и помогающими разсѣиванію споръ изъ коробочки. У другихъ мховъ имѣются внутри коробочки особыя гигроскопическія пружинки или элатеры, у третьихъ посрединѣ коробочки проходитъ такъ называемая колонка или столбочекъ (columella) (см. рис. 548). Стѣнка коробочки имѣетъ тоже весьма разнообразное строеніе у разныхъ мховъ и подчасъ анатомическимъ строеніемъ своимъ напоминаетъ отчасти анатомическое строеніе листьевъ высшихъ растеній. По Челяковскому спорогоній мховъ есть недоразвитое вслѣдствіе паразитнаго образа жизни безполое растеньице, съ зачаточнымъ стеблемъ (ножка спорогонія) и однимъ верхушечнымъ спорообразующимъ листомъ, метаморфозировавшимся въ сложно устроенную коробочку. Самою существенною тканью моховой коробочки является **спорогенная ткань** или **археспорій** (см. рис. 544, *6* и рис. 548, *sp*). Ткань эта состоитъ изъ нѣжныхъ живыхъ паренхиматическихъ клѣтокъ, дающихъ путемъ четвертованія, т. е. повторнаго или одновременнаго дѣленія на четыре части, начало спорамъ мха. Каждая спора мха представляетъ одну единственную клѣтку, одѣтую двумя оболочками, внутренней — тонкой, называемой **эндоспоріемъ,** и наружной — толстой, именуемой **экзоспоріемъ.** Споры мховъ, высыпавшись изъ коробочки, разносятся вѣтромъ на далекое разстояніе и, попавъ въ сырыя мѣста, начинаютъ прорастать. При этомъ внутренняя тонкая оболочка, прободая наружный толстый экзоспорій, вытягивается въ ростковую трубочку (см.

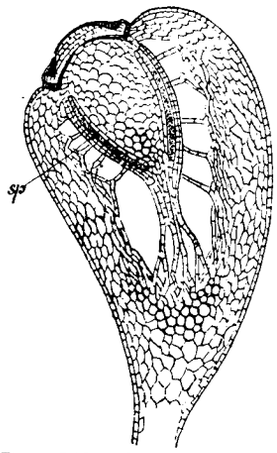


Рис. 548. Спорогоній мха (*Funaria hygrometrica*) съ верхней частью ножки; *sp* — спорообразующая ткань или археспорій.

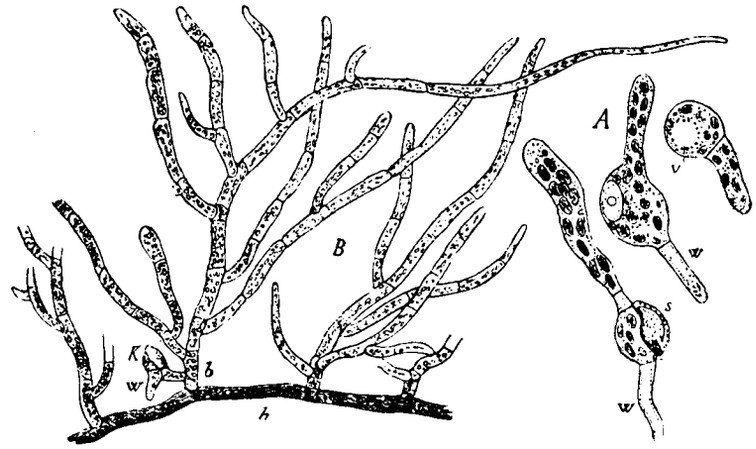


Рис. 549. Протонема (*B*) листостебельнаго мха *Funaria hygrometrica*: *K* — залагающіяся на ней почки, *w* — корневой волосокъ или ризоидъ; *A* — прорастаніе споръ мха: *w* — корневой волосокъ или разоидъ, *s* — наружная оболочка споры.

рис. 549, *A*) (на подобіе того, какъ прорастаетъ интина пыльцы цвѣтковыхъ растеній и даетъ пыльцевую трубочку). Мало-по-малу ростковая трубочка мха вырастаетъ дальше, вѣтвится и образуетъ такъ называемую **протонему мховъ.** Протонема мховъ въ видѣ тонкой зеленой паутины стелется по сырой почвѣ и строеніемъ своимъ напоминаетъ скорѣе нитчатую водоросль, чѣмъ мохъ (см. рис. 549, *B*). Большая часть протонемы состоитъ изъ зеленыхъ нитей, имѣющихъ внутри своихъ клѣтокъ хлорофильныя зерна; отъ этихъ зеленыхъ нитей въ землю отходятъ безцвѣтныя нити или ризоиды (корневые волоски) (см. рис. 549, *A*, *B*, *w*), а въ нѣкоторыхъ мѣстахъ на протонемѣ залагаются почки *(K)*, изъ которыхъ далѣе вырастаетъ уже самъ мохъ со стеблемъ и листьями. Таковъ циклъ

развитія мховъ. Мхи, слѣдовательно, имѣютъ два правильно чередующихся другъ съ другомъ поколѣнія: безполое, спорообразующее — это спорогоній или споровая коробочка на ножкѣ, и половое поколѣніе — это протонема мха и самъ мохъ; половое поколѣніе развивается изъ безполой споры и въ свою очередь производитъ половые органы — архегоніи и антеридіи. Половое поколѣніе мховъ имѣетъ двѣ стадіи развитія, младенческую — это протонема мховъ, и взрослую стадію — это самъ мохъ съ стеблемъ и листьями и съ половыми органами.



Рис. 550. Печёночный мохъ — *Anthoceros gracilis*. Растеньице съ четырьмя вскрывшимися спорогоніями, въ естественную величину.

Кромѣ листостебельныхъ мховъ имѣются такъ называемые **печеночные мхи.** Ихъ циклъ развитія въ общемъ тотъ же, что и мховъ листостебельныхъ. Только половое поколѣніе многихъ печеночныхъ мховъ построено проще и представлено не расчлененнымъ на стебель и листья растеніемъ, а листовиднымъ слоевищемъ, на которомъ образуются архегоніи и антеридіи и изъ котораго вырастаютъ затѣмъ спорогоніи (см. рис. 550). Слоевища низшихъ печеночныхъ мховъ напоминаютъ скорѣе слоевища водорослей, а нѣкоторые печеночники ведутъ даже водный образъ жизни, на подобіе водорослей (напримѣръ, *Riccia*), и имѣютъ весьма упрощенные какъ половые органы, такъ и спорогоніи.

Значительно выше мховъ по своему развитію стоятъ папоротники. **Папоротники** широко распространены по земному шару, но особенно сильно развиты они въ тропическихъ лѣсахъ и во влажныхъ лѣсахъ южнаго полушарія, напримѣръ, въ юго-восточной Австраліи, Новой Зеландіи, Тасманіи и т. д. Здѣсь папоротники достигаютъ огромной высоты и являются формами древовидными (см. рис. 551). У насъ въ Россіи крупные полу-древовидные папоротники встрѣчаются на Черноморскомъ побережьѣ, напримѣръ, въ болотахъ близъ Адлера, Батума и т. д. Это такъ называемый царскій папоротникъ или *Osmunda regalis* (см. рис. 552). Въ тропическихъ лѣсахъ многіе папоротники живутъ эпифитно на корѣ деревьевъ или въ видѣ ліанъ обвиваютъ высокіе стволы тропическихъ деревьевъ. Въ тѣнистыхъ сырыхъ лѣсахъ, въ глубокихъ тѣнистыхъ оврагахъ папоротники тоже охотно селятся. Съ строеніемъ и исторіей развитія папоротниковъ мы познакомимся на одномъ примѣрѣ, а именно на *Aspidium filix mas* — щитникѣ, встрѣчающемся нерѣдко у насъ въ болѣе сухихъ лѣсахъ (см. рис. 553). Тѣло папоротника состоитъ изъ корней, стебля и листьевъ. Листья его двояко-перисто-разсѣченные и въ молодости свернуты внутрь спиралью, на подобіе улитки (см. рис. 551, 553, фиг. *1*, *a*). Они нарастаютъ верхушкой, а не основаніемъ, какъ листья выс-

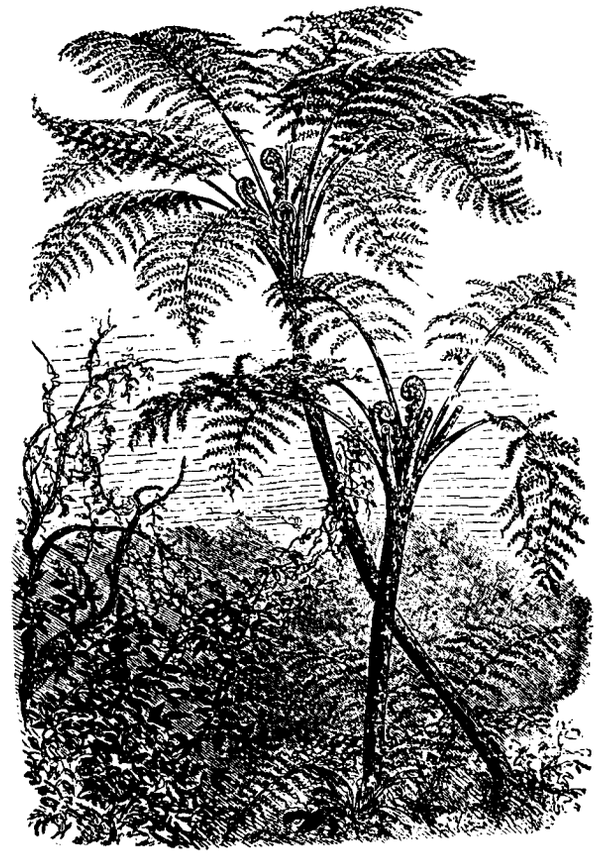


Рис. 551. Древовидный папоротникъ.

шихъ цвѣтковыхъ растеній. Анатомическое строеніе папоротниковъ весьма сложное, подобное анатомическому строенію цвѣтковыхъ растеній. У нихъ есть уже настоящіе сосудисто-волокнистые пучки, но построенные по особому, такъ называемому концентрическому типу (см. рис. 207, на стр. 233) и безъ настоящихъ сосудовъ. Листья папоротниковъ или всѣ одинаковы, или среди листьевъ этихъ можно



Рис. 552. Папоротникъ — *Osmunda regalis* въ болотѣ, бл. Адлера, въ Черноморской губ.

различать листья безплодные и листья плодущіе или **спорофиллы**. Обыкновенно плодущіе листья папоротниковъ не отличаются по внѣшнему виду отъ листьевъ вегетативныхъ, безплодныхъ, но у нѣкоторыхъ папоротниковъ споролистики или части листа, несущія спорангіи, сильно метаморфозируются, и тогда по первому взгляду они рѣзко отличаются отъ вегетативныхъ листьевъ или ихъ частей (см. рис. 554, *f*, 555). На нижней сторонѣ листьевъ папоротниковъ сидятъ обыкновенно органы безполаго размноженія, называемые **спорангіями**. Спорангіи эти расположены на изнанкѣ листа по нѣскольку кучками или **сорусами** (см. рис. 553, *4*, *5*), и сорусы эти нерѣдко бываютъ прикрыты особымъ эпидермальнымъ пленча-

тымъ выростомъ листа, называемымъ **кровелькой** или **индузіемъ** (см. рис. 553, *3*, *a*, *4*, *5*, *b*). Впрочемъ, индузій бываетъ не у всѣхъ папоротниковъ, и есть такіе папоротники, у которыхъ



Рис. 553. Папоротникъ — *Aspidium filix mas*: *1* — внѣшній видъ, *a* — молодые закрученные листья; *2* — поперечный разрѣзъ черезъ корневище съ проводящими пучками — *a*; *3* — часть листа съ сорусами: *a* — индузій, *b* — спорангіи; *4* — сорусъ въ разрѣзѣ; *5* — сорусъ въ разрѣзѣ: *a* — листъ, *b* — индузій, *c* — спорангій; *6* — спорангій, *a* — ножка, *c* — кольцо или annulus, *d* — споры.

сорусы спорангіевъ лежатъ голо и индузіемъ не покрыты (см. рис. 556). Вздутая часть листа папоротника, къ которой прикрѣпляются спорангіи, и отъ которой отходитъ индузій, называется **receptaculum** (см. рис. 557, *r*). Индузій папоротни-

ковъ имѣетъ весьма различную форму и устройство и большое значеніе въ спеціальной ихъ систематикѣ. Такъ, напримѣръ, въ тропическомъ семействѣ *Cyatheaceae* индузій имѣетъ видъ пленчатыхъ бокальчиковъ или чашечекъ, на днѣ которыхъ помѣщены сорусы спорангіевъ (см. рис. 558). Спорангій папоротника представляетъ мѣшочекъ, обыкновенно сидящій на ножкѣ (см. рис. 553, *б*, *а*). Спорангій этотъ имѣетъ многоклѣтную однослойную стѣнку, а внутри его въ зрѣломъ состояніи находятся споры (*d*). Нѣкоторыя клѣтки стѣнки отличаются сильно утолщенными оболочками и образуютъ такъ называемое **кольцо** или **annulus** (см. рис. 553, *б*, *с* и рис. 556, *B*), помогающее раскрыванію спорангія и высѣ-ванію изъ него споръ. **Спора** папоротниковъ, а равно и другихъ папоротникообразныхъ, представляетъ образованіе одноклѣт-

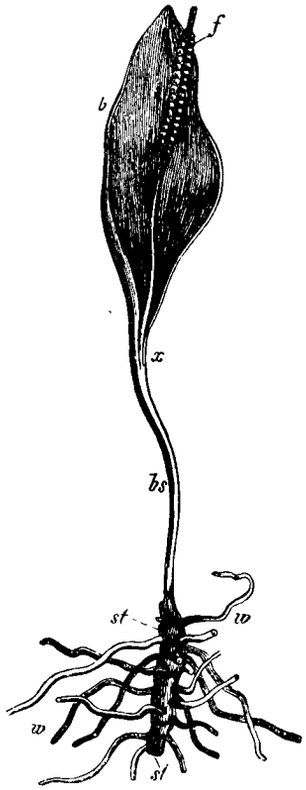


Рис. 554. *Ophioglossum vulgatum*, въ естественную величину: *w* — корни, *st* — стебель, *bs* — листовой черешокъ, *x* — мѣсто вѣтвленія листа на безплодную пластинку (*b*) и спороносный колосокъ (*f*).

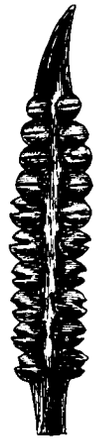


Рис. 555. Спороносный колосокъ *Ophioglossum vulgatum*, увеличенный.

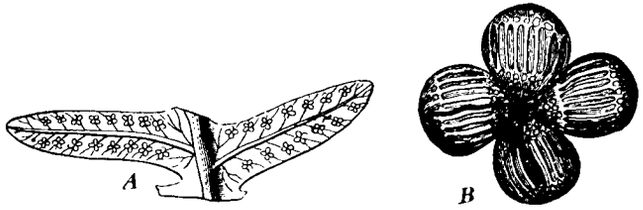


Рис. 556. *Gleicheniaceae*: *A* — часть листа съ сорусами спорангіевъ (снизу); *B* — одинъ сорусъ изъ четырехъ спорангіевъ.

ное, окруженное двумя оболочками; внутренняя тонкая оболочка называется **эндоспоріемъ**; а такъ какъ спора папоротниковъ гомологична цвѣтневой пылинкѣ высшихъ цвѣтковыхъ растеній, то, слѣдовательно, эндоспорій этотъ соотвѣтствуетъ **интинѣ** пыльцы;

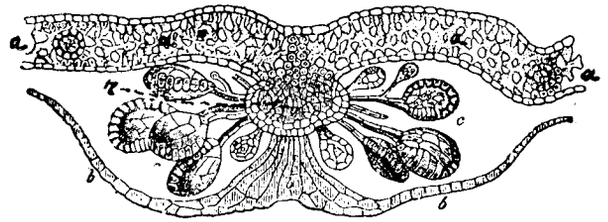


Рис. 557. Поперечный разрѣзъ черезъ сорусъ *Aspidium Filix mas*: *a* — ткань листа, *b* — кровелька или индузіумъ, *c* — спорангій, *r* — receptaculum.

наружная же толстая и узорчатая оболочка папоротниковой споры называется **экзоспоріемъ** и соотвѣтствуетъ **экзинѣ** пыльцы. Сходство между спорами папоротниковъ и пыльцей высшихъ цвѣтковыхъ растеній не ограничивается ихъ внѣшнимъ видомъ. Исторія происхожденія спорангія и споры папоротника совершенно гомологична исторіи развитія пыльцевого гнѣзда пыльника тычинки и пыльцы, и эта гомологія имѣетъ огромное значеніе при установленіи филогенетическихъ отношеній между папоротникообразными и цвѣтковыми растеніями. На рис. 559, на фиг. *1* представленъ молодой спорангій папоротника. У большинства папоротниковъ спорангій развивается изъ одной всего эпидермальной клѣтки нижней стороны листа. Такіе папоротники называются **лептоспорангіатными** (*Filices leptosporangiatae*). Есть однако же папоротники, у которыхъ спорангій развивается изъ цѣлой

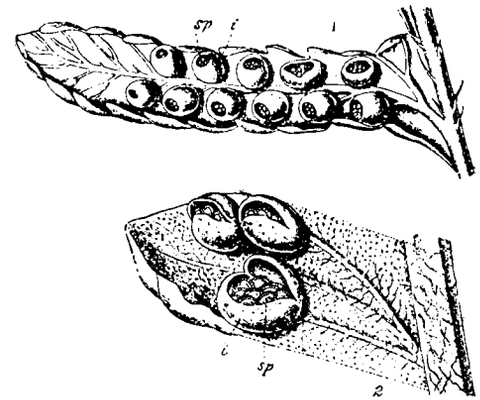


Рис. 558. *1*. Доля листа *Cyathea elegans*. *2*. Тоже *Cibotium Schiedei*; оба изъ сем. *Cyatheaceae*: *i* — индузіумъ, *sp* — спорангіи.

группы какъ эпидермальныхъ, такъ и субэпидермальныхъ клѣтокъ. Такіе папоротники называются **эуспорангіатными** (*Filices eusporangiatae*). Сюда относятся крупные тропическіе папоротники изъ семейства *Marattiaceae* и небольшое семейство ужовниковыхъ (*Ophioglossaceae*) (см. рис. 554). Во всякомъ

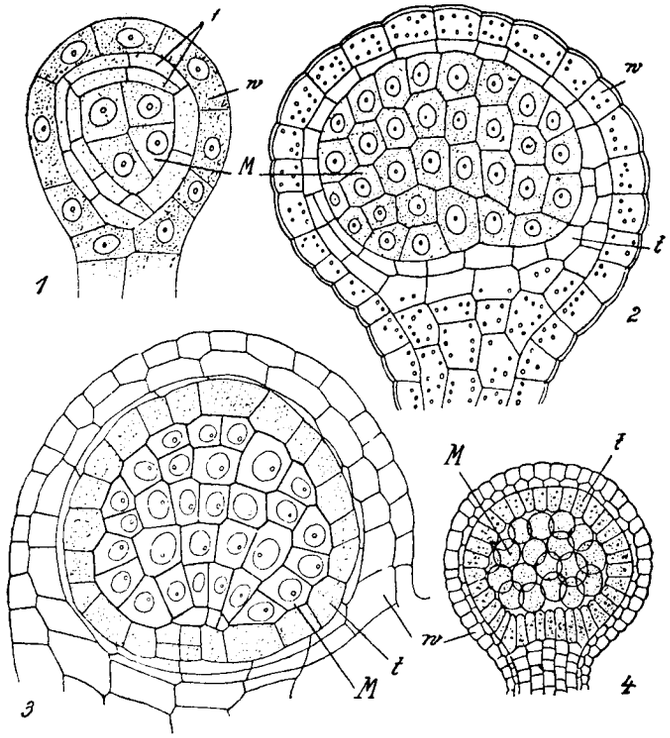


Рис. 559. Спорангій и его гомологи. — Фиг. *1*. Молодой спорангій папоротника — *Asplenium Adiantum nigrum*. Фиг. *2*. Тоже плауна — *Lycopodium clavatum*. — Фиг. *3*. Молодой микроспорангій разноспороваго плауноваго — *Selaginella inaequalifolia*. — Фиг. *4*. Поперечный разрѣзъ молодого пыльцевого гнѣзда покрытосѣменнаго растенія — *Symphytum officinale*. — На всѣхъ фигурахъ *w* — означаетъ стѣнку, *t* — таблитчатыя или выстилающія клѣтки, *M* — археспоріальную ткань, развивающую споры или пыльцевыя зернышки.

случаѣ, развивается ли спорангій изъ одной клѣтки или изъ цѣлой группы ихъ, вначалѣ онъ состоитъ изъ однообразныхъ паренхиматическихъ клѣтокъ, происшедшихъ отъ дѣленія одной или нѣсколькихъ клѣтокъ, давшихъ ему начало. Но весьма скоро въ молодомъ спорангіи ясно обозначаются три слоя клѣтокъ (см. рис. 559, фиг. *1*). Наружный слой клѣтокъ образуетъ **стѣнку спорангія** (*w*); самый внутренній слой клѣтокъ предста-

вленъ крупными жизнедѣятельными наполненными протоплазмой клѣтками, образующими такъ называемыя **материнскія клѣтки споръ** или **археспорій** (*M*), соотвѣтствующій таковой же археспоріальной ткани въ коробочкѣ мховъ (см. рис. 548, *sp*). Изъ материнскихъ клѣтокъ археспорія образуются споры папоротниковъ **путемъ четвертованія**, такъ же какъ и у мховъ. Третій слой клѣтокъ находится между слоемъ клѣтокъ, образующихъ стѣнку спорангія, и археспоріемъ и представленъ узкими плоскими таблитчатыми клѣтками (*t*). Этотъ слой клѣтокъ называется **выстилающими клѣтками** или **тапетами** (Tapetenzellen). Ко времени созрѣванія спорангія выстилающія клѣтки его ослизняются и пропадаютъ, а плазматическое содержимое ихъ идетъ отчасти на образованіе утолщеній и узоровъ наружной оболочки споръ, экзоспорія. Намъ особенно важна эта исторія развитія спорангія и споръ папоротниковъ потому, что совершенно по тому же закону происходитъ исторія развитія спорангіевъ и споръ не только папоротниковъ, но и всѣхъ остальныхъ папоротникообразныхъ; и не только папоротникообразныхъ, но и голосѣменныхъ, и покрытосѣменныхъ растеній. На томъ же рисункѣ 559, на фиг. *2* изображенъ молодой спорангій плауновъ, на фиг. *3* молодой микроспорангій разноспоровыхъ плауновыхъ — *Selaginella*, а на фиг. *4* представленъ поперечный разрѣзъ черезъ пыльцевое гнѣздо тычинки одного изъ высшихъ цвѣтковыхъ растеній, именно *Symphytum officinale*, изъ сем. бурачниковыхъ (*Borraginaceae*). Сравнивая эти четыре рисунка, мы видимъ, что исторія развитія спорангіевъ и споръ различныхъ папоротникообразныхъ и исторія развитія пыльцевого гнѣзда пыльника цвѣтковыхъ растеній протекаетъ по одному и тому же закону. Всѣ эти образованія гомологичны между собою и развиваются одинаковымъ образомъ. Сначала будущій органъ размноженія образуется въ видѣ бугорка однообразной паренхиматической ткани; но затѣмъ въ этой однообразной ткани дифференцируются три вторичныхъ ткани: наружная, образующая **стѣнку** органа размноженія

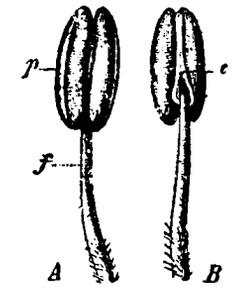


Рис. 560. Тычинка или микроспоролистикъ покрытосѣменнаго растенія снаружи (*A*) и совнутри (*B*); *f* — нить, *p* — пыльцевой мѣшокъ или микроспорангій, *c* — спайникъ.

(*w*), внутренняя, образующая **археспорій** или материнскую ткань споръ или пыльцы высшихъ цвѣтковыхъ растеній (*M*), изъ клѣтокъ которой споры или пыльца развиваются путемъ четвертованія, и, наконецъ, средняя промежуточная ткань — **выстилающая** или **тапетумъ** (*t*), состоящая изъ клѣтокъ, при созрѣваніи органа размноженія расплывающихся и уничтожающихся. Ясно, что всѣ эти органы гомологичны между собою.

Мы знаемъ, что **тычинка** цвѣтковыхъ растеній (см. рис. 560), состоящая изъ нити (*f*) и пыльника (*p*), есть не что иное, какъ метаморфозированный листъ. Теперь мы видимъ, что это притомъ же плодущій метаморфозированный листъ, такой же споролистикъ, какъ и споролистики папоротника и плауна или микроспоролистики *Selaginella*. Какъ споролистики папоротника и плауна производятъ вполнѣ опредѣленнымъ образомъ спорангіи и внутри ихъ споры, какъ микроспоролистики *Selaginella* производятъ микроспорангіи и въ нихъ микроспоры, такъ и тычинка высшихъ растеній есть не что иное, какъ споролистикъ или микроспоролистикъ, производящій спорангіи и внутри ихъ совершенно аналогичнымъ образомъ споры или пыльцу цвѣтковыхъ растеній (см. рис. 561). А потому цвѣтковыя растенія, въ сущности говоря, тѣ же споровыя, а пыльца ихъ есть не что иное, какъ спора, аналогичная спорамъ папоротниковъ или микроспорамъ селагинелли.

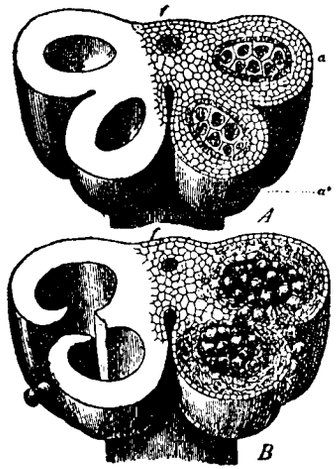


Рис. 561. Строеніе пыльника покрытосѣменнаго растенія: *A* — поперечный разрѣзъ пыльника до раскрыванія, *B* — послѣ раскрыванія; *f* — спайникъ, *a*, *a'* — пыльцевой мѣшокъ или микроспорангій; въ *A* — пыльца или микроспоры еще развиваются, въ *B* — онѣ готовы.

Къ этому важному вопросу филогеніи цвѣтковыхъ растеній и ихъ родственныхъ отношеній къ папоротникообразнымъ намъ придется еще вернуться на одной изъ послѣднихъ лекцій [1]),

1) См. также руководство мое: Н. Кузнецовъ. Переходъ отъ тайнобрачныхъ къ явнобрачнымъ. 1914.

теперь же, запомнивъ хорошенько исторію развитія спорангія папоротника, посмотримъ, что дѣлается дальше съ его спорами.

По созрѣваніи спорангія папоротника, споры изъ него высыпаются, попадаютъ въ землю и прорастаютъ. Но изъ споръ папоротника вырастаетъ не папоротникъ, а особое маленькое слоевцовое растеньице, называемое **предросткомъ** или **проталліумомъ**. Мы видѣли выше, что подъ тропиками и въ южномъ полушаріи встрѣчаются огромные древовидные папоротники; но и изъ ихъ споръ вырастаетъ ничтожной величины, всего въ нѣсколько миллиметровъ длиною, крайне упрощенное слоевцовое растеньице, и это то маленькое растеньице составляетъ второе половое поколѣніе папоротниковъ. Проталліумъ папоротниковъ имѣетъ б. ч. сердцевидную форму (см. рис. 562) и состоитъ б. ч. изъ однослойной паренхиматической ткани. Онъ напоминаетъ собою слоевище водорослей или, еще ближе, слоевище низшихъ печеночныхъ мховъ (ср., напримѣръ, рис. 550) и, подобно послѣднему, на нижней сторонѣ своей имѣетъ корневые волоски или ризоиды, которыми прикрѣпляется къ почвѣ. Среди корневыхъ волосковъ этихъ находятся мужскіе половые органы — **антеридіи** (*b*, *b*,), а поближе къ сердцевидной вырѣзкѣ проталліума, тоже на нижней сторонѣ его, расположены женскіе половые органы — **архегоніи** (*a*, *a*). Тѣ и другіе построены по тому-же типу, какъ и у мховъ, только они болѣе упрощенной формы (см. рис. 563 и 564). Я не стану подробно описывать антеридіи и архегоніи папоротниковъ, ибо строеніе ихъ вполнѣ ясно изъ прилагаемыхъ рисунковъ и сходно со строеніемъ таковыхъ же органовъ у мховъ. Скажу только, что **архегоніи** папо-

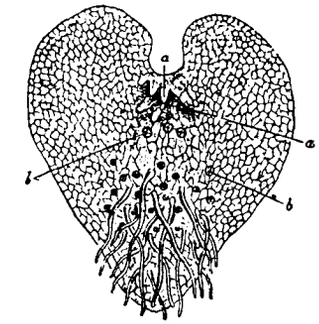


Рис. 562. Предростокъ папоротника снизу; *a*, *a* — архегоніи; *b*, *b* — антеридіи.

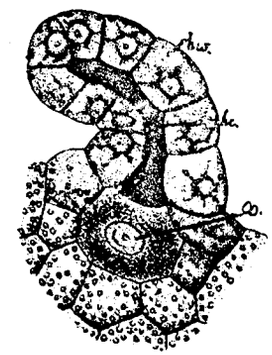


Рис. 563. Архегоній папоротника; *hw* — стѣнка архегонія; *hc* — шейная канальцевая клѣтка; *oo* — яйцеклѣтка.

ротниковъ (см. рис. 563) погружены брюшкомъ своимъ въ ткань проталліума, что шейка ихъ состоитъ изъ меньшаго количества клѣтокъ, чѣмъ у мховъ, и что ослизняющіяся канальцевыя клѣтки архегонія хемотактически привлекаютъ антеризоиды папоротниковъ не тростниковымъ сахаромъ, а яблочной кислотой. Въ архегоніи имѣется яйцо, брюшная и шейныя канальцевыя клѣтки. **Антеридій** папоротниковъ (см. рис. 564) тоже проще устроенъ, чѣмъ антеридій мховъ; онъ состоитъ изъ гораздо меньшаго числа стѣнныхъ клѣтокъ, производитъ меньшее количество антерзоидовъ и имѣетъ видъ бородавочекъ, расположенныхъ на нижней сторонѣ проталліума, среди его ризоидовъ. Оплодотвореніе у папоротниковъ происходитъ такъ же въ каплѣ воды, въ каплѣ росы или дождя, какъ и у мховъ. Оплодотворенная яйцеклѣтка одѣвается оболочкою и начинаетъ весьма правильно дѣлиться цѣлымъ рядомъ математически правильно пересѣкающихъ другъ друга перегородокъ. Въ результатѣ получается сначала **зародышъ** слѣдующаго безполаго поколѣнія папоротника. Въ зародышѣ этомъ мы различаемъ уже вскорѣ основные органы будущаго взрослаго растенія, а именно, зачаточный главный корень, зачаточный главный стебель, первый листъ въ зачаточномъ состояніи и такъ называемую **стопу** или **подошву**, при помощи которой зародышъ еще долгое время остается въ связи съ произведшимъ его материнскимъ половымъ растеньицемъ — проталліумомъ. Зародышъ папоротника, образовавшійся изъ его оплодотворенной яйцеклѣтки, не переходитъ въ покоющееся состояніе и, разъ образовавшись,

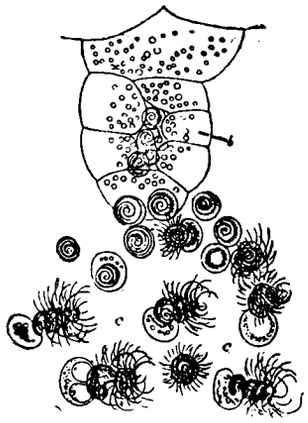


Рис. 564. Лопнувшій антеридій папоротника: *b* — стѣнка антеридія, *c* — живчики или антерозоиды.

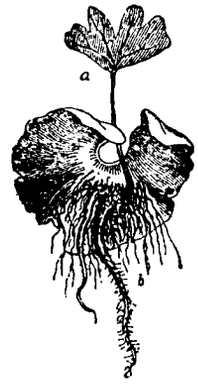


Рис. 565. Молодой папоротникъ съ предросткомъ, на которомъ онъ возникъ; *a* — первый листъ; *b* — корень.

тутъ же на проталліумѣ развивается дальше (см. рис. 565). Зачаточный корешокъ его вытягивается въ главный корень, верхушка главнаго стебля съ первымъ зачаточнымъ листомъ тоже вырастаетъ изъ ткани предростка, и такимъ образомъ на предросткѣ папоротника появляется маленькій папоротничекъ со всѣми основными своими органами, остающійся, однако, нѣкоторое время въ связи съ проталліумомъ и живущій такъ же паразитически на его счетъ, какъ, напримѣръ, спорогоній печеночнаго мха живетъ паразитически на слоевищѣ своего полового поколѣнія (см. рис. 566). И спорогоній печеночнаго мха, и маленькій папоротничекъ — оба представляютъ безполое спорообразующее поколѣніе того и другого растенія; разница лишь въ томъ, что спорогоній мха, вырастая изъ полового поколѣнія, всю жизнь свою, вплоть до созрѣванія споръ, проводитъ на половомъ поколѣніи, питаясь, какъ паразитъ, его сокомъ, а папоротникъ лишь первое время своей жизни паразитируетъ на предросткѣ (на половомъ поколѣніи), а затѣмъ, образовавъ собственные корни и листья, развивается нерѣдко въ мощное сильно расчлененное спорообразующее растеніе, ведущее самостоятельный образъ жизни, предростокъ же, давъ начало самому папоротнику и облегчивъ ему первое время его существованія, затѣмъ далѣе не развивается и погибаетъ. Предростокъ папоротника съ развивающимся на немъ зародышемъ будущаго растенія, питающимся первое время на счетъ предростка, можно до нѣкоторой степени, если не съ морфологической, то во всякомъ случаѣ съ физіологической стороны, сравнить съ сѣменами высшихъ растеній. Какъ въ развивающемся изъ сѣмяпочки сѣмени вырабатывается изъ оплодотворенной яйцеклѣтки зародышъ будущаго растенія и первое время, прорастая, зародышъ этотъ питается запасными питательными веществами, отложенными въ сѣмени (въ эндоспермѣ или сѣмядоляхъ),



Рис. 566. *Anthoceros gracilis*. Часть слоевища съ вскрывшимся спорогоніемъ; посрединѣ колумелла, у основанія спорогонія — влагалище ($^4/_1$).

иначе говоря, какъ бы паразитируетъ на сѣмени, такъ и у папоротниковъ на вырастающемъ изъ споры предросткѣ изъ оплодотворенной яйцеклѣтки развивается зародышъ будущаго папоротника и первое время, прорастая, зародышъ этотъ питается органическими питательными веществами, приготовленными проталліумомъ путемъ ассимиляціи углекислоты; лишь образовавши собственные корни и листья, и прорастающее изъ сѣмени цвѣтковое растеніе, и прорастающій изъ предростка молодой папоротничекъ переходятъ къ самостоятельному образу жизни, а истощенное сѣмя или истощенный предростокъ папоротника погибаютъ. Разница существенная между сѣменемъ цвѣтковыхъ растеній и предросткомъ папоротника та, что, во-первыхъ, сѣмя есть покоющееся состояніе растенія, а предростокъ папоротника нѣтъ, и, во-вторыхъ, та, что зародышъ цвѣтковыхъ растеній въ сѣмени скрытъ внутри его тканей, а зародышъ папоротника сидитъ на предросткѣ и не окруженъ со всѣхъ сторонъ его тканью.

Итакъ, папоротники, на первый взглядъ рѣзко отличаясь отъ цвѣтковыхъ растеній, имѣютъ не мало и общихъ чертъ развитія; съ другой же стороны папоротники во многомъ сходны со мхами. Подобно мхамъ, папоротники имѣютъ ясно выраженное чередованіе поколѣній. Половое поколѣніе и мховъ, и папоротниковъ производитъ многоклѣтные половые органы опредѣленной организаціи — антеридіи и архегоніи. Безполое поколѣніе папоротниковъ и мховъ производитъ путемъ четвертованія клѣтокъ археспоріальной ткани споры, безполые продукты размноженія этихъ растеній. Разница между мхами и папоротниками слѣдующая. У мховъ сильно развито половое поколѣніе (протонема и самъ мохъ) и гораздо слабѣе поколѣніе безполое, спорообразующее (спорогоній); у папоротниковъ же, наоборотъ, сильно развито спорообразующее поколѣніе (самъ папоротникъ) и весьма слабо, въ видѣ зачаточнаго растеньица, представлено поколѣніе половое (предросткомъ или проталліумомъ). Соотвѣтственно съ этимъ и половые органы папоротниковъ развиты проще, чѣмъ у мховъ, у которыхъ органы эти выражены наиболѣе типичнымъ образомъ.

Лекція сорокъ седьмая.

Размноженіе архегоніатныхъ растеній. Плауны, хвощи и разноспоровыя папоротникообразныя.

Къ **папоротникообразнымъ растеніямъ** относятся еще **плауны** и **хвощи**. Общій циклъ развитія этихъ растеній тотъ же, что и папоротниковъ. У нихъ ясно выражено чередованіе полового и безполаго поколѣнія. Половое поколѣніе развиваетъ архегоніи и антеридіи, безполое же поколѣніе производитъ путемъ четвертованія споры изъ материнскихъ клѣтокъ археспорія спорангіевъ. Хвощи и плауны стоятъ выше въ системѣ и ближе приближаются къ цвѣтковымъ растеніямъ вслѣдствіе болѣе ясно выраженнаго метаморфоза листовыхъ органовъ ихъ безполаго поколѣнія и бо́льшаго раздѣленія физіологическаго труда между отдѣльными листьями одного и того же побѣга. Мы видѣли, что у большинства папоротниковъ либо почти всѣ листья плодущіе, спорообразующіе, либо споролистики почти ничѣмъ по внѣшнему виду не отличаются отъ листьевъ безплодныхъ и исполняютъ одновременно и функцію размноженія, и функцію питанія. У плауновъ и хвощей стебли обыкновенно одѣты безплодными листьями, исполняющими лишь функцію питанія. Листья же плодущіе, **споро-**



Рис. 567. Колоски плауновыхъ — *Lycopodium clavatum.*

листики имѣютъ иной видъ, метаморфозированы и собраны на концѣ особыхъ плодущихъ побѣговъ, въ видѣ колосковъ или стробиловъ, которыми и заканчивается ростъ даннаго побѣга въ длину. Такимъ образомъ **колоски** или **стробилы** плауновъ (см. рис. 567) и хвощей (см. рис. 568) представляютъ метаморфозированные листостебельные побѣги, предназначенные для цѣлей **безполаго** размноженія этихъ растеній и состоящіе изъ укороченной конечной оси и метаморфозированныхъ споролистиковъ (см. рис. 569 и 570), несущихъ на внутренней или внѣшней сторонѣ своей одинъ или нѣсколько спорангіевъ со спорами.



Рис. 568. Стробилъ или колосокъ хвощей — *Equisetum*: онъ состоитъ изъ *p* — перигона или покроволистиковъ, а выше по оси изъ споролистиковъ.

Примѣромъ плауновъ можетъ служить растущій у насъ въ хвойныхъ лѣсахъ **обыкновенный плаунъ** (*Lycopodium clavatum*) (см. рис. 571, *A*). Его ползучій дихотомически вѣтвящійся стебель распростертъ по землѣ тѣнистыхъ хвойныхъ лѣсовъ и густо одѣтъ узкими тонкими зелеными листьями (*l*), а въ землю мѣстами выпускаетъ придаточные дихотомически вѣтвящіеся корни (*r*). Ко времени плодоношенія плодущіе побѣги его вытягиваются сильнѣе и одѣты такими же вегетативными зелеными листьями (*l'*), но рѣже сидящими, чѣмъ на обыкновенныхъ вѣтвяхъ. Плодущій побѣгъ заканчивается двумя, тремя колосками (*st*), состоящими изъ тѣсно-сближенныхъ метаморфозированныхъ болѣе широкихъ, въ особенности у основанія, споролистиковъ. Въ пазухѣ каждаго такого листа на внутренней его сторонѣ сидитъ одинъ **спорангій** бобовидной или почковидной формы (см. рис. 569). Спорангій растрескивается продольной трещиной и выпускаетъ массу споръ. **Споры** эти тетраэдрической формы (см. рис. 571, *B*) и съ



Рис. 571. Плаунъ (*Lycopodium clavatum*): *r* — корни, *l* — безплодные листья, *l'* — верхушечные листья, *st* — колосокъ; *B* — споры.



Рис. 569. Споролистикъ *Lycopodium clavatum* съ однимъ треснувшимъ спорангіемъ у основанія.

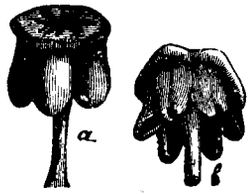


Рис. 570. Щитокъ колоска хвоща (*Equisetum*) со спорангіями: *a* — сбоку, *b* — снизу.

изящной наружной скульптурой ихъ **экзоспорія**. Плауны даютъ такое огромное количество споръ, что ихъ собираютъ въ аптеки въ качествѣ дѣтской присыпки.

Очень долгое время не могли установить, какъ прорастаютъ споры плауновъ, и есть ли у плауновъ такіе же предростки, какъ у папоротниковъ. Въ концѣ концовъ однако найдены были и **предростки плауновъ**; они развиваются

глубоко подъ землею и имѣютъ видъ маленькихъ безцвѣтныхъ клубеньковъ, ведущихъ сапрофитный образъ жизни (см. рис. 572 и 573, *pr*). На подземныхъ протальліяхъ этихъ найдены были погруженные въ ткань предростка антеридіи (см. рис. 572, *A*) и архегоніи (*o*). Послѣдніе выставляются изъ ткани предростка лишь своими короткими шейками. По оплодотвореніи яйца архегонія развивается на предросткѣ зародышъ (см. рис. 572, *e*), въ которомъ можно различить широкую стопу (*f*), при помощи коей зародышъ высасываетъ изъ клубневиднаго предростка питательные соки, а на противоположномъ концѣ зародыша мы видимъ зачаточный корешокъ (*r*) и верхушечную почечку съ верхушкой стебля и первыми листовыми зачатками. Мало-по-малу зародышъ вырастаетъ дальше и, пробиваясь сквозь землю, выноситъ на поверхность земли свой стебель съ узкими зелеными листьями (см. рис. 573, *pf*). У нѣкоторыхъ тропическихъ плауновъ протальліумы состоятъ наполовину изъ подземной безцвѣтной клубневидной и наполовину изъ надземной зеленой и лопастной части.

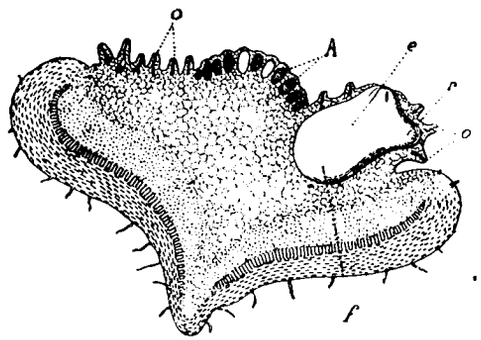


Рис. 572. Предростокъ (гаметофитъ) плауна (*Lycopodium clavatum*) въ разрѣзѣ. *A* — антеридіи; *o* — архегоніи; *e* — зародышъ безполаго поколѣнія.

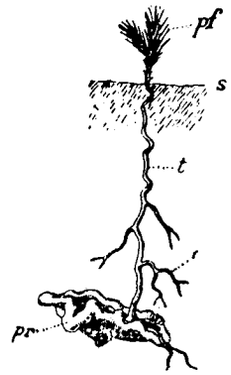


Рис. 573. Предростокъ плауна (*Lycopodium clavatum*) (*pr*) съ молодымъ спорофитомъ, верхушка котораго (*pf*) вышла надъ поверхностью почвы (*s*): *t* — подземная часть спорофита, *r* — корни.

Изображенный на рис. 574 **полевой хвощъ** (*Equisetum arvense*) имѣетъ длинное подземное корневище, съ шаровидными клубеньками (*a*), наполненными питательными веществами. Весною корневища эти выпускаютъ сначала надземные **плодущіе побѣги** (*1*). По-

бѣги эти не вѣтвятся или слабо вѣтвятся лишь у основанія и имѣютъ блѣдный цвѣтъ. Они состоятъ изъ членистыхъ ме-

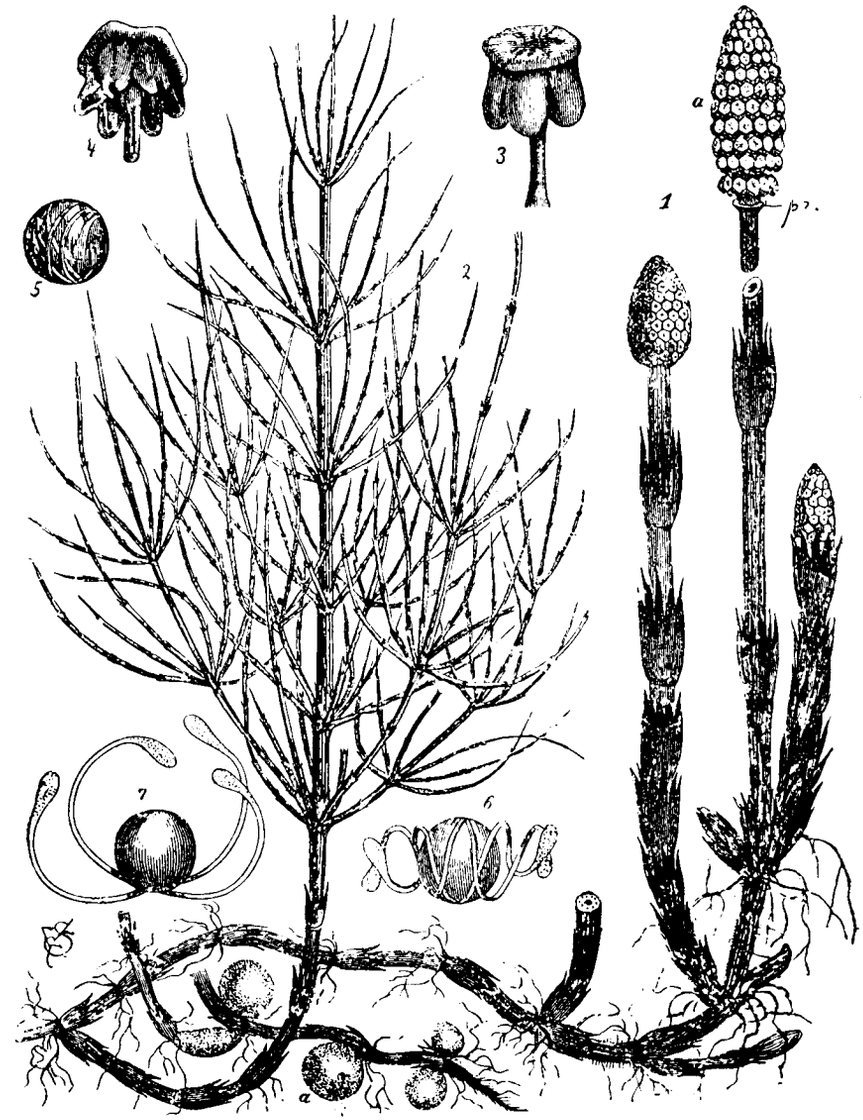


Рис. 574. Хвощъ полевой (*Equisetum arvense*): *1* — плодущіе побѣги съ колоскомъ изъ плодущихъ листочковъ (*a*); *2* — безплодный побѣгъ; на подземномъ корневищѣ видны шаровидные клубеньки (*a*); *3* — плодущій листъ сбоку; *4* — онъ же снизу; видны раскрытые щелями спорангіи; *5* — спора; *6* и *7* — споры съ пружинками.

ждоузлій и узловъ. Къ каждому узлу прикрѣпляются чешуевидные узкіе листочки, сидящіе мутовками и наполовину сросшіеся основаніями. Побѣги эти заканчиваются колосками (*a*), образованными шестиугольными таблитчатыми метаморфозированными споролистиками (*3*, *4*), на нижней сторонѣ которыхъ сидятъ шесть мѣшковидныхъ спорангіевъ. Самые верхушечные листья плодущаго побѣга, си-

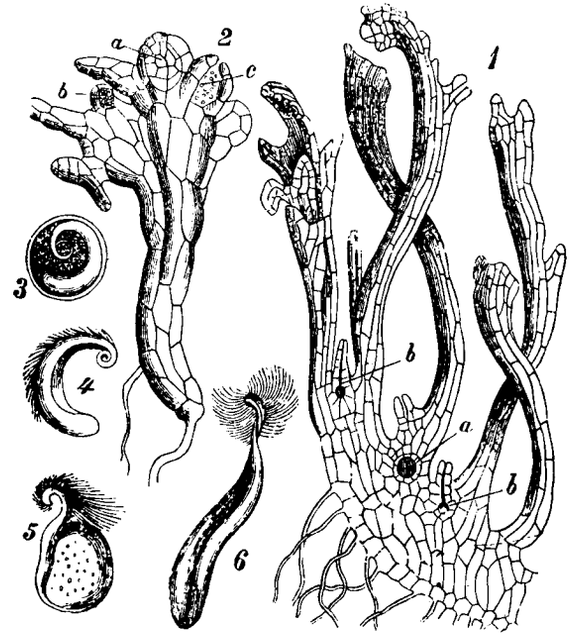


Рис. 575. *1* — женскій гаметофитъ полеваго хвоща (*Equisetum arvense*) съ архегоніями молодыми (*b*) и уже оплодотвореннымъ (*a*); *2* — мужской гаметофитъ того же растенія съ антеридіями различнаго возраста: *a* — молодымъ, *b* — зрѣлымъ и *c* — раскрывшимся; *3* — сперматозоидъ внутри материнской клѣтки; *4*, *5*, *6* — свободные сперматозоиды.

дящіе тоже мутовкой непосредственно подъ колоскомъ, также сильно метаморфозированы и образуютъ какъ бы зачаточный **періантъ** или **околоцвѣтникъ** (*pr*) плодущихъ колосковъ. Споры хвощей (*5*, *6*, *7*) отличаются тѣмъ, что наружная оболочка ихъ разрывается на двѣ ленточки или **пружины (элатеры)**, которыя въ сырое время дня спирально свернуты вокругъ споры (*5*, *6*), а при высыханіи крестообразно расправляются (*7*). Элатеры эти помогаютъ высвобожденію и высѣванію споръ изъ спорангіевъ. Кромѣ незеленыхъ весен-

нихъ побѣговъ, полевой хвощъ образуетъ изъ тѣхъ-же корневищъ лѣтомъ многочисленные сильно развѣтвленные **безплодные побѣги** (*2*), усиленно ассимилирующіе въ теченіе лѣта и запасающіе въ клубенькахъ и корневищахъ питательныя вещества на весну, когда начинаютъ быстро развиваться плодущіе побѣги этого хвоща. Споры хвощей, такъ же какъ папоротниковъ и плауновъ, всѣ одинаковой величины и формы, но у хвощей изъ однѣхъ споръ вырастаютъ **женскіе предростки** съ архегоніями (см. рис. 575,

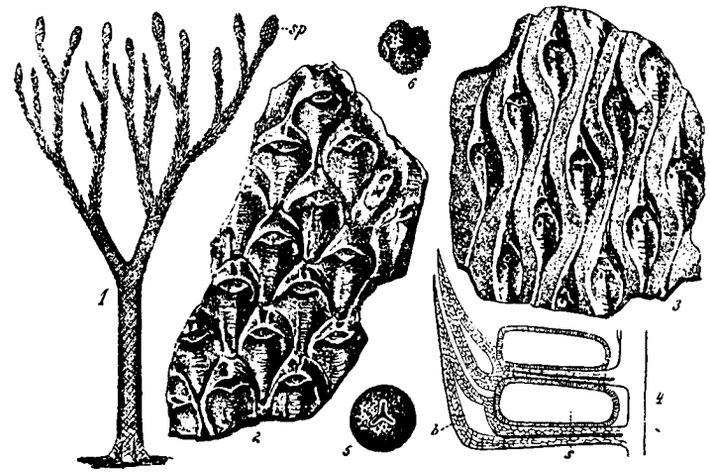


Рис. 576. *Lepidodendraceae*. Фиг. *1* — реставрація растенія съ плодущими колосками (*sp*), сильно уменьшено. Фиг. *2* — *Lepidodendron Volkmannianum*, кусокъ поверхности стебля съ листовыми рубцами, уменьш. Фиг. *3* — *L. Veltheimii*, кусокъ поверхности стебля съ листовыми рубцами, уменьшено. Фиг. *4* — шлифъ двухъ споролистиковъ (*b*) *Lepidostrobus*, съ спорангіями (*s*), увел. Фиг. *5* — макроспора, фиг. *6* — микроспоры *Lepidostrobus*, увелич.

1), изъ другихъ же споръ **мужскіе предростки** съ антеридіями (см. рис. 575, *2*). Тѣ и другіе половые органы глубоко погружены въ ткань предростковъ, сами же предростки зеленаго цвѣта, сильно лопастные и по формѣ отличаются другъ отъ друга.

У хвощей, слѣдовательно, раздѣленіе половъ пошло дальше, чѣмъ у папоротниковъ и плауновъ. У этихъ послѣднихъ раздѣленіе половъ выражается лишь различными половыми органами на одномъ и томъ же проталліумѣ или предросткѣ. У хвощей сами предростки мужскіе и женскіе отличаются другъ отъ друга, но споры,

изъ которыхъ образуются тѣ и другіе предростки, еще совершенно одинаковы. Есть однако среди папоротниковъ и плауновъ, а въ былыя времена были и среди хвощей, такія папоротникообразныя растенія, которыя приносятъ двоякаго рода споры въ двоякаго рода спорангіяхъ. Такія папоротникообразныя называются **разноспоровыми** или **гетероспоровыми папоротникообразными**. Въ давнишнія эпохи жизни нашей планеты на земномъ шарѣ жило много и притомъ

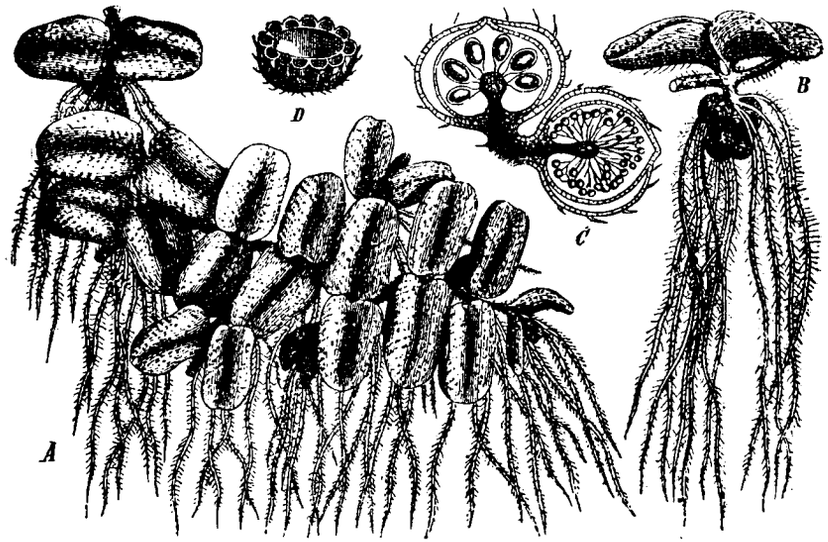


Рис. 577. *Salvinia natans*: *A* — все растеніе, въ естеств. величину. *B* — часть растенія съ двумя плавающими листьями и однимъ подводнымъ корневиднымъ листомъ съ спорокарпіями. *C* — продольный разрѣзъ двухъ спорокарпіевъ съ макро- и микроспорангіями, *D* — поперечный разрѣзъ спорокарпія.

очень гигантскихъ размѣровъ разноспоровыхъ папоротникообразныхъ. Въ особенности ихъ много было среди плауновыхъ (см. рис. 576). Но въ настоящее время уцѣлѣло очень немного такихъ гетероспоровыхъ папоротниковъ и плауновъ, и они представляютъ какъ бы пережитки очень далекаго прошлаго. Вмѣстѣ съ тѣмъ они очень интересны для насъ въ томъ смыслѣ, что представляютъ переходныя формы отъ архегоніатныхъ или папоротникообразныхъ къ типичнымъ цвѣтковымъ покрытосѣменнымъ растеніямъ. Изъ нынѣ живущихъ гетероспоровыхъ папоротникообразныхъ укажемъ лишь нѣкоторыя. Такъ, сюда относится, плавающая на водѣ

и живущая у насъ на югѣ Россіи *Salvinia natans* (см. рис. 577) или растущая на болотистыхъ мѣстахъ *Marsilea quadrifolia* (см. рис. 578). Оба эти растенія и нѣкоторыя еще другія принадлежатъ къ разноспоровымъ воднымъ папоротникамъ (*Hydropterides*).

Въ озерахъ Финляндіи и сѣверныхъ губерній Россіи растетъ подъ водою особое растеніе, называемое шилохвостомъ или *Isoëtes* (см. рис. 579), а въ тѣнистыхъ сырыхъ тропическихъ лѣсахъ распространены нѣжныя моховидныя растеньица — *Selaginella* (см. рис. 580). Эти два растенія причисляются обыкновенно къ разноспоровымъ плауновымъ. Особенностью всѣхъ этихъ ископаемыхъ и нынѣ живущихъ или, вѣрнѣе говоря, доживающихъ свой вѣкъ допотопныхъ разноспоровыхъ папоротникообразныхъ заключается въ томъ, что у нихъ образуются двоякаго рода споры въ двоякаго рода спорангіяхъ. Это хорошо видно на рис. 577, фиг. *C* у *Salvinia* и на рис. 580 у *Selaginella*, но это же можно наблюдать и у другихъ разноспоровыхъ папоротникообразныхъ (см., наприм., рис. 576, *5*, *6*). А именно, у нихъ развиваются иногда даже болѣе крупные или и той же величины такъ называемые женскіе **макроспорангіи**, внутри которыхъ образуется или одна всего или немного (до четырехъ) женскихъ **макроспоръ**, какъ это особенно хорошо видно у *Selaginella* на рис. 580, *M* и на рис. 581. Съ другой стороны на тѣхъ же растеніяхъ образуются **микроспорангіи** съ большимъ количествомъ **микроспоръ** или мужскихъ споръ (см. рис. 580, *m* и рис. 582). Тѣ и другіе спорангіи и споры развиваются по тому же закону, по какому вообще развива-

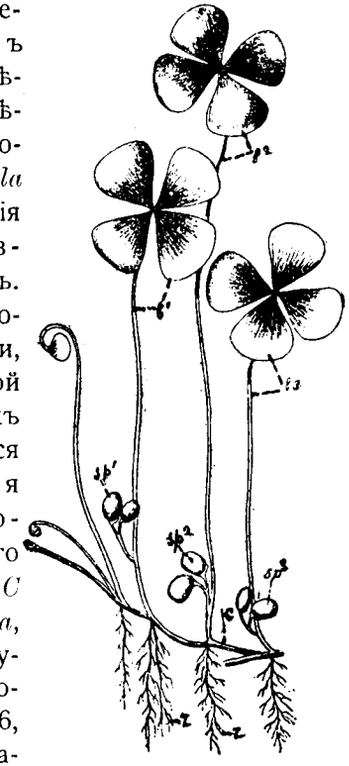


Рис. 578. *Marsilea quadrifolia*: *k* — корневище, *r* — корни, b^1, b^2, b^3 — вегетативная часть плодущихъ листьевъ; sp^1, sp^2, sp^3 — спороносная часть плодущихъ листьевъ.

ются споровмѣстилища у архегоніатныхъ растеній, т. е., при развитіи этихъ спорангіевъ, образуется ткань наружная (см. рис. 581, 582), дающая **стѣнку спорангія**, слой **выстилающихъ клѣтокъ** (*t*), въ концѣ концовъ ослизняющихся и разрушающихся, и, наконецъ, **археспоріальная ткань**, изъ которой **путемъ четвертованія** получаются **споры.** Въ макроспорангіяхъ къ четвертованію приступаетъ одна всего клѣтка археспорія, и либо даетъ четыре крупныхъ макроспоры внутри спорангія, при развитіи своемъ вытѣсняющихъ остальныя клѣтки археспоріальной ткани (см. рис. 581), либо послѣ четвертованія въ макроспору развивается одна лишь изъ клѣтокъ тетрады, а остальныя три сестринскихъ клѣтки, равно и всѣ клѣтки археспорія макроспорангія въ концѣ концовъ вытѣсняются и разрушаются сильно развивающейся одной единственной макроспорой. Въ микроспорангіяхъ, обыкновенно, всѣ клѣтки археспорія даютъ путемъ четвертованія очень много мелкихъ микроспоръ. При прорастаніи микро- и макроспоръ,изъ микроспоры вырастаетъ крайне редуцированный **мужской заростокъ,** низведенный нерѣдко до одной или двухъ всего вегетативныхъ клѣтокъ мужского предростка. На предросткѣ этомъ образуется всего одинъ или два тоже весьма упрощенныхъ антеридія съ небольшимъ количествомъ, иногда всего съ двумя антерозоидами или живчиками. Рис. 583 изображаетъ прорастающія микроспоры *Salvinia natans.* Весь мужской предростокъ низведенъ здѣсь къ двумъ лишь клѣткамъ — одной большой крупной и другой мелкой чечевицеобразной, у ея основанія. Такой крайне редуцированный мужской предростокъ образуетъ всего два тоже весьма упрощенныхъ антеридія и въ каждомъ антеридіи имѣется всего по два живчика или антерозоида (*a*). Макроспора при прорастаніи даетъ **женскій предростокъ.** На рис. 584 изображена прорастающая макроспора *Salvinia*

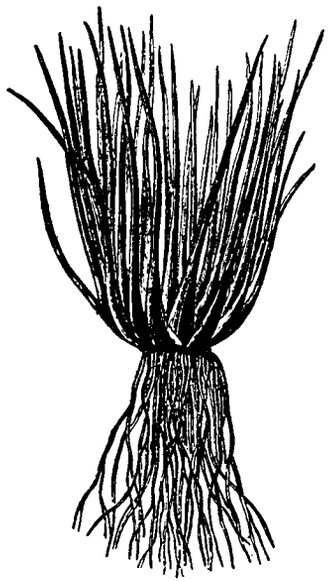


Рис. 579. *Isoëtes lacustris* въ натуральную величину.

natans. Изъ макроспоры вырастаетъ зеленое пластинчатое многоклѣтное тѣло, и на немъ сидитъ нѣсколько архегоніевъ (*ar*). Архегоніи *Salvinia natans* и другихъ разноспоровыхъ папоротникообразныхъ крайне упрощены по сравненію съ архегоніями односпоровыхъ папоротникообразныхъ и мховъ. Они почти цѣликомъ погружены въ ткань женскаго предростка (см. рис. 585), шейка ихъ очень укорочена, состоитъ изъ небольшого количества шейныхъ стѣнныхъ клѣтокъ (*hw*) и изъ одной всего шейной канальцевой клѣтки (*hc*). У другихъ разноспоровыхъ папоротникообразныхъ упрощеніе женскаго полового поколѣнія идетъ еще дальше. На женскомъ предросткѣ образуется всего одинъ архегоній, цѣликомъ съ шейкой погруженный въ ткань предростка.

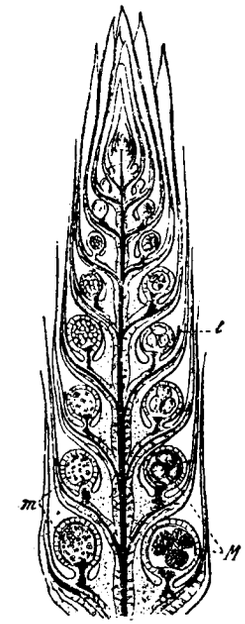


Рис. 580. Колосокъ или стробилъ плауновыхъ — *Selaginella*: онъ состоитъ изъ макроспоролистиковъ съ макроспорангіями (*M*) и микроспоролистиковъ съ микроспорангіями (*m*); *l* — ligula.

Итакъ, разноспоровыя папоротникообразныя отличаются отъ односпоровыхъ двоякаго рода спорами — микро- и макроспорами, образующимися въ микро- и макроспорангіяхъ. При этомъ часто наблюдается даже половая дифференцировка плодущихъ листьевъ или споролистиковъ. Одни споролистики образуютъ лишь микроспорангіи —это будутъ **микроспоролистики,** другіе лишь макроспорангіи — это будутъ **макроспоролистики.** Такимъ образомъ листовой метаморфозъ у разноспоровыхъ папоротникообразныхъ достигаетъ значительнаго развитія. Если прибавить къ этому, что у нѣкоторыхъ разноспоровыхъ макро- и микроспорангіи залагаются на особыхъ метаморфозированныхъ листьяхъ или ихъ частяхъ, образующихъ вокругъ спорангіевъ особыя

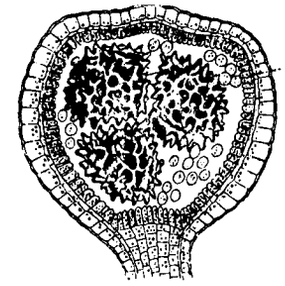


Рис. 581. Вдоль разрѣзанный макроспорангій *Selaginella inaequalifolia*: *t* — выстилающія или таблитчатыя клѣтки (tapetum).

замкнутыя спорангіевмѣстилища или **спорокарпіи** (см. рис. 577, *B*, *C*, *D*, 578, sp^1, sp^2, sp^3), то вы должны признать, что изъ всѣхъ разсмотрѣнныхъ археогоніатныхъ растеній у разноспоровыхъ папоротникообразныхъ безполое или спорообразующее поколѣніе достигаетъ максимума своего развитія и морфлоогическаго расчлененія.

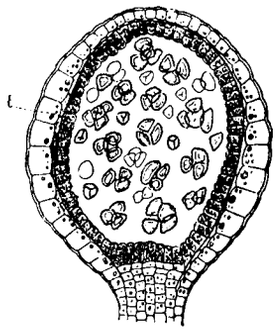


Рис. 582. Вдоль разрѣзанный микроспорангій *Selaginella inaequalifolia*: *t* — выстилающія или таблитчатыя клѣтки (tapetum).

Какъ бы въ противовѣсъ усиленному развитію и расчлененію безполаго поколѣнія разноспоровыхъ папоротникообразныхъ, половое поколѣніе ихъ, по сравненію съ мхами и односпоровыми папоротникообразными, является крайне редуцированнымъ. Женскіе проталліумы разноспоровыхъ лишь частью выходятъ наружу изъ прорастающей макроспоры, образуютъ немного или даже всего одинъ архегоній и самъ архегоній является упрощеннымъ и погруженнымъ въ ткань предростка. Еще бо̀льшаго упрощенія достигаетъ мужской предростокъ. Онъ обыкновенно даже не выходитъ наружу изъ прорастающей микроспоры, низведенъ до одной или двухъ всего вегетативныхъ клѣтокъ, образуетъ одинъ или два крайне упрощенныхъ антеридія съ очень ограниченнымъ количествомъ живчиковъ, иногда всего съ двумя только живчиками въ одномъ антеридіи.

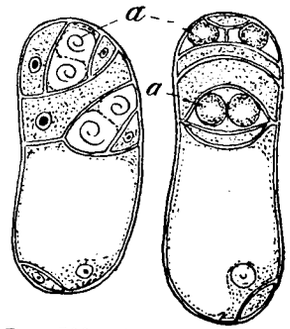


Рис. 583. Двѣ прорастающія микроспоры *Salvinia natans*, съ двумя антеридіями (*a*) каждая; въ каждомъ антеридіи по 2 антерозоида.

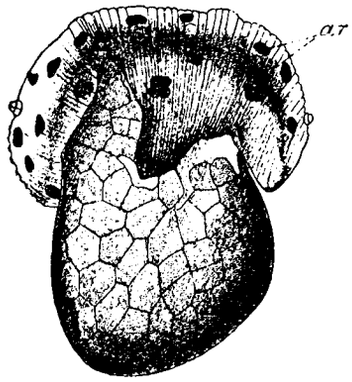


Рис. 584. Женскій предростокъ *Salvinia natans*: *ar* — архегоніи.

Такимъ образомъ, начиная съ мховъ, идя черезъ односпоровые папоротники, плауны, хвощи и кончая разноспоровыми папоротникообразными, мы видимъ, что, хотя всѣ эти растенія имѣютъ въ циклѣ своей жизни два правильно чередующихся поколѣнія, но, чѣмъ выше поднимаемся мы въ системѣ, тѣмъ все сложнѣе и развитѣе дѣлается поколѣніе безполое и тѣмъ проще, наоборотъ, и эфемернѣе становится половое поколѣніе, теряя въ концѣ концовъ у разноспоровыхъ уже б. и. м. свою самостоятельность и редуцируясь до нѣсколькихъ всего клѣтокъ и до весьма упрощенныхъ половыхъ органовъ. Но основные продукты половыхъ органовъ остаются у нихъ тѣ-же: неподвижное яйцо въ архегоніи и движущіеся въ водѣ живчики или сперматозоиды. Процессъ оплодотворенія у всѣхъ архегоніатныхъ растеній происходитъ въ водѣ, хотя бы въ каплѣ росы или дождя, но сами архегоніатныя растенія б. ч. покинули водную стихію и, приспособляясь къ наземному образу жизни, постепенно выработали все болѣе и болѣе расчлененное и совершенное безполое поколѣніе **(спорофитъ)** [1]).

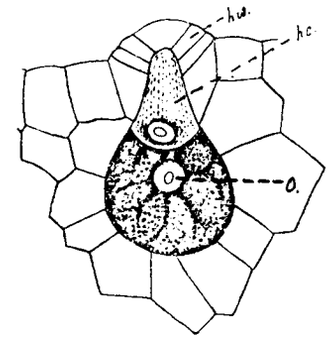


Рис. 585. Архегоній *Salvinia natans*: *o* — яйцеклѣтка, *hc* — шейная канальцевая клѣтка, *hw* — клѣтка стѣнки шейки архегонія.

1) Подробнѣе объ этомъ см. въ руководствѣ моемъ: Н. И. Кузнецовъ. Переходъ отъ тайнобрачныхъ къ явнобрачнымъ. Съ 88-ю рисунками въ текстѣ. 1914.

Лекція сорокъ восьмая.

Размноженіе архегоніатныхъ растеній. Голосѣменныя растенія.

Къ **голосѣменнымъ** относятся сравнительно немногія древесныя растенія, нынѣ живущія на земномъ шарѣ, а именно **цикадовыя** (*Cycadaceae*) (см. рис. 586), **гинкговыя** (*Ginkgoaceae*) (см. рис. 587) и довольно распространенныя еще, въ особенности въ сѣверномъ полушаріи, **хвойныя** (*Coniferae*) (см. рис. 588). Кромѣ того къ голосѣменнымъ относится небольшая группа весьма оригинальныхъ растеній, называемыхъ *Gnetaceae*, составляющихъ переходъ отъ голосѣменныхъ къ покрытосѣменнымъ или настоящимъ цвѣтковымъ растеніямъ. Эта группа представлена такими своеобразными растеніями, какъ *Ephedra* (см. рис. 589), *Welwitschia* (см. рис. 590) и *Gnetum* (см. рис. 591), имѣющими притомъ же весьма прерывчатое географическое распространеніе по земному шару (см. рис. 592), что, вмѣстѣ съ своеобразнымъ морфологическимъ строеніемъ ихъ, свидѣтельствуетъ о томъ, что это типы весьма древніе, нынѣ на земномъ шарѣ вымирающіе. И дѣйствительно, подобно разноспоровымъ папоротникообразнымъ, голосѣменныя особенно сильно распространены были въ предшествующія геологическія эпохи, въ особенности въ такъ называемомъ мезозоѣ, а нѣкоторые, нынѣ совершенно вымершіе типы, какъ напримѣръ, **кордаиты** (см. рис. 593) и **птеридоспермовыя** (см. рис. 594), вмѣстѣ съ древними папоротникообразными составляли почти единственную наземную растительность въ древнѣйшія эпохи жизни нашей планеты, въ такъ называемомъ палеозоѣ.



Рис. 586. Крупные экземпляры одного изъ простѣйшихъ *Cycadaceae* — *Cycas revoluta*, въ Ботаническомъ Саду въ Токіо.

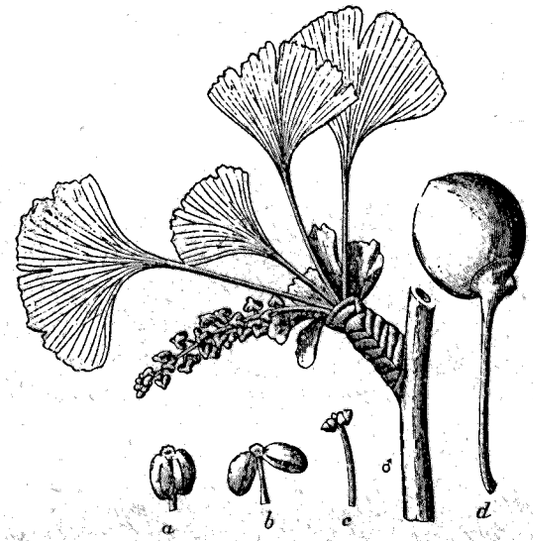


Рис. 587. *Gingko biloba*: ♂ — мужск. побѣгъ; *a*, *b* — пыльники; *c* — женскій побѣгъ; *d* — сѣмя.

Большинствомъ ученыхъ голосѣменныя относятся къ высшимъ, такъ называемымъ, цвѣтковымъ или сѣменнымъ растеніямъ, но такой взглядъ совершенно неправиленъ. Го-

лосѣменныя растенія, правда, размножаются при помощи **сѣмянъ**, а не споръ, какъ мхи, папоротники и разноспоровыя папоротникообразныя, и не имѣютъ ясно выраженнаго чередованія поколѣній, наблюдаемаго нами у типичныхъ архегоніатныхъ, т. е. у мховъ и папоротникообразныхъ. Отличаются голосѣменныя отъ настоящихъ



Рис. 588. Различныя хвойныя на берегу Чернаго моря въ западномъ Закавказьѣ, въ Кучукъ-Дере. Въ серединѣ *Sequoia gigantea*, по обѣимъ сторонамъ *Cedrus Deodara*.

цвѣтковыхъ растеній на первый взглядъ лишь тѣмъ, что сѣмена ихъ образуются не въ завязи пестика, а открыто, голо, откуда и названіе этой группы растеній — **голосѣменныя (Gymnospermae)**. Но, съ другой стороны, у голосѣменныхъ нѣтъ еще ни настоящихъ цвѣтовъ, ни соцвѣтій, какъ у типичныхъ цвѣтковыхъ покрытосѣменныхъ растеній, а блестящія изслѣдованія Гофмейстера и въ особенности нашего русскаго ученаго Бѣляева (см. рис. 595)

ясно доказали, что голосѣменныя растенія морфологически гораздо ближе стоятъ къ папоротникообразнымъ, чѣмъ къ покрытосѣменнымъ растеніямъ[1]). Этотъ взглядъ подтверждается и изслѣдованіями палеонтологическими, ибо детальное изученіе ископаемыхъ остатковъ такъ называемыхъ **птеридоспермовыхъ**, произведенныхъ въ новѣйшее время англійскими учеными, ясно показало, что эти растенія древнѣйшей эпохи жизни нашей планеты, при всемъ своемъ внѣшнемъ сходствѣ съ нынѣ еще живущими древовидными папоротниками (ср. рис. 594 съ рис. 551, на стр. 687), должны быть отнесены, однако, къ голосѣменнымъ, ибо они приносили **сѣмена** (см. рис. 596), голо сидѣвшія на вайяхъ этихъ какъ бы древнѣйшихъ папоротниковъ. Итакъ, голосѣменныя появились на земномъ шарѣ очень рано, еще на зарѣ наземной растительной жизни. Они появились одновременно съ папоротникообразными и первоначально представлены были совершенно иными типами, чѣмъ нынѣ живущими,—кордаитами (см. рис. 593) и очень похожими на папоротники птеридоспермовыми (см. рис. 594). Но постепенно изъ нихъ выработались и современные хвойные, цикадовые и нѣкоторые другіе типы голосѣменныхъ, причемъ цикадовыя особенно обильно развиты были въ мезозойскую эру жизни земного шара и лишь въ единичныхъ представителяхъ дожили до современной эпохи, а хвойныя еще и въ настоящее время играютъ значительную роль въ растительномъ покровѣ нѣкоторыхъ частей (главнымъ образомъ сѣверныхъ) земного шара.

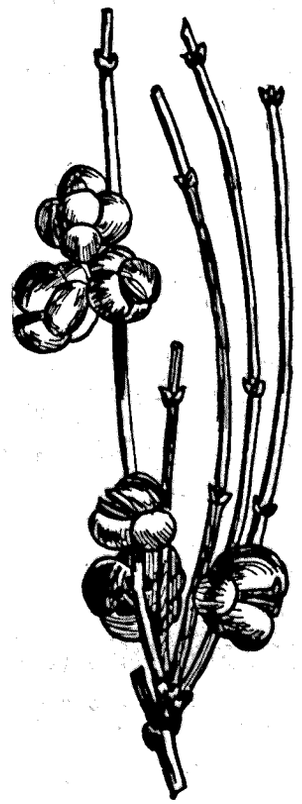


Рис. 589. Вѣтка женскаго экземпляра *Ephedra*.

1) См. руководство мое: Н. И. Кузнецовъ. Переходъ отъ тайнобрачныхъ къ явнобрачнымъ.

Чтобы поближе познакомиться съ размноженіемъ голосѣменныхъ, разсмотримъ органы размноженія хвойныхъ. Подобно хвощамъ, плаунамъ и многимъ разноспоровымъ папоротникообразнымъ, **хвойныя** ко времени размноженія образуютъ метаморфозированные листостебельные побѣги, предназначенные для цѣлей размноженія; эти побѣги, подобно колоскамъ хвощей, плауновъ и селагинелли, можно назвать такъ же **колосками** или **стробилами**. Ихъ называютъ также **шишками**, причемъ въ спеціальной литературѣ было не мало споровъ, считать ли шишки

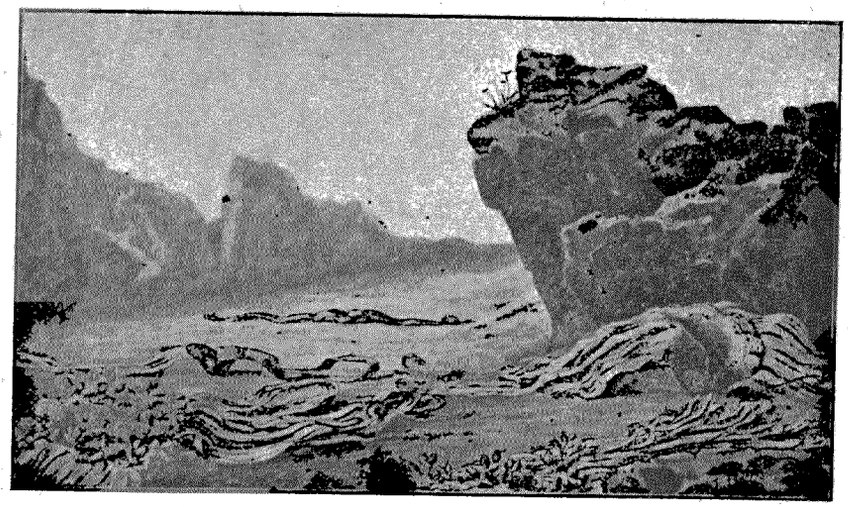


Рис. 590. Вельвичія въ каменистой пустынѣ на югѣ Африки.

хвойныхъ соцвѣтіями или цвѣтами. На самомъ дѣлѣ, однако, у хвойныхъ, и вообще у голосѣменныхъ не можетъ быть еще и рѣчи относительно цвѣтовъ и соцвѣтій. Метаморфозированные листостебельные побѣги голосѣменныхъ гомологичны, слѣдовательно, колоскамъ или стробиламъ высшихъ папоротникообразныхъ. Только стробилы голосѣменныхъ раздѣльнополы. Обнаруживающееся у папоротникообразныхъ стремленіе къ раздѣльнополости безполаго спорообразующаго поколѣнія, выражающееся въ образованіи микро- и макроспоръ, микро- и макроспорангіевъ, и микро- и макроспоролистиковъ, у голосѣменныхъ пошло еще дальше, ибо сами стробилы ихъ раздѣльнополы. Одни изъ этихъ стро-

билъ состоятъ лишь изъ микроспоролистиковъ и образуютъ **мужскіе стробилы**; другіе **стробилы женскіе**, состоящіе изъ женскихъ плодолистиковъ, т. е. изъ макроспоролистиковъ. Рис. 597 представляетъ мужской колосокъ или мужской стробилъ пихты. Это, какъ вполнѣ ясно изъ рисунка, метаморфозированный листостебельный побѣгъ, состоящій изъ оси и метаморфозированныхъ листьевъ. У основанія оси помѣ-

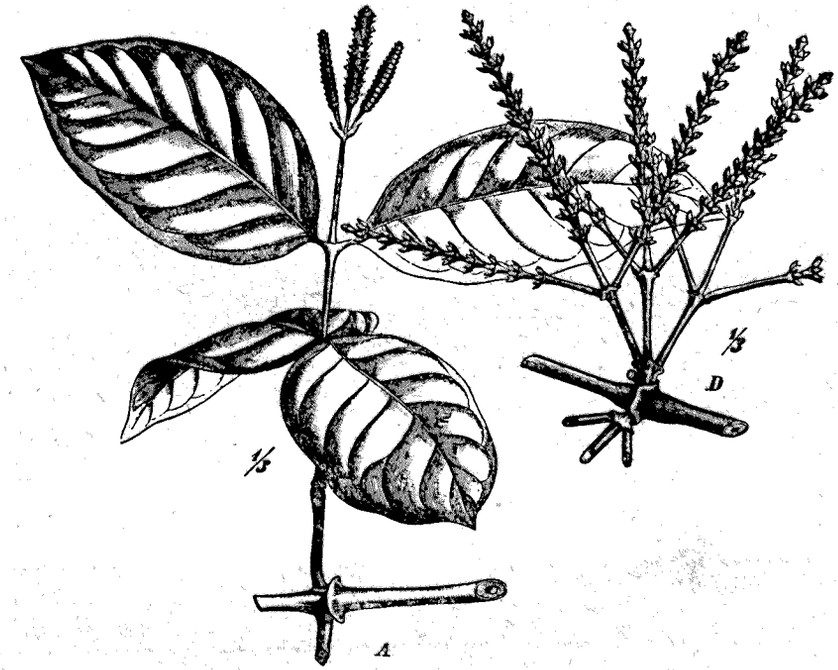


Рис. 591. *Gnetum latifolium*: *A* — вѣтвь съ мужскими цвѣтами наверху; *D* — вѣтвь съ женскими соцвѣтіями. Родъ *Gnetum*, въ количествѣ всего двадцати видовъ, сосредоточенъ главнымъ образомъ подъ тропиками въ Азіи и Америкѣ.

щаются безплодные листья (*b*), а далѣе идутъ листья плодущіе или микроспоролистики (*a*). Каждый микроспоролистикъ на брюшной сторонѣ своей несетъ два мѣшочка, развивающихся по тому же основному закону, какъ развивается спорангій папоротниковъ, микроспорангій разноспоровыхъ и гнѣздо пыльника высшихъ цвѣтковыхъ растеній (см. рис. 559, на стр. 692). Въ этихъ двухъ мѣшкахъ (см. рис. 597, *K*, *L*, *M*) путемъ четвертованія развиваются клѣтки, одѣтыя двумя оболочками, которыя мы съ одинако-

вымъ правомъ можемъ назвать и микроспорами, гомологичными микроспорамъ папоротникообразныхъ, и **пыльцевыми зернами**, гомологичными пыльцѣ высшихъ цвѣтковыхъ растеній. Изъ микроспоръ папоротникообразныхъ, мы знаемъ, развивается зачаточный мужской предростокъ, образующій антеридіи съ антеризоидами или живчиками (см. рис. 583). Микроспоры же голосѣменныхъ, прорастая, обра-

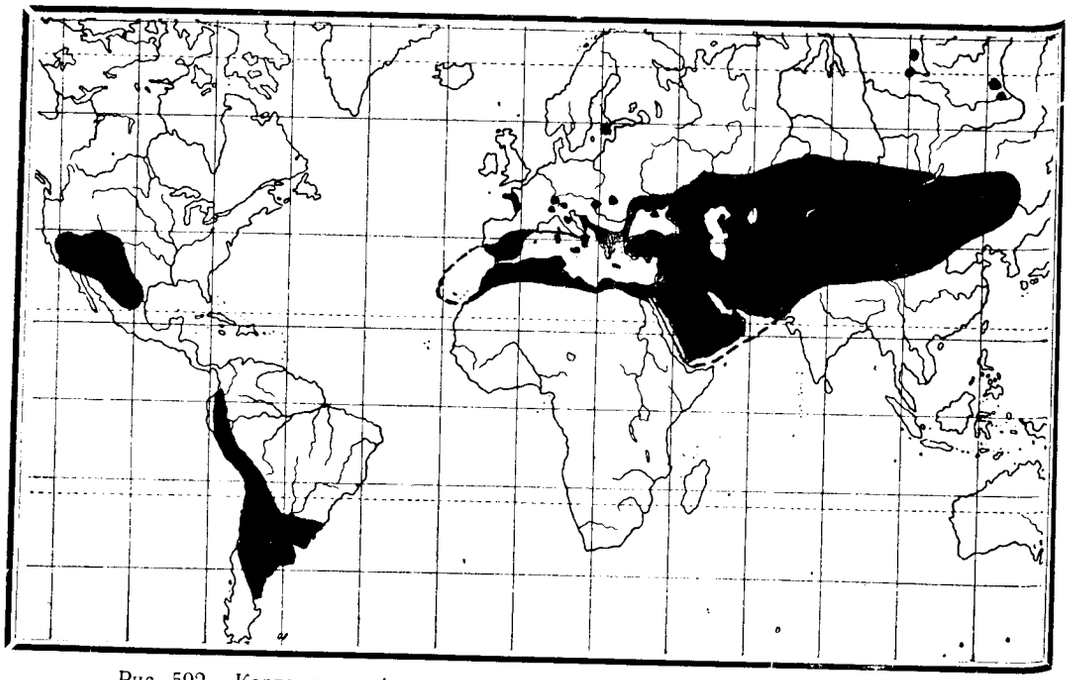


Рис. 592. Карта географическаго распространенія рода *Ephedra* по земному шару.

зуютъ, какъ и у цвѣтковыхъ растеній, **пыльцевую трубочку съ двумя генеративными ядрами**. Но въ новѣйшее время у нѣкоторыхъ низшихъ голосѣменныхъ, а именно, у *Ginkgo biloba* (см. рис. 587) и у цикадовыхъ (см. рис. 586) открыты были японскими учеными Икено и Хиразе настоящіе живчики (см. рис. 598) въ пыльцевой трубочкѣ, при прорастаніи пыльцы, и такимъ образомъ еще ближе установилась связь между низшими по крайней мѣрѣ голосѣменными и разноспоровыми папоротникообразными и гомологія пыльцы хвойныхъ съ микроспорами папоротникообразныхъ. Итакъ,

если пыльца голосѣменныхъ есть не что иное, какъ микроспора, то, слѣдовательно, пыльцевые мѣшки ихъ гомологичны микроспорангіямъ, а метаморфозированные плодущіе листочки мужского колоска (*J* на рис. 597) дѣйствительно вполнѣ соотвѣтствуютъ микроспоролистикамъ. Сходство между микроспорами папоротникообразныхъ и пыльцею голосѣменныхъ усиливается еще тѣмъ, что пыльца голосѣменныхъ, передъ прорастаніемъ въ пыльцевую трубочку, отдѣляетъ у основа-

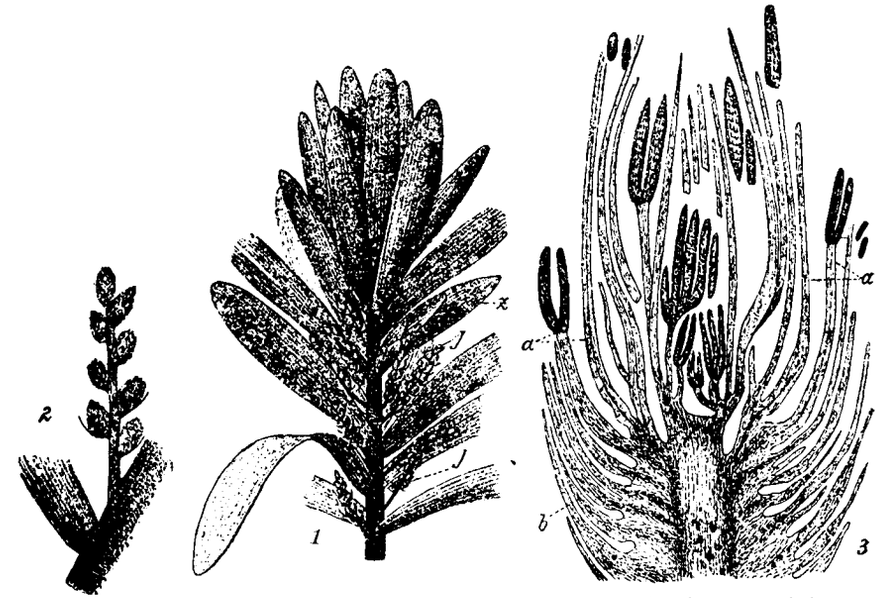


Рис 593. Кордаиты — *Cordaites: 1* — вѣтвь *Cordaites laevis* съ соцвѣтіями (*J*) и съ боковой вѣтвью (*Z*). *2* — часть той же вѣтви, несущая, вѣроятно, мужской побѣгъ. *3* — продольный шлифъ мужского побѣга (цвѣтка) *C. Penjoni*: *a* — пыльцелистики или микроспоролистики, *b* — кроющіе листья.

нія своего нѣсколько маленькихъ клѣточекъ (см. рис. 599, *rh*, p_1, *rf*), гомологичныхъ ризоидальной и вегетативнымъ клѣткамъ мужского предростка, вырастающаго изъ микроспоры папоротникообразныхъ (ср. рис. 583, на стр. 710). Главное однако отличіе пыльцы голосѣменныхъ отъ микроспоры папоротникообразныхъ — это образованіе пыльцевой трубочки, чего у папоротникообразныхъ никогда не бываетъ. Но отличіе это въ сущности не столь существенно, какъ обыкновенно думаютъ. Папоротникообразныя еще пріурочены къ водной средѣ при процессѣ оплодотворенія. Голосѣменныя

окончательно приспособились къ наземному образу жизни не только вегетативнымъ тѣломъ своимъ, но и во время важнѣйшаго акта своей жизни — оплодотворенія. Пыльца (или микроспора) голосѣменныхъ **вѣтромъ** переносится на женскіе плодолистики и, попадая на оплодотворяемый органъ, вслѣдствіе отсутствія водной среды, должна интину или эндоспорій свой вытянуть въ пыльцевую трубочку. Эта трубочка бережно доноситъ до женскаго полового органа оплодотворяющіе элементы — генеративныя ядра или клѣтки пыльце-

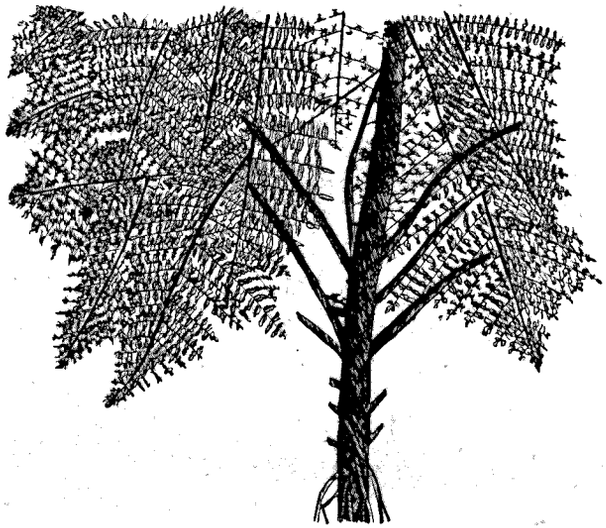


Рис. 594. Папоротникъ изъ группы птеридоспермовыхъ. Реставрація *Lyginodendron Oldhamium*. Видны: стебель, придаточные корни и листья. Въ верхней части рисунка видны плодущіе листья съ плюсковидными органами, заключающими сѣмена.

вой трубочки. Вотъ почему, за малыми лишь исключеніями (*Ginkgo*, *Cycadaceae*), у голосѣменныхъ не вырабатываются подвижные живчики; но генеративныя клѣтки пыльцевой трубочки имъ вполнѣ гомологичны.

Женская **шишка хвойныхъ**, или женскій колосокъ или стробилъ ихъ, т. е. тоже метаморфозированный листостебельный побѣгъ голосѣменныхъ, предназначенный для цѣлей размноженія, также вполнѣ соотвѣтствуетъ колоскамъ или стробиламъ папоротникообразныхъ, только онъ построенъ сложнѣе; листовой метаморфозъ проведенъ здѣсь глубже. Рис. 600 изображаетъ женскій стробилъ хвойнаго (*Larix europaea* —

лиственницы). Онъ такъ же, какъ и мужской стробилъ (ср. рис. 597, *J*), состоитъ изъ центральной оси, на которой си-



Рис. 595. В. И. Бѣляевъ (1855—1911).

дятъ боковые органы (см. рис. 600, *II*), метаморфозированные листья (плодущіе листья, плодолистики, макроспоролистики). Эти метаморфозированные листья называются здѣсь **чешуями**, причемъ у хвойныхъ мы можемъ различить одну чешую безплодную, называемую **прицвѣтной** или **кроющей чешуей** (см. рис. 600, *I*, *a* и *III*, *b*), и другую чешую плодущую, называемую **сѣменной** или **шишковой чешуей** (см. рис. 600, *I*, *b* и *III*, *a*). На внутренней спинной сторонѣ сѣменной чешуи прикрѣпляются у хвойныхъ двѣ сѣмяпочки (*d*), очень похожія по строенію и развитію своему на сѣмяпочки цвѣтковыхъ растеній (см. также рис. 601). Только у настоящихъ цвѣтковыхъ растеній сѣмяпочки зала-



Рис. 596. Сѣмя птеридоспермовыхъ — *Lyginodendron Oldhamium*. Реставрація сѣмени, заключеннаго въ железистую плюску или купулу.

гаются внутри завязи, образованной срастающимися своими краями плодолистиками, а слѣдовательно, и сѣмяпочки, и развивающіяся изъ нихъ послѣ оплодотворенія сѣмена заключены внутри завязи и плода, а у голосѣменныхъ и сѣмяпочки, и развивающіяся изъ нихъ сѣмена лежатъ голо, открыто, прикрѣпляясь лишь къ сѣменнымъ чешуямъ или, иначе говоря, къ незамкнутымъ открытымъ плодолистикамъ. У низшихъ голосѣменныхъ, напримѣръ, у цикадовыхъ (см. рис. 602), сѣмяпочки сидятъ болѣе свободно на плодолистикахъ, чѣмъ у хвойныхъ, да и сами плодолистики или свободно разсѣяны среди безплодныхъ листьевъ этихъ растеній (см. рис. 602, *A*, *B*, *C*), или, если и образуютъ шишку, то болѣе простого устройства, чѣмъ шишки хвойныхъ, и ближе приближающуюся по строенію своему къ колоску или стробилу папоротникообразныхъ (см. рис. 603). Шишка цикадовыхъ состоитъ изъ осевого органа и боковыхъ метаморфозированныхъ плодолистиковъ (см. рис. 602, *D*, *E*, *F*, *G*) а кроющихъ или прицвѣтныхъ безплодныхъ чешуй въ шишкѣ цикадовыхъ мы не наблюдаемъ.



Рис. 597. *Abies alba*: *J* — мужской колосокъ, *b* — верхушечные безплодные листья, *a* — микроспоролистики. *K*—*M*—микроспоролистики съ разныхъ сторонъ—сзади, спереди и сбоку.


Рис. 598. Зрѣлый сперматозоидъ *Ginkgo biloba*, увеличенный въ 520 разъ.

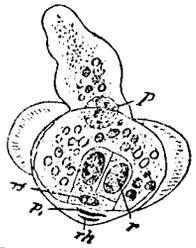


Рис. 599. Проросшее пыльцевое зернышко (микроспора) ели—*Picea excelsa*: *rh*—зачаточная ризоидальная клѣтка; p_1, *rf* — вегетативныя клѣтки мужского заростка; *r* — генеративныя или сперматогенныя клѣтки; *P* — ядро клѣтки, вырастающей въ пыльцевую трубочку.

Сѣмяпочка голосѣменныхъ развивается такъ же, какъ и сѣмяпочка покрытосѣменныхъ цвѣтковыхъ растеній (см. стр. 263—264, рис. 234, 235). Только сѣмяпочки голосѣменныхъ проще устроены, чѣмъ сѣмяпочки покрытосѣменныхъ, ибо, онѣ всегда прямыя, атропныя и одѣты однимъ всего покровомъ или интегументомъ (см. рис. 604, *ii*).

Внутри сѣмяпочки голосѣменныхъ такъ же залагается и развивается одна крупная большая клѣтка, называемая **зародышевымъ мѣшкомъ**, какъ и у цвѣтковыхъ растеній (ср. рис. 233), а наверху сѣмяпочки образуется сѣмявходъ или микропиле, черезъ который и проникаетъ внутрь сѣмяпочки пыльцевая трубочка, вырастающая изъ интины пыльцы или микроспоры голосѣменныхъ. Но на этомъ и кончается сходство между голосѣменными и цвѣтковыми растеніями, и дальнѣйшее развитіе зародышеваго мѣшка голосѣменныхъ происходитъ совершенно иначе, чѣмъ у покрытосѣменныхъ, а именно, по типу разноспоровыхъ папоротникообразныхъ. Зародышевой мѣшокъ голосѣменныхъ, задолго еще до оплодотворенія, заполняется путемъ свободнаго образованія клѣтокъ паренхимной тканью, очень напоминающей собою ткань, образующуюся при прорастаніи макроспоры разноспоровыхъ папоротникообразныхъ (см. рис. 605). Мы знаемъ, что паренхимная ткань, наполняющая макроспору папоротникообразныхъ, представляетъ изъ себя редуцированный женскій предростокъ этихъ растеній (см. рис. 605, *e*, *f*), и въ этомъ предросткѣ у разноспоровыхъ папоротникообразныхъ образуются упрощенные архегоніи (*ae*, *ae*). У голосѣменныхъ ткань, наполняющая до оплодотворенія зародышевый мѣшокъ, называется **эндоспермомъ**, и среди этой ткани образуются особые женскіе половые органы, въ числѣ отъ 2 до 15, называемые

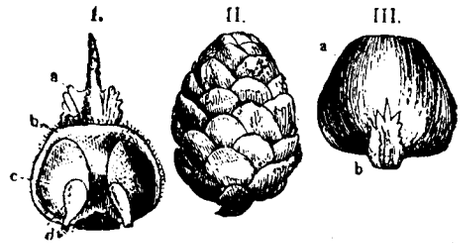


Рис. 600. Шишка хвойнаго растенія (*Larix europaea*) и ея части. I. Одна изъ чешуй молодой женской шишки съ внутренней стороны: *a*—прицвѣтная или кроющая чешуя, *b* — сѣменная чешуя (будущая чешуя плодущей шишки), *d*—сѣмяпочки, *c*—будущее крыло сѣмени. II. Зрѣлая плодущая шишка. III. Одна изъ чешуй плодущей шишки съ внѣшней стороны: *a*—сѣменная или шишковая чешуя, *b* — прицвѣтная или кроющая чешуя.



Рис. 601. Сѣменная чешуя сосны (*Pinus silvestris*) съ двумя сѣмяпочками или макроспорангіями: *a*—сверху, *b* — снизу или снаружи.

корпускулами (см. рис. 604, *A*). Но, всматриваясь въ строеніе корпускулъ голосѣменныхъ, мы замѣтимъ, что въ сущности это тѣ же архегоніи папоротникообразныхъ, но еще болѣе упрощенные (см. рис. 606). Каждая корпускула, подобно архегонію, состоитъ изъ брюшной и шейной части. Въ брюшной части помѣщается крупное яйцо или яйцеклѣтка (*o*) и имѣется еще **брюшная канальцевая клѣтка** (*bc*). Шейка корпускулы состоитъ изъ очень небольшого числа клѣтокъ стѣнки шейки (*hw*), но шейныхъ канальцевыхъ клѣтокъ у голосѣменныхъ совсѣмъ нѣтъ.

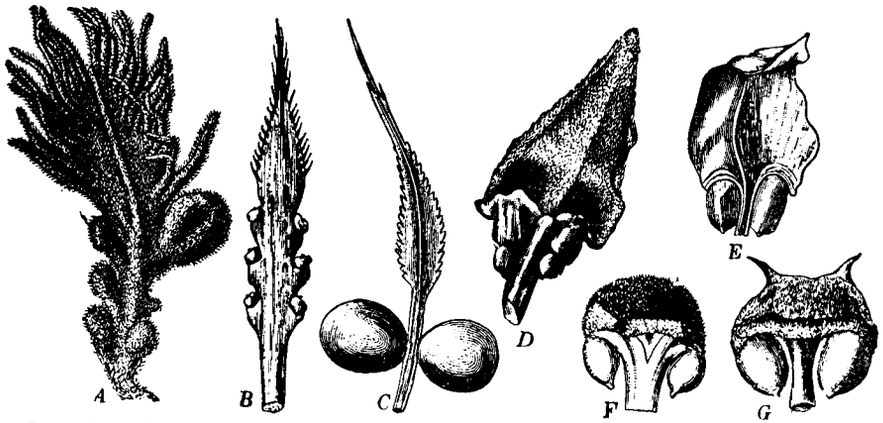


Рис. 602. Макроспоролистики или плодолистики саговыхъ (*Cycadaceae*): *A* — *Cycas revoluta*; *B* — *C. circinalis*; *C* — *C. Normanbyana*; *D* — *Dioon edule*; *E* — *Encephalartos Preissii*; *F* — *Zamia integrifolia*; *G* — *Ceratozamia mexicana*. — *F*, *G* въ натуральную величину, остальные уменьшены.

Вся корпускула цѣликомъ погружена глубоко въ ткань эндосперма зародышеваго мѣшка, иначе говоря въ ткань женскаго предростка. Итакъ, корпускулы голосѣменныхъ — это крайне редуцированные архегоніи, а эндоспермъ, образующійся въ зародышевомъ мѣшкѣ голосѣменныхъ до оплодотворенія, соотвѣтствуетъ женскому предростку разноспоровыхъ, развивающемуся изъ макроспоры. Слѣдовательно, макроспорѣ соотвѣтствуетъ здѣсь зародышевый мѣшокъ, а сама сѣмяпочка — макроспорангію, образующему одну лишь макроспору, т. е. одинъ зародышевый мѣшокъ. Разъ сѣмяпочка голосѣменнаго есть не что иное, какъ макроспорангій, одѣтый однимъ покровомъ или индузіемъ, то плодущія чешуи шишки голосѣменныхъ будутъ соотвѣтствовать

макроспоролистикамъ, а вся женская шишка голосѣменнаго есть колосокъ или стробилъ, состоящій изъ оси и макроспоролистиковъ, у высшихъ голосѣменныхъ, у хвойныхъ, чередующихся съ безплодными метаморфозированными листьями (кроющими чешуями).



Рис. 603. *Bowenia spectabilis* изъ саговыхъ (*Cycadaceae*). Справа женское растеніе, сильно уменьшенное; слѣва женская шишка или стробилъ въ половину естественной величины; *a* — плодолистикъ; *b* — молодая мужская шишка, уменьшенная; *c*, *d*, *e* — микроспоролистики снизу, сверху и сбоку.

Оплодотвореніе у голосѣменныхъ происходитъ слѣдующимъ образомъ. Пыльца или микроспора голосѣменныхъ вѣтромъ заносится на голыя сѣмяпочки ихъ. Здѣсь пыльца прорастаетъ въ коротенькую пыльцевую трубочку, которая черезъ микропиле дорастаетъ до ядра сѣмяпочки и до одной изъ корпускулъ. Когда пыльцевая трубочка дорастетъ до корпускулы, то одно изъ генеративныхъ ядеръ ея или одинъ изъ живчиковъ (у цикадовыхъ и *Ginkgo*) выскальзываетъ изъ пыльцевой трубочки и сливается съ яйцомъ корпускулы. Послѣ этого изъ оплодотвореннаго яйца корпускулы вырастаетъ зародышъ будущаго растенія, сѣмяпочка развивается въ сѣмя, а сѣменныя чешуи женской шишки разрастаются дальше и образуютъ обыкновенно такъ называемыя **шишковыя** б. и. м. одеревенѣлыя крупныя **чешуи**, въ пазухахъ которыхъ свободно, голо сидятъ готовыя сѣмена голосѣменныхъ растеній.

Голосѣменныя на первый взглядъ ближе къ цвѣтковымъ растеніямъ, и до послѣдняго времени они и причислялись къ этимъ послѣднимъ. Они похожи на цвѣтковыя растенія какъ бы отсутствіемъ столь характернаго для мховъ и папоротникообразныхъ чередованія поколѣній полового и безполаго. Они похожи на цвѣтковыя растенія тѣмъ, что образуютъ сѣмяпочки и сѣмена, и оплодотвореніе у нихъ происходитъ при помощи пыльцевой трубочки и генеративныхъ ядеръ, а не при помощи свободно плавающихъ въ водѣ живчиковъ. Но генеративныя клѣтки пыльцевой трубочки въ сущности тѣ же живчики, а образованіе пыльцевой трубочки есть приспособленіе къ оплодотворенію не въ водной средѣ, въ каковой средѣ всегда происходитъ оплодотвореніе мховъ и папоротникообразныхъ. Размноженіе голосѣменныхъ сѣменами есть тоже слѣдствіе полнаго приспособленія къ наземному образу жизни, который свойственъ какъ голосѣменнымъ, такъ и цвѣтковымъ растеніямъ. При всемъ своемъ внѣшнемъ сходствѣ съ цвѣтковыми растеніями, голосѣменныя однако ближе стоятъ къ папоротникообразнымъ и должны быть причислены къ растеніямъ археогоніатнымъ, а не цвѣтковымъ. Чередованіе поколѣній у нихъ еще есть, какъ и у папоротникообразныхъ, только половое поколѣніе ихъ крайне редуцировано, еще больше, чѣмъ у разноспоровыхъ папоротникообразныхъ, и слилось въ одно съ поколѣніемъ безполымъ. Голосѣменныя — это тѣ же споровыя, и притомъ разноспоровыя растенія. Безполое или спорообразующее поколѣніе ихъ развито очень хорошо, больше даже, чѣмъ у высшихъ папоротникообразныхъ. Подобно разноспоровымъ, голосѣменныя образуютъ микроспоры (пыльцу) и

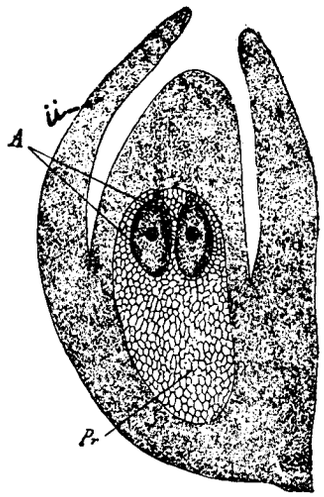


Рис. 604. Продольный разрѣзъ сѣмяпочки голосѣменнаго растенія — ели: *Pr* — бѣлокъ или эндоспермъ, гомологъ женскаго предростка, заполняющій зародышевый мѣшокъ сѣмяпочки; *A* — археоніи или корпускулы; *ii* — интегументъ или покровъ сѣмяпочки.

макроспоры (зародышевые мѣшки). Изъ микроспоры (пыльцы) вырастаетъ до минимума редуцированное мужское половое поколѣніе (см. рис. 599), состоящее изъ нѣсколькихъ всего клѣточекъ прорастающей пыльцы. Это мужское половое поколѣніе образуетъ мужскіе половые продукты — живчики (у *Ginkgo* и цикадовыхъ) или генеративныя клѣтки пыльцевой трубочки (у большинства нынѣ живущихъ голосѣменныхъ). Изъ макроспоры (зародышеваго мѣшка) у голосѣменныхъ развивается женскій предростокъ (эндоспермъ) съ женскими половыми органами или корпускулами, представляющими редуцированные археоніи. Слѣдовательно, голосѣменныя еще все же типичныя археоніатныя растенія, разноспоровыя, съ сильно развитымъ безполымъ спорообразующимъ поколѣніемъ и крайне упрощеннымъ половымъ гаметофитнымъ поколѣніемъ, сливающимся съ первымъ поколѣніемъ почти въ одно непрерывное цѣлое.

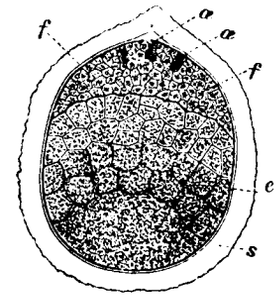


Рис. 605. Макроспора *Selaginella*. *A* — въ продольномъ разрѣзѣ черезъ шесть недѣль послѣ посѣва. Предростокъ или эндоспермъ *(e)* у основанія макроспоры еще не окончательно развился, верхняя зеленая часть предростка *f* имѣетъ три археонія *ae*; *s* — оболочка макроспоры.

Отъ покрытосѣменныхъ или цвѣтковыхъ растеній голосѣменныя отличаются отсутствіемъ цвѣтовъ, соцвѣтій и плодовъ, отсутствіемъ акта двойного оплодотворенія (см. выше стр. 270, рис. 232), образованіемъ эндосперма въ зародышевомъ мѣшкѣ до оплодотворенія. Эти отличія настолько серьезны и существенны, что проводятъ рѣзкую грань между голосѣменными и цвѣтковыми растеніями. Открытіе же живчиковъ у низшихъ голосѣменныхъ, открытіе сѣмянъ у ископаемыхъ древнихъ папоротниковъ — птеридоспермовыхъ, исторія развитія пыльцы голосѣменныхъ

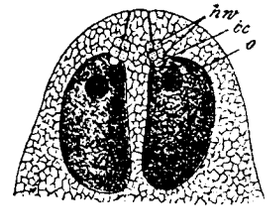


Рис. 606. Верхняя часть эндосперма ели, съ двумя корпускулами или археоніями; *o* — яйцеклѣтка, *bc* — брюшная канальцевая клѣтка, *hw* — стѣнка шейки археонія.

и разноспоровыхъ папоротникообразныхъ и исторія развитія ихъ зародышеваго мѣшка и корпускулъ — все это настолько сближаетъ голосѣменныя съ папоротникообразными, что въ настоящее время нельзя и сомнѣваться въ принадлежности голосѣменныхъ къ архегоніатнымъ, а не цвѣтковымъ растеніямъ.

Лекція сорокъ девятая.

Размноженіе цвѣтковыхъ растеній. Цвѣты и соцвѣтія.

Послѣдній періодъ въ жизни **цвѣтковыхъ растеній** называется **періодомъ плодоношенія.** Онъ знаменуется образованіемъ особыхъ органовъ, называемыхъ **цвѣтами.** Мы уже знаемъ, что цвѣтокъ не есть однако новый органъ, а есть метаморфозированный листостебельный побѣгъ, предназначенный для цѣлей размноженія (см. стр. 69). Но мы видѣли, что и у многихъ, если не у всѣхъ, архегоніатныхъ растеній образуется ко времени плодоношенія метаморфозированный листостебельный побѣгъ, предназначенный для цѣлей размноженія, и мы назвали тамъ, у архегоніатныхъ растеній, такой побѣгъ колоскомъ или стробиломъ (у плауновъ, хвощей, см. стр. 700, у голосѣменныхъ, см. стр. 716—723). Чѣмъ же отличается цвѣтокъ цвѣтковыхъ растеній отъ стробиловъ или колосковъ высшихъ архегоніатныхъ растеній? Цвѣтокъ покрытосѣменныхъ растеній есть въ сущности тотъ же стробилъ или колосокъ, но болѣе спеціализированный и приспособленный не только для размноженія, но и для обезпеченія перекрестнаго опыленія. Цвѣтокъ высшихъ растеній въ типѣ есть **амфиспорангіальный стробилъ,** т. е., въ противоположность голосѣменнымъ, у которыхъ почти всегда стробилы раздѣльнополые и представляютъ собраніе либо микро-, либо макроспоролистиковъ на центральной оси, типичный цвѣтокъ высшихъ растеній есть стробилъ двуполый и притомъ съ

вполнѣ опредѣленной послѣдовательностью въ расположеніи боковыхъ органовъ. Въ типичномъ цвѣткѣ покрытосѣменныхъ мы имѣемъ слѣдующую послѣдовательность въ расположеніи его боковыхъ органовъ (см. рис. 607): на выпукломъ осевомъ органѣ цвѣтка, называемомъ **цвѣтоложемъ** или **торомъ**, сидятъ снизу вверхъ сначала сильно метаморфозированные, но безплодные покровные листья цвѣтка, образующіе такъ называемый **околоцвѣтникъ**; далѣе на томъ же цвѣтоложѣ, но выше, сидятъ мужскіе мета-

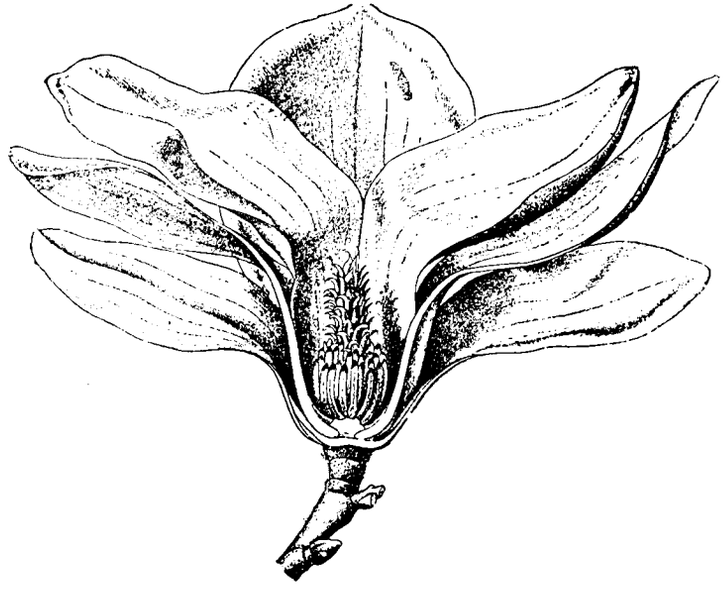


Рис. 607. Продольный разрѣзъ черезъ цвѣтокъ *Magnolia Precia*: цвѣтокъ ациклическій съ неопредѣленнымъ количествомъ покроволистиковъ, тычинокъ и плодолистиковъ, сидящихъ на выпукломъ торѣ.

морфозированные листья, называемые **тычинками** и соотвѣтствующіе микроспоролистикамъ архегоніатныхъ растеній; собраніе тычинокъ или микроспоролистиковъ образуетъ **андроцей** цвѣтка; верхнюю же часть тора цвѣтка занимаютъ женскіе метаморфозированные листья, **плодолистики**, свободные или срастающіеся другъ съ другомъ и образующіе одинъ или нѣсколько **пестиковъ** цвѣтка; плодолистики цвѣтка соотвѣтствуютъ макроспоролистикамъ архегоніатныхъ растеній, а собраніе этихъ плодолистиковъ образуетъ **гинецей** цвѣтка. **Цвѣточный покровъ** можетъ быть **простой** или **двойной**. Если онъ

двойной, то подраздѣляется на **чашечку** и **вѣнчикъ**; метаморфозированные листья чашечки, **чашелистики**, стоятъ морфологически ближе къ верхушечнымъ зеленымъ листьямъ, чѣмъ еще болѣе метаморфозированные листья вѣнчика, **лепестки**; чашечка всегда сидитъ на торѣ ниже вѣнчика. Если цвѣточный покровъ простой, то онъ можетъ быть **чашечковиднымъ** (см. рис. 608) или вѣнчиковиднымъ (см. рис. 609). Чашелистики, представляя б. и. м. измѣненные верхушечные листья, обыкновенно сохраняютъ еще зеленую окраску послѣднихъ, лепестки въ огромномъ большинствѣ случаевъ бываютъ окрашены въ различные яркіе цвѣта. Покроволистики, тычинки и плодолистики располагаются на цвѣтоложѣ либо по спиралямъ (см. рис. 607, а также рис. 72, на стр. 63), либо кругами, циклами. Спиральное расположеніе боковыхъ органовъ цвѣтка есть признакъ болѣе низкаго морфологическаго его строенія; циклическое расположеніе боковыхъ органовъ цвѣтка есть несомнѣнно признакъ высокаго его морфологическаго совершенства. Болѣе высокоорганизованные цвѣты построены по законамъ кратныхъ отношеній и чередованія органовъ (см. стр. 49—60); но далеко не всѣ цвѣты высшихъ растеній ясно обнаруживаютъ эти два основныхъ закона морфологическаго строенія цвѣтка; и есть цѣлый рядъ типовъ цвѣтковыхъ растеній, у которыхъ законы эти или со-

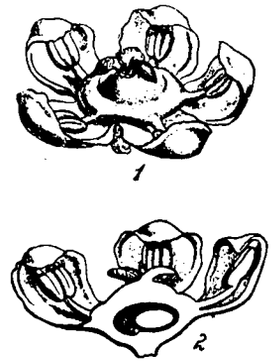


Рис. 608. Цвѣтокъ *Beta vulgaris* — свекловицы, въ цѣломъ видѣ (*1*) и въ продольномъ разрѣзѣ (*2*), какъ примѣръ цвѣтка околопестичнаго, съ вогнутымъ цвѣтоложемъ и съ опредѣленнымъ количествомъ циклически расположенныхъ органовъ цвѣтка (цвѣтокъ пятерного типа), безъ закона чередованія органовъ и съ чашечковиднымъ покровомъ.

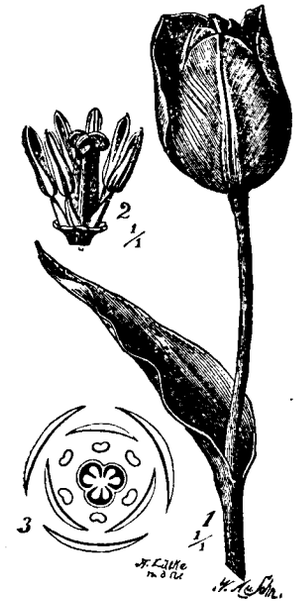


Рис. 609. Цвѣтокъ тюльпана съ вѣнчиковиднымъ покровомъ.

вершенно не выражены или лишь отчасти намѣчены, но не проведены полностью. Растенія съ такими несовершенными цвѣтами, **ациклическими** (т. е., съ спиральнымъ расположеніемъ боковыхъ органовъ) или **гемициклическими** (т. е., у которыхъ боковые органы расположены частью циклами, частью по спирали), или у которыхъ неполно проведены законы кратныхъ отношеній или чередованія органовъ, я отношу въ низшій классъ цвѣтковыхъ растеній, называемый мною **протоантофитными** или **простѣйшими цвѣтковыми растеніями** (см. рис. 607, 608). Высшія цвѣтковыя растенія имѣютъ цвѣты циклическіе, съ ясно выраженными двумя основными законами построенія цвѣтка. Эти растенія составляютъ классъ **эуантофитныхъ** или **настоящихъ цвѣтковыхъ растеній.** Въ этомъ классѣ цвѣтковыхъ растеній наблюдается три основныхъ плана строенія цвѣтка: планъ **трехчленнаго пятицикличекаго** цвѣтка, куда относится большинство такъ называемыхъ однодольныхъ растеній (см. рис. 609, 610), планъ **пятичленнаго пятицикличекаго** цвѣтка (см. рис. 611), куда относится большинство такъ называемыхъ свободнолепестныхъ двудольныхъ растеній, и, наконецъ, какъ высшій типъ цвѣтка, планъ **пятичленнаго четырехцикличекаго** цвѣтка (см. рис. 612), куда относится большинство такъ называемыхъ сростнолепестныхъ двудольныхъ растеній. Дальнѣйшимъ метаморфозомъ этихъ трехъ основныхъ плановъ



Рис. 610. Діаграмма типичнаго цвѣтка однодольнаго — трехчленный пятицикличекій цвѣтокъ *Liliiflorae (Colchicum autumnale).*



Рис. 611. Діаграмма цвѣтка *Coriaria myrtifolia*, какъ примѣръ типичной діаграммы свободнолепестныхъ двудольныхъ съ пятичленными пятициклическими цвѣтами.

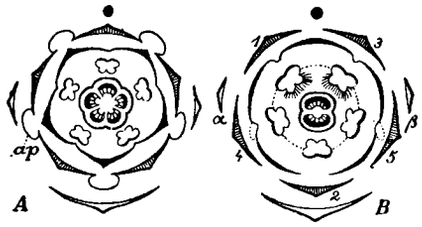


Рис. 612. Діаграммы пятичленныхъ четырехцикличекихъ цвѣтовъ: *A — Hydrophyllum virginicum, B — Hydrolea spinosa.*

обоеполыхъ цвѣтовъ создается все то неисчислимое разнообразіе въ строеніи цвѣтовъ, которое мы наблюдаемъ среди высшихъ представителей растительнаго царства. И основнымъ стимуломъ дальнѣйшаго метаморфоза цвѣтовъ является приспособленіе ихъ къ перекрестному опыленію при помощи насѣкомыхъ.

Мы видѣли на прошлой лекціи, что подъ вліяніемъ окончательнаго приспособленія къ наземному образу жизни высшія архегоніатныя растенія выработали особый типъ такъ называемыхъ голосѣменныхъ растеній. Оплодотвореніе голосѣменныхъ растеній происходитъ, за малыми лишь исключеніями, безъ посредства водной стихіи. Поэтому голосѣменныя должны были микроспоры свои метаморфозировать въ пыльцу, дающую при прорастаніи пыльцевую трубочку. Такъ называемые цвѣты, точнѣе говоря, стробилы го-



Рис. 613. Цвѣты крестоцвѣтныхъ, расположенные въ соцвѣтіе, называемое кистью.

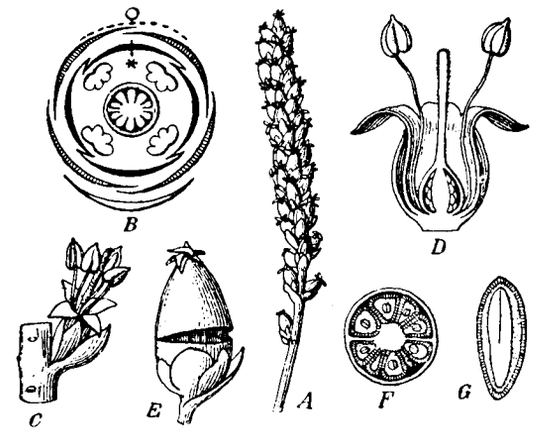


Рис. 614. Подорожникъ — *Plantago major: A* — соцвѣтіе, колосъ, *B* — діаграмма цвѣтка, *C* — цвѣтокъ, *D* — онъ же въ разрѣзѣ, *E* — плодъ, раскрывающаяся поперечной трещиной коробочка, *F* — плодъ въ поперечномъ разрѣзѣ, *G* — сѣмя въ продольномъ разрѣзѣ.

сѣменныхъ всегда раздѣльнополы и пыльца переносится съ мужского стробила на женскій

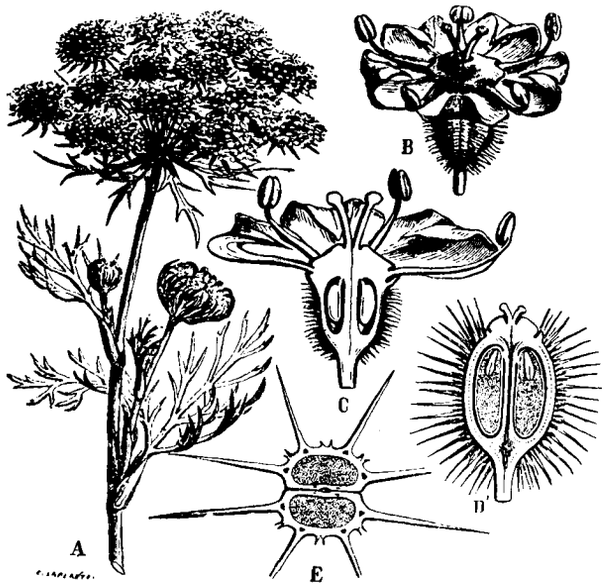


Рис. 615. Морковь — *Daucus carota*: *A* — верхняя часть стебля съ сложнымъ зонтикомъ, *B* — цвѣтокъ, *C* — цвѣтокъ въ продольномъ разрѣзѣ, *D* — плодъ въ продольномъ и *E* — въ поперечномъ разрѣзѣ.

при помощи вѣтра. Всѣ голосѣменныя **вѣтроопыляемы**. Низшія цвѣтковыя растенія, протоантофитныя, по наслѣдію отъ голосѣменныхъ, отъ которыхъ они несомнѣнно произошли, сохранили въ себѣ способность опылять свои цвѣты при помощи вѣтра. Поэтому цвѣты ихъ часто мелкіе, невзрачные, безъ развитого околоцвѣтника и часто раздѣльнополые. За то такіе мелкіе цвѣты

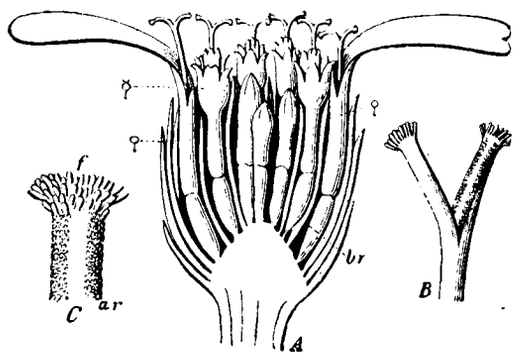


Рис. 616. *Achillea millefolium*: *A* — корзинка въ продольномъ разрѣзѣ съ женскими (♀) и обоеполыми (☿) цвѣтами и прицвѣтными чешуями (*br*); *B* — рыльца и верхняя часть столбика; *C* — верхняя часть рыльца съ сосочками (*ar*) и волосками (*f*).

собираются въ б. и. м. густыя соцвѣтія, причемъ мы различаемъ мужскія и женскія соцвѣтія. **Соцвѣтіе** — это вѣтвленіе плодущаго побѣга и образованіе на его оси перваго порядка боковыхъ осей второго, третьяго, и т. д. порядковъ. Подобно вѣтвленію наземныхъ стеблей, корневищъ и т. д., и вѣтвленіе плодущихъ побѣговъ можетъ быть опредѣленное и неопредѣленное, симподіальное и моноподіальное, и, вслѣдствіе этого, мы различаемъ **соцвѣтія опредѣленныя** и **неопредѣленныя**, а за симъ, согласно тѣмъ или инымъ формамъ вѣтвленія плодущаго побѣга, различаются различные типы соцвѣтій; напримѣръ, къ **неопредѣленнымъ** или **моноподіальнымъ соцвѣтіямъ** относятся: кисть (см. рис. 613), колосъ (см. рис. 614), початокъ (см. рис. 637, 639) сережка (см. рис. 619, 620), щитокъ, метелка; во всѣхъ этихъ соцвѣтіяхъ основной стержень соцвѣтія б. и. м. развитъ и растетъ неопредѣленно дальше, давая лишь боковыя вѣтви второго, третьяго и т. д. порядковъ. Но къ неопредѣленнымъ же соцвѣтіямъ относятся и такія, у которыхъ основной стержень хотя и растетъ верхушкой, давая боковыя вѣтви, но рано прекращаетъ свой ростъ и самъ въ длину не развивается. Тогда получаются **неопредѣленныя** или **моноподіальныя** соцвѣтія: зонтикъ (см. рис. 615), головка или корзинка (см. рис. 616).

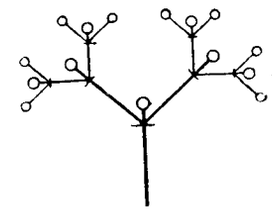


Рис. 617. Схема соцвѣтія развилокъ или дихазій.

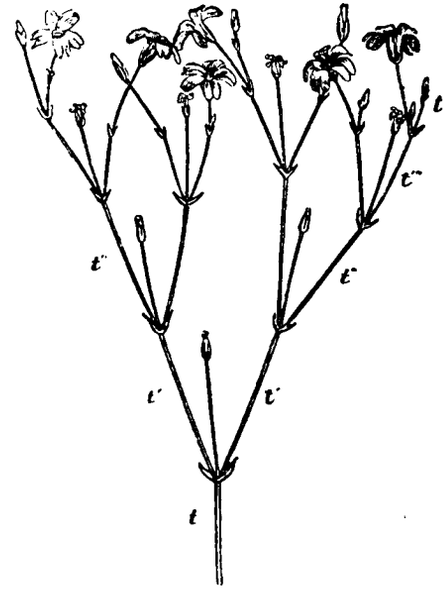


Рис. 618. Соцвѣтіе — дихазій, *Cerastium collinum*: *t*—*t''''* — послѣдовательныя оси.

Опредѣленныя или **симподіальныя соцвѣтія** предста-

вляютъ такія соцвѣтія, когда въ нихъ нѣтъ ни одной оси, не заканчивающейся цвѣткомъ, и если имѣется стержень, то онъ представляетъ ложную ось, состоящую изъ осей разныхъ порядковъ. Таковы, напримѣръ, соцвѣтія, называемыя развилкомъ или дихазіемъ (см. рис. 617, 618), завитком и проч.

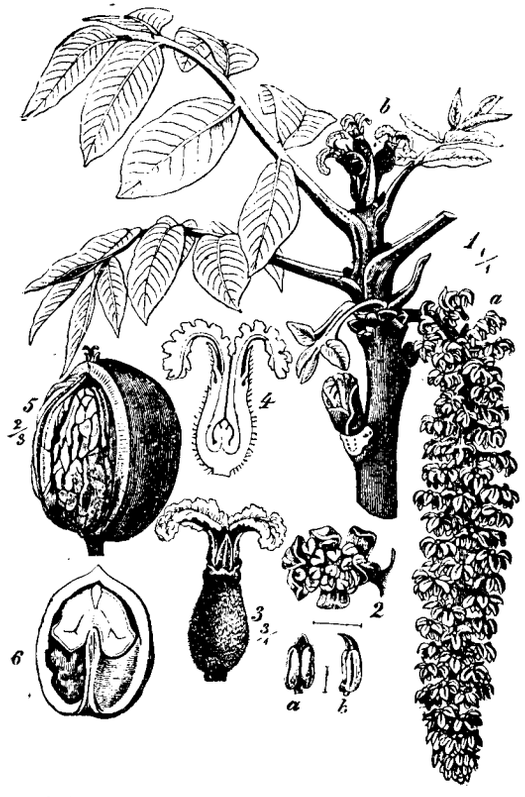


Рис. 619. Грецкій орѣхъ — *Juglans regia*, представитель сережкоцвѣтныхъ растеній (*Amentaceae*): *1* — цвѣтущая вѣтвь, *a* — мужская сережка, *b* — женскіе цвѣты; *2* — мужской цвѣтокъ съ простымъ чашечковиднымъ покровомъ (однопокровный цвѣтокъ), *a* — тычинка совнутри, *b* — тычинка сбоку; *3* — женскій цвѣтокъ; *4* — женскій цвѣтокъ въ продольномъ разрѣзѣ; *5* — плодъ въ продольномъ разрѣзѣ; *6* — сѣмя въ продольномъ разрѣзѣ.

Низшія **протоантофитныя растенія**, будучи приспособлены, подобно голосѣменнымъ, къ вѣтровому опыленію, имѣютъ мелкіе невзрачные цвѣты, собранные однако въ б. и. м. развитыя соцвѣтія разныхъ типовъ. Очень часто цвѣты эти первично раздѣльнополые, и все соцвѣтіе ихъ устроено такъ, что приспособлено къ наилучшему вѣтровому опыленію. Таковы, напримѣръ, сережкоцвѣтныя растенія, грецкій орѣхъ (см. рис. 619), ольха (см. рис. 620), береза и мн. другія вѣтроопыляемыя древесныя растенія. Они образуютъ длинныя сложныя сережчатыя мужскія соцвѣтія изъ мелкихъ невзрачныхъ тычинковыхъ цвѣтовъ, собранныхъ въ свою очередь въ соцвѣтія — дихазіи, выпыливающихъ огромное количество плодотворной пыльцы. Женскіе цвѣты этихъ растеній обраны въ менѣе обильныя соцвѣтія, также невзрачны, съ слабо развитымъ цвѣточнымъ покровомъ, но съ сильно развитыми бахромчатыми или лопастными рыльцами, при помощи которыхъ женскіе цвѣты легко улавливаютъ посящуюся въ воздухѣ пыльцу, выпыливаемую мужскими цвѣтами.

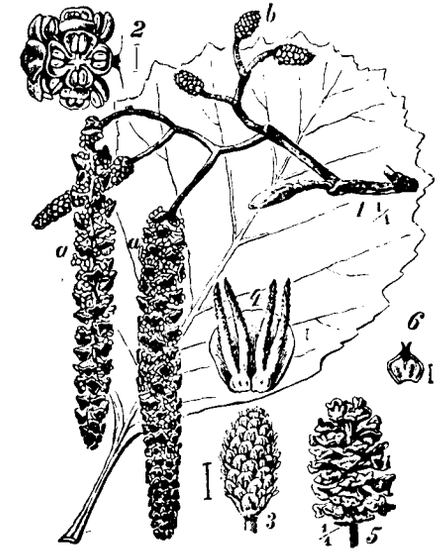


Рис. 620. *Alnus glutinosa* — ольха: *1* — вѣтвь съ мужскими (*a*) и женскими (*b*) сережками; *2* — дихазій изъ трехъ мужскихъ цвѣтовъ; *3* — женская сережка; *4* — дихазій изъ двухъ женскихъ цвѣтовъ; *5* — соплодіе, деревянистая шишка; *6* — плодъ, односѣменный орѣхъ съ крылатками.

Но вѣтроопыляемость свойствена далеко не однимъ только простѣйшимъ протоантофитнымъ растеніямъ съ раздѣльнополыми цвѣтами. Иногда мы встрѣчаемъ ее, въ видѣ, несомнѣнно, явленія вторичнаго, у растеній **эуантофитныхъ**. Хорошимъ примѣромъ вѣтроопыляемыхъ высшихъ цвѣтковыхъ растеній являются злаки, принадлежащіе къ растеніямъ съ цвѣтами въ планѣ трехчленными пятициклическими, но сильно редуцированными вслѣдствіе обратнаго приспособленія своего къ вѣтроопыляемости. Цвѣты злаковъ обоеполые, съ покровными и прицвѣтными чешуями, но почти безъ околоцвѣтника, редуцировавшагося лишь до двухъ невзрачныхъ пленочекъ, такъ называемыхъ lodiculae (см. рис. 621). Тычинокъ по плану должно быть шесть, и у нѣкоторыхъ злаковъ, напримѣръ, у кукурузы, дѣйствительно шесть тычинокъ. Но большинство злаковъ имѣетъ всего три тычинки, сидящія на длин-

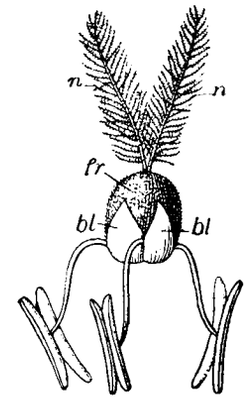


Рис. 621. Цвѣтокъ злака — *Triticum*: *bl* — lodiculae, *fr* — завязь, *n* — рыльце.

ныхъ тонкихъ нитяхъ съ качающимися пыльниками, выпыливающими постепенно большое количество пыльцы, которая подхватывается вѣтромъ и улавливается сильно развитыми бахромчатыми рыльцами этихъ растеній (см. рис. 622).

Вѣтроопыляемость — болѣе примитивный способъ опыленія цвѣтовъ высшихъ растеній. Огромное большинство

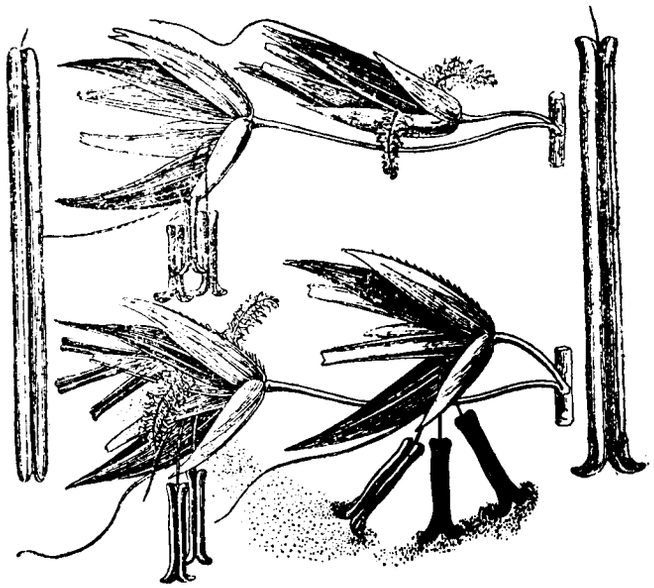


Рис. 622. Опыленіе посредствомъ вѣтра у французскаго райграсса (*Arrhenatherum elatius*). Слѣва закрытый, справа открытый пыльникъ. Въ срединѣ вверху цвѣтки въ тихую погоду. Въ срединѣ внизу цвѣтки въ вѣтряную погоду; пыльца, высыпающаяся изъ качающихся пыльниковъ, переносится на рыльце другого цвѣтка, пыльники котораго уже не имѣютъ пыльцы

цвѣтковыхъ растеній приспособило однако цвѣты свои къ перекрестному опыленію **при помощи насѣкомыхъ**, и этотъ способъ опыленія и приспособленіе цвѣтовъ къ опыленію при помощи насѣкомыхъ красной нитью проходятъ въ біологіи большинства цвѣтовъ высшихъ растеній. Палеонтологія учитъ насъ, что насѣкомыя, сосущія медъ и собирающія пыльцу съ цвѣтовъ, появились на земномъ шарѣ одновременно съ цвѣтковыми растеніями. И весьма позднее появленіе цвѣтковыхъ покрытосѣменныхъ растеній вмѣстѣ съ быстрымъ и замѣчательно разнообразнымъ развитіемъ ихъ органа размноженія — цвѣтка — находитъ себѣ объясненіе въ томъ фактѣ, что эво-

люція цвѣтка (а, слѣдовательно, и цвѣтковыхъ растеній) шла рука объ руку съ эволюціей обширнаго и разнообразнаго міра насѣкомыхъ. Насѣкомыя посѣщаютъ цвѣты изъ за меда или плодотворной пыльцы. Привлекаются насѣкомыя къ цвѣтамъ либо красивой окраской ихъ околоцвѣтника, либо пріятнымъ запахомъ, ароматомъ, выдѣляемымъ цвѣтами, либо сладкимъ медомъ, цвѣточнымъ нектаромъ. Перелетая

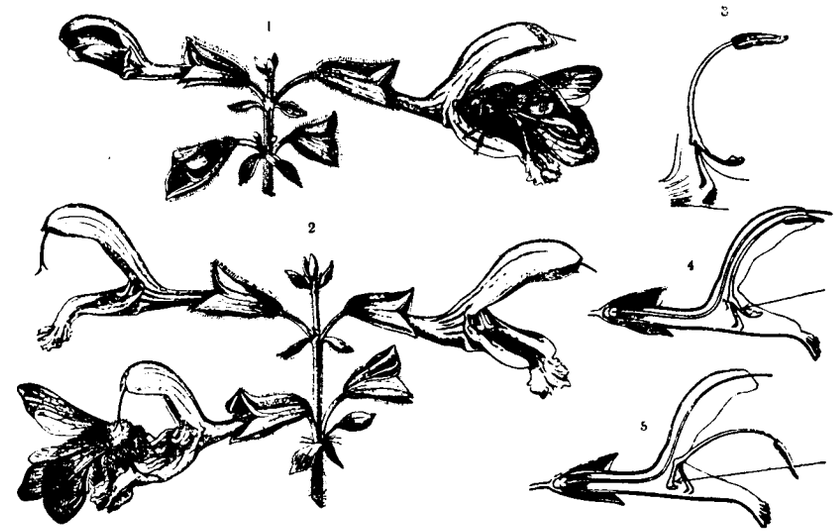


Рис. 623. Опыленіе *Salvia glutinosa* при помощи насѣкомыхъ: *1* — опусканіе пыльника на спинку шмеля, *2* — намазываніе шмелемъ пыльцы на опустившееся рыльце, *3* — тычинка, *4* — продольный разрѣзъ цвѣтка; стрѣлка указываетъ направленіе шмеля, проникающаго къ меду; *5*—опусканіе пыльника вслѣдствіе давленія на нижнюю расширенную часть оси пыльника.

съ цвѣтка на цвѣтокъ того же растенія, собирая съ него медъ или пыльцу, пчелы, шмели, бабочки и другія насѣкомыя переносятъ на тѣлѣ своемъ пыльцу, которою они невольно при этомъ замазываются. И пыльца изъ тычинокъ одного цвѣтка попадаетъ на рыльце другого цвѣтка и обезпечиваетъ столь важное для здороваго развитія потомства перекрестное опыленіе цвѣтовъ (см. рис. 623). Хотя цвѣты высшихъ цвѣтковыхъ растеній морфологически обоеполы, но біологически они по большей части раздѣльнополы. Эта біологическая раздѣльнополость достигается различными приспособленіями. Такъ, цвѣты многихъ въ особенности высшихъ растеній отличаются

такъ называемой **дихогаміей**. Дихогамія состоитъ въ неодновременномъ развитіи мужскихъ и женскихъ органовъ цвѣтка, тычинокъ и пестиковъ. **Протерандріей** называется явленіе, когда въ цвѣтахъ раньше созрѣваютъ тычинки, высыпаютъ свою зрѣлую пыльцу изъ пыльниковъ, а рыльца данныхъ протерандрическихъ цвѣтовъ не готовы еще къ воспріятію этой пыльцы. Но насѣкомое, посѣщая такой протерандрическій цвѣтокъ, попутно, пассивно обмазывается готовой пыльцей и, перелетая, на другой цвѣтокъ такого-же растенія, но раньше распустившійся, обмазываетъ невольно пыльцей этой распустившіяся въ этихъ болѣе старыхъ цвѣтахъ рыльца. **Протерогиніей** называется обратное явленіе, когда, наоборотъ, въ цвѣтахъ раньше созрѣваютъ рыльца пестиковъ и готовы къ воспріятію плодотворной пыльцы, а тычинки еще не созрѣли и не пылятъ. Чаще встрѣчается въ природѣ явленіе протерандріи. Оно свойственно иногда цѣлымъ естественнымъ семействамъ, напримѣръ, сложноцвѣтнымъ, зонтичнымъ, гераніевымъ и многимъ другимъ. Протерогинія, наоборотъ, явленіе довольно рѣдкое и свойственно отдѣльнымъ растеніямъ изъ того или иного естественнаго семейства.

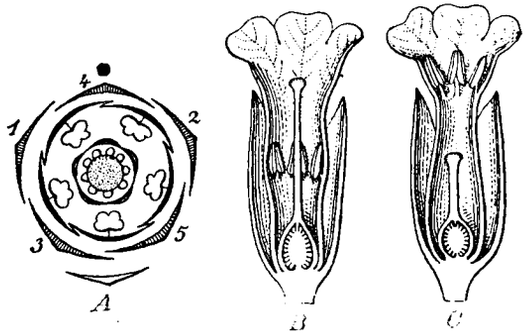


Рис. 624. *A* — діаграмма цвѣтка *Primula acaulis*, *B* — продольный разрѣзъ цвѣтка *Primula elatior* съ длиннымъ столбикомъ и короткими тычинками, *C* — то же, но съ короткимъ столбикомъ и длинными тычинками (гетеростилія).

Перекрестное опыленіе при помощи насѣкомыхъ обусловливается открытымъ Дарвиномъ явленіемъ **полиморфизма цвѣтовъ** многихъ растеній. Такъ, напримѣръ, цвѣты примулы (см. рис. 624) отличаются **диморфизмомъ** и **гетеростиліей**. Одни экземпляры этого растенія имѣютъ цвѣты съ длиннымъ столбикомъ и тычинками, сидящими на короткихъ нитяхъ (*B*), другіе же, наоборотъ, имѣютъ цвѣты съ коротким столбикомъ и тычинками на длинныхъ нитяхъ (*C*). Насѣкомое, посѣщая цвѣты примулы, садится на отгибъ вѣнчика и засовываетъ въ глубь вѣнчиковой трубки свой длинный хоботокъ. Если насѣкомое посѣтило цвѣтокъ типа *B* и затѣмъ перелетѣло на цвѣтокъ типа *C*, то, при засовываніи своего хоботка въ глубь вѣнчиковой трубки, чтобы высосать оттуда медъ, оно какъ разъ коснется рыльца цвѣтка *C* тѣмъ мѣстомъ, которымъ оно передъ этимъ обмазалось пыльцей въ цвѣткѣ *B*, и такимъ образомъ произведетъ неизбѣжное перекрестное опыленіе цвѣтовъ, да при томъ же цвѣтовъ разныхъ экземпляровъ. А перелетѣвъ съ цвѣтка типа *C* на цвѣтокъ типа *B*, оно пыльцу высокихъ тычинокъ перенесетъ на цвѣты съ длиннымъ столбикомъ.

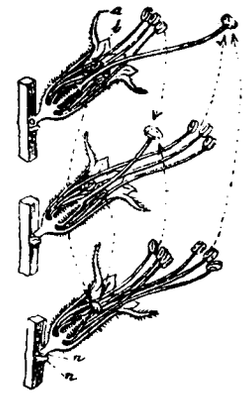


Рис. 625. Плакунъ-трава (*Lythrum Salicaria*). Три цвѣтка (безъ вѣнчика) въ разрѣзѣ: верхній съ длиннымъ, нижній съ коротким столбикомъ. Цвѣты взяты съ трехъ различныхъ экземпляровъ. Пунктирныя линіи указываютъ наиболѣе успѣшные случаи опыленія.

У *Lythrum Salicaria* (см. рис. 625) цвѣты отличаются **триморфизмомъ**, какъ видно изъ прилагаемаго рисунка, и наиболѣе успѣшные и притомъ наиболѣе возможные при содѣйствіи насѣкомыхъ случаи опыленія этихъ цвѣтовъ обозначены на рисункѣ нашемъ пунктирными линіями.

Опыленіе при помощи насѣкомыхъ выгоднѣе растенію, чѣмъ при помощи вѣтра, такъ какъ при этомъ меньше пропадаетъ даромъ плодотворной пыльцы, и лучше обезпечивается столь выгодная для растеній перекрестность опыленія, а слѣдовательно и полученіе лучшаго и болѣе крѣпкаго потомства. При этомъ растенія, приспособившія цвѣты свои къ опыленію при помощи только опредѣленныхъ насѣкомыхъ, гарантируютъ себѣ лучше перекрестность опыленія и имѣютъ больше шансовъ на крѣпкое здоровое потомство.

Въ строеніи цвѣтовъ различныхъ растеній мы видимъ самыя разнообразныя приспособленія не только для обезпеченія перекрестнаго опыленія при помощи насѣкомыхъ, но

даже нерѣдко для обезпеченія перекрестнаго опыленія вполнѣ опредѣленными насѣкомыми. И чѣмъ выше въ естественной системѣ стоитъ то или иное растеніе, тѣмъ сложнѣе устроенъ его цвѣтокъ въ смыслѣ приспособленія къ опыленію при помощи опредѣленныхъ только и притомъ наиболѣе интеллигентныхъ, наиболѣе развитыхъ насѣкомыхъ. Такъ, напримѣръ, зигоморфные цвѣты орхидныхъ (см. рис. 626) имѣютъ весьма сложныя и остроумныя приспособленія для обезпеченія перекрестнаго опыленія, причемъ цвѣты эти устроены такъ, что ни сами они не могутъ быть опылены при отсутствіи свойственныхъ именно имъ насѣкомыхъ — опылителей, ни насѣкомыя эти не могутъ жить и размножаться при отсутствіи этихъ именно цвѣтовъ. Жизнь и размноженіе многихъ растеній настолько интимно сплелись съ строеніемъ, жизнью, нравами и инстинктами насѣкомыхъ, что существованіе однихъ немыслимо безъ другихъ. Эволюція міра насѣкомыхъ и цвѣтовъ высшихъ растеній, со времени появленія цвѣтковыхъ растеній на земномъ шарѣ, несомнѣнно шла рука объ руку и обусловила самыя тѣсныя біологическія отношенія между этими красивѣйшими и изящнѣйшими произведеніями живой природы.

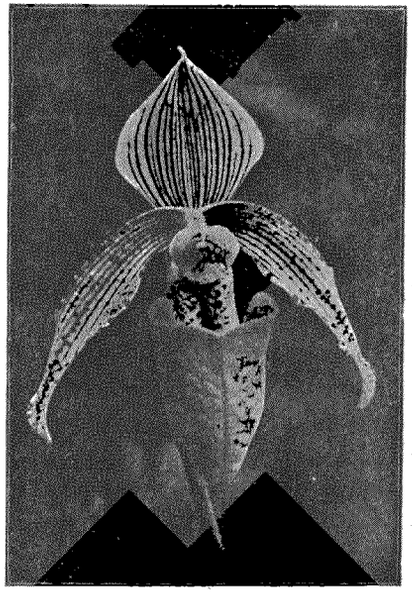


Рис. 626. Зигоморфный, приспособленный къ перекрестному опыленію при помощи насѣкомыхъ цвѣтокъ орхиднаго — *Cypripedium barbatum.*

Лекція пятидесятая.

Размноженіе цвѣтковыхъ растеній. Плоды и соплодія.

Время цвѣтенія высшихъ растеній — это самая поэтичная пора въ ихъ жизни. Разнообразно устроенные цвѣты, съ ихъ манящимъ къ себѣ ароматомъ, съ ихъ ласкающей взоръ иногда яркой причудливой окраской, съ ихъ привлекательной для многихъ насѣкомыхъ пыльцею, которою они питаются, или съ сладкимъ сокомъ — цвѣточнымъ нектаромъ, выдѣляемымъ особыми органами — **нектарниками**, все тѣми же метаморфозированными верхушечными листьями, эти разнообразные цвѣты высшихъ растеній безспорно составляютъ лучшее украшеніе современнаго растительнаго міра. Появились однако цвѣты сравнительно очень недавно на земномъ шарѣ. Огромное количество вѣковъ въ жизни нашей планеты протекло безъ красиваго убранства материковъ и острововъ цвѣтковыми растеніями съ ихъ разнообразными цвѣтками. Лишь въ концѣ такъ называемой мезозойской эры разноспоровыя архегоніатныя растенія, начавъ приспособлять свои метаморфозированные листостебельные побѣги, предназначенные для цѣлей размноженія, свои стробилы или шишки къ перекрестному опыленію при помощи насѣкомыхъ, стали вырабатывать спеціализированные стробилы, которые мы называемъ цвѣтами. При этомъ макроспоролистики или женскіе плодолистики ихъ должны были сомкнуться въ особые полые органы, называемые **завязями**, и внутри завязей этихъ укрыть свои **сѣмяпочки**. Существенной особенностью **цвѣтковыхъ растеній** является именно сокры-

тіе сѣмяпочекъ внутри завязи и развитіе изъ завязи послѣ оплодотворенія особаго метаморфозированнаго органа — **плода.** Ни у оогоніатныхъ, ни у архегоніатныхъ растеній никогда не бываетъ ни плодовъ, ни типичныхъ цвѣтовъ, а потому и высшія архегоніатныя растенія — голосѣменныя, нельзя относить къ цвѣтковымъ растеніямъ. Сѣмена встрѣчаются и у архегоніатныхъ растеній, у ископаемыхъ папоротниковъ древнѣйшихъ временъ (см. рис. 594 и 596), у ископаемыхъ и современныхъ саговниковъ, у нынѣ еще во многихъ мѣстахъ земного шара живущихъ хвойныхъ. Но ни у саговниковъ, ни у хвойныхъ нѣтъ ничего аналогичнаго **плодамъ** высшихъ **цвѣтковыхъ** или **антофитныхъ растеній**, нѣтъ еще и настоящаго цвѣтка.



Рис. 627. Продольный разрѣзъ цвѣтка лютика — *Ranunculus sceleratus*, какъ примѣръ цвѣтка съ сильно выпуклымъ цвѣтоложемъ, съ неопредѣленнымъ количествомъ спирально расположенныхъ органовъ цвѣтка, и съ апокарпнымъ гинецеемъ.



Рис. 628. Продольный разрѣзъ черезъ женскій цвѣтокъ *Schizandra coccinea* (изъ сем. *Magnoliaceae*), съ апокарпнымъ гинецеемъ.

Цвѣтокъ — это сложное приспособленіе къ перекрестному опыленію.



Рис. 629. Продольный разрѣзъ черезъ апокарпный гинецей *Magnolia Precia.*

Вслѣдъ за опыленіемъ слѣдуетъ оплодотвореніе, причемъ настоящія цвѣтковыя растенія отличаются отъ всѣхъ остальныхъ растеній явленіемъ двойного оплодотворенія (см. выше стр. 270 и рис. 232). Непосредственнымъ результатомъ акта двойного оплодотворенія является развитіе зародыша будущаго растенія изъ одной единственной оплодотворенной яйцеклѣтки яйцевого аппарата сѣмяпочки цвѣтковыхъ растеній и развитіе эндоспермовой ткани, первое время наполненной запасными питательными веществами, изъ оплодотвореннаго вторичнаго ядра зародышеваго мѣшка (см. выше стр. 272). Ничего подобнаго мы не встрѣчаемъ ни у оогоніатныхъ, ни у архегоніатныхъ растеній, включая самыя высшія архегоніатныя — голосѣменныя, ископаемыя и современныя. Но актъ оплодотворенія у цвѣтковыхъ растеній далеко не ограничивается этими двумя непосредственно вытекающими изъ него явленіями — развитіемъ зародыша изъ оплодотворенной яйцеклѣтки и развитіемъ эндоспермовой ткани изъ оплодотвореннаго вторичнаго ядра зародышеваго мѣшка. Оплодотвореніе у цвѣтковыхъ растеній косвеннымъ образомъ затрагиваетъ весь метаморфозированный листостебельный побѣгъ ихъ, весь цвѣтокъ, и въ результатѣ получаются послѣ оплодотворенія цвѣтковыхъ растеній — **сѣмена** и **плоды.** Послѣ опыленія цвѣтка высшихъ растеній, обыкновенно, покровы и тычинки его опадаютъ, а оплодотворенныя сѣмяпочки, развиваясь далѣе, образуютъ въ концѣ концовъ зрѣлыя сѣмена, завязь же пестика, внутри которой заключены были сѣмяпочки, разрастается дальше, метаморфозируется и даетъ плодъ. Каждый плодъ развивается лишь изъ одной завязи, и такой плодъ мы называемъ **простымъ плодомъ.** Но нерѣдко, въ особенности у низшихъ протоантофитныхъ растеній, внутри одного цвѣтка бываетъ нѣсколько свободныхъ или б. и. м. свободныхъ пестиковъ или плодниковъ (см. рис. 627, 628 и 629), составляющихъ не простой, а такъ называемый апокарпный гинецей. Такіе цвѣты послѣ оплодотворенія даютъ **сложный** или **сборный плодъ**, состоящій изъ собранія на одномъ



Рис. 630. Сложный или сборный плодъ водяного растенія *Brasenia purpurea.*



Рис. 631. Сборный плодъ *Illicium verum.*

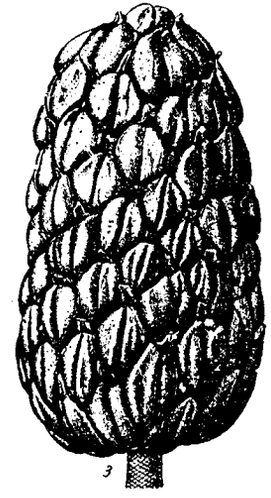


Рис. 632. Сборный плодъ *Magnolia grandiflora.*

плодоложѣ нѣсколькихъ, а иногда и очень многихъ отдѣльныхъ небольшихъ плодиковъ (см. рис. 630, 631, 632). Если при образованіи такихъ сборныхъ плодовъ разрастается далѣе не только каждая отдѣльная завязь гинецея, но и цвѣтоложе, окружая созрѣвающіе отдѣльные плодики своей разрастающейся мякотью, то получаются такъ называемые ложные сложные плоды, въ образованіи которыхъ участвуетъ слѣдовательно и ткань завязи, и ткань цвѣтоложа или тора цвѣтка. Примѣромъ такихъ **ложныхъ плодовъ** могутъ служить плоды земляники, розы; яблоко, груша — это тоже ложный плодъ, ибо въ образованіи его принимаютъ участіе не только завязи цвѣтовъ, но и ихъ торъ, и даже отчасти наружный покровъ цвѣтка — чашечка. Съ ложными и сложными или сборными плодами не надо смѣшивать **соплодій**, которыя образуются изъ дальнѣйшаго разрастанія не только частей отдѣльныхъ цвѣтовъ, но даже нерѣдко цѣлаго соцвѣтія даннаго растенія. Въ простѣйшемъ случаѣ

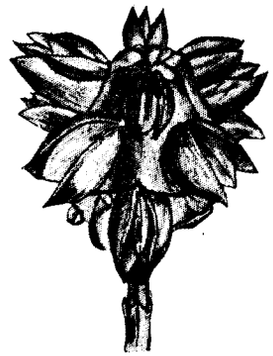


Рис. 633. Соплодіе *Casuarina leucodon*.



A *B* *C*

Рис. 634. Цвѣты и соплодіе рода *Morus*: *A* — мужской цвѣтокъ *M. alba*; *B* — женское соцвѣтіе *M. alba*; *C* — соплодіе *M. nigra*.

соплодія состоятъ изъ тѣсно сближенныхъ на плодущей оси отдѣльныхъ плодовъ, получившихся каждый изъ отдѣльнаго цвѣтка. Таковы, напримѣръ, соплодія казуарины (см. рис. 633) или соплодія тутоваго дерева, образующія такъ называемую тутовую ягоду (см. рис. 634). Ягода эта по внѣшнему виду очень напоминаетъ ягоды малины, но,

во-первыхъ, морфологически это совершенно два разныхъ образованія, и, во-вторыхъ, названіе ягоды для обоихъ этихъ образованій не правильно. Плодъ малины есть сложный или сборный плодъ, произшедшій изъ одного цвѣтка; каждая отдѣльная сочная частица малины, имѣющая внутри косточку, произошла отъ одной завязи сложнаго или многочленнаго гинецея цвѣтка малины; она составляетъ плодъ, называемый костянкой (аналогичный костянкамъ вишни, сливы

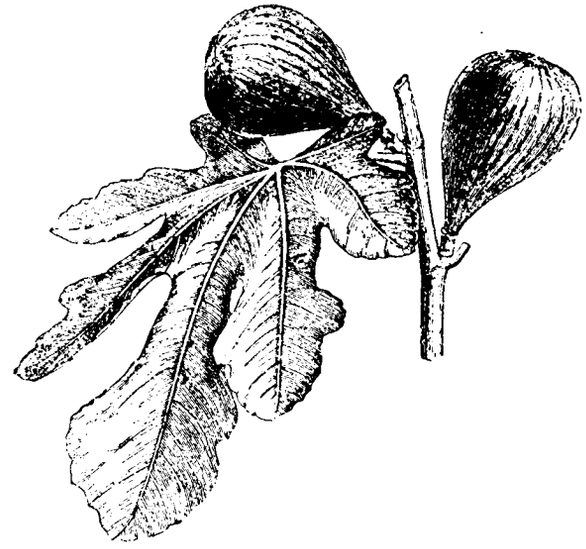


Рис. 635. *Ficus Carica* — смоковница, инжиръ или фиговое дерево, съ соплодіями.

и т. д.), и, слѣдовательно, плодъ малины есть **сложная костянка.** Плодъ же тутоваго дерева, или неправильно называемая тутовая ягода, произошелъ не изъ одного цвѣтка, какъ у малины, а изъ соцвѣтія, и каждая отдѣльная сочная его частица, съ косточкой внутри, произошла изъ отдѣльнаго цвѣтка, а потому это уже не плодъ, а **соплодіе.** Еще болѣе сложныя соплодія представляютъ, напримѣръ, плодъ ананаса или такъ называемая винная ягода (фига) смоковницы или инжира (см. рис. 635). Винная ягода инжира тоже произошла изъ соцвѣтія, причемъ въ образованіи ея принялъ участіе и сильно разросшійся стержень соцвѣтія, еще во время цвѣ-

тенія представлявшій видъ почти замкнутаго кувшина съ многочисленными мужскими и женскими цвѣточками внутри (см. рис. 636, *6*). Вообще, въ тропическомъ сем. тутовыхъ — *Moraceae*, мелкіе цвѣточки, собранные въ сложныя соцвѣтія, даютъ послѣ цвѣтенія различныя сложныя соплодія (см. рис. 636, *1—6*).

Въ тропическомъ же семействѣ перечныхъ *(Piperaceae)* тоже весьма мелкіе и просто устроенные, примитив-

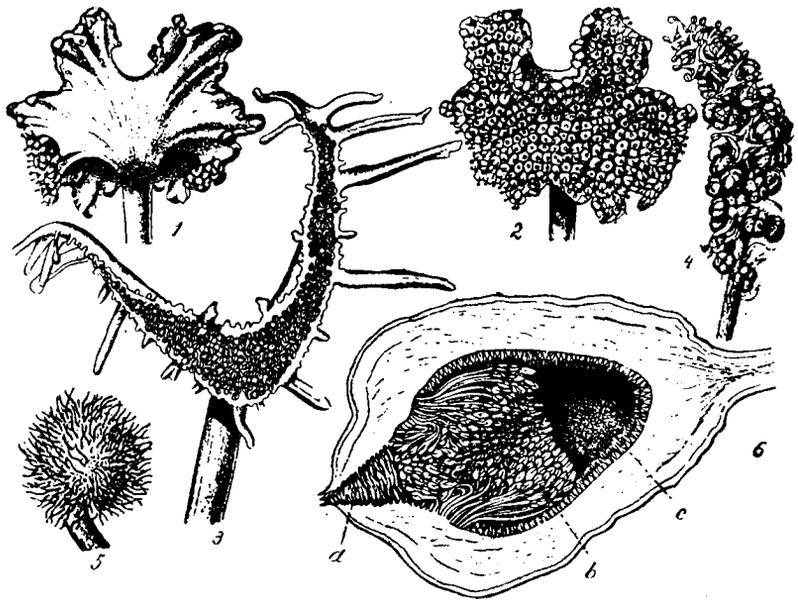


Рис. 636. Соцвѣтія *Moraceae*: *1, 2, 3* — соцвѣтія разныхъ видовъ рода *Dorstenia*; *4* — мужское соцвѣтіе *Broussonetia papyrifera*, *5* — женское соцвѣтіе того же растенія; *6* — соцвѣтіе *Ficus pumila*: *a* — безплодные листья, *b* — мужскіе цвѣты, *c* — женскіе цвѣты.

ные цвѣты тѣсно собраны въ сложныя соцвѣтія, а послѣ цвѣтенія получаются б. и. м. сложныя соплодія. Рис. 637 представляетъ, напримѣръ, соплодіе одного вида перца — *Piper longum*, а рис. 638 единичный плодъ изъ подобнаго же соплодія у *Piper nigrum*, чернаго перца, соплодія котораго изображены на рис. 639. **Дробными** плодами называютъ такіе плоды, которые, подобно сборнымъ плодамъ и соплодіямъ, состоятъ при окончательномъ созрѣваніи какъ бы изъ отдѣльныхъ плодиковъ. Но сборные плоды получаются изъ апокарпнаго гинецея, т. е. изъ сложнаго гинецея, соплодія получаются изъ соцвѣтій, а

дробные плоды развиваются изъ одной всего завязи, изъ синкарпнаго гинецея, и лишь при созрѣваніи раскалываются на отдѣльныя самостоятельныя части. Таковы, напримѣръ, дробные плоды зонтичныхъ (двусѣмянка, см. рис. 615, *D*, *E*), плоды клена (см. рис. 640), раскалывающіеся при созрѣваніи пополамъ вдоль перегородки на два какъ бы самостоятельныхъ плодика; таковы также дробные плоды (четыре орѣшка) губоцвѣтныхъ и бурачниковыхъ, или плоды рѣдьки, распадающіеся при созрѣваніи поперекъ на рядъ самостоятельныхъ плодиковъ.



Рис. 637. Соплодіе *Piper longum*.

Итакъ, плодомъ мы называемъ образованіе, развивающееся изъ завязи пестика цвѣтка послѣ оплодотворенія сѣмяпочекъ завязи и содержащее внутри сѣмена, образовавшіяся изъ заложенныхъ въ ней сѣмяпочекъ. Такъ какъ завязи цвѣтовъ могутъ быть одногнѣздными и многогнѣздными и заключать въ себѣ одну или нѣсколько сѣмяпочекъ, то и плоды въ результатѣ могутъ быть одногнѣздными и многогнѣздными, односѣменными и многосѣменными. Если завязь цвѣтка была одногнѣздная и заключала въ себѣ всего одну сѣмяпочку, то и плодъ, выросшій изъ такой завязи, будетъ односѣменный и одногнѣздный. Но если завязь была многогнѣздная и содержала въ себѣ много сѣмяпочекъ, то изъ этого еще не слѣдуетъ, что плодъ, развивающійся изъ такой завязи, будетъ тоже многогнѣздный и многосѣменный. У болѣе низшихъ типовъ цвѣтковыхъ растеній обыкновенно въ плодѣ образуется столько же или приблизительно столько же сѣмянъ, сколько было заложено сѣмяпочекъ въ завязи, и количество гнѣздъ плода соотвѣтствуетъ количеству гнѣздъ завязи. Но у болѣе развитыхъ типовъ цвѣтковыхъ растеній наблюдаются дальнѣйшіе метаморфозы при развитіи плода изъ завязи. Такъ, напримѣръ, завязь дуба трехгнѣздная и въ каждомъ гнѣздѣ ея заложено по двѣ сѣмяпочки. Но при созрѣваніи плода дуба, называемаго **жолудемъ** (см. рис. 641, *5*), окончательнаго

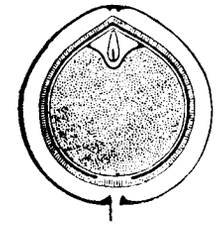


Рис. 638. Плодъ *Piper nigrum* въ продольномъ разрѣзѣ ($^5/_1$). Периспермъ обозначенъ пунктиромъ. Эндоспермъ оставленъ бѣлымъ и въ немъ лежитъ небольшой зародышъ съ двумя сѣмядолями.

развитія достигаетъ одно лишь гнѣздо завязи и одна лишь сѣмяпочка, а потому плодъ дуба — жолудь, плодъ одногнѣздный, односѣменный. У липы завязь пятигнѣздная съ двумя сѣмяпочками въ каждомъ гнѣздѣ, а плодъ липы тоже одногнѣздный, односѣменный. Такихъ примѣровъ можно было бы привести много и изъ другихъ въ особенности болѣе высоко организованныхъ семействъ цвѣтковыхъ растеній. Противоположный примѣръ представляютъ, напримѣръ, дробные плоды губоцвѣтныхъ и бурачниковыхъ. Завязь у этихъ растеній двугнѣздная, и въ каждой завязи по двѣ сѣмяпочки; но еще въ завязи образуется вторая **перегородка** — **ложная**, раздѣляющая всю завязь на четыре **камеры** съ одной сѣмяпочкой въ каждой камерѣ. А при созрѣваніи изъ такой четырехкамерной, но по существу двугнѣздной завязи, образуется плодъ дробный, состоящій изъ четырехъ самостоятельныхъ **орѣшковъ**.



Рис. 639. Вѣтвь *Piper nigrum*, чернаго перца, съ соплодіями.

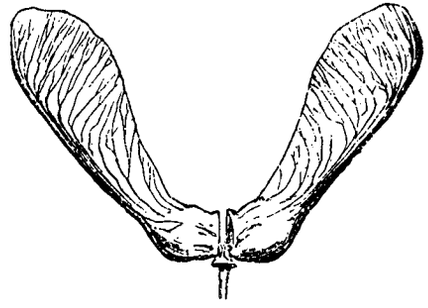


Рис. 640. Дробный плодъ — двукрылатка клена.

На прошлой лекціи мы видѣли, что все огромное разнообразіе въ строеніи цвѣтовъ высшихъ растеній находитъ себѣ объясненіе въ приспособленіи цвѣтовъ къ перекрестному опыленію главнымъ образомъ при помощи насѣкомыхъ, частью же при помощи вѣтра.

Плоды тоже построены весьма и весьма разнообразно и главнымъ образомъ приспособлены къ распространенію растеній по земному шару (см. стр. 278—285), причемъ въ выработкѣ различныхъ типовъ плодовъ тоже не малую роль играетъ приспособленіе ихъ къ міру животныхъ или къ физическимъ стихіямъ, къ содѣйствію вѣтра, водяныхъ теченій и проч., обезпечивающихъ б. и м. значительное распространеніе растеній по землѣ. Эти всѣ приспособленія весьма многообразны и главнымъ образомъ и обусловливаютъ внѣшній видъ и строеніе различныхъ плодовъ и сѣмянъ растеній.



Рис. 641. Дубъ — *Quercus pedunculata*: *1* — вѣтвь съ мужскими (*a*, *b*) и женскими (*c*) сережками; *2* — два мужскихъ цвѣтка; *3* — женскій цвѣтокъ (дихазій); *4* — женскій цвѣтокъ (дихазій) въ продольномъ разрѣзѣ; *5* — плодъ, орѣхъ (жолудь) съ плюской и пустая плюска.

Съ внѣшней стороны всѣ плоды высшихъ растеній могутъ быть подраздѣлены на двѣ крупныя группы, на **плоды сочные** и **сухіе**. Примѣрами **сочныхъ плодовъ** являются **ягода** (напримѣръ, смородина, виноградъ, огурецъ, см. рис. 248, дыня) и **костянка** (напримѣръ, вишня, слива, грецкій орѣхъ, см. рис. 619, *5*, *6*). **Околоплодникъ** или стѣнка плода ягоды имѣетъ плотную кожицу снаружи и внутри сочную мякоть, въ которой помѣщается много зрѣлыхъ сѣмянъ. **Костянка** же — это такой сочный плодъ, околоплодникъ котораго образованъ изъ наружной кожицы, сочнаго слоя — мякоти (**межплодника**) и внутренняго слоя, образующаго твердую косточку (**нутреплодника**), а внутри этой косточки помѣщается обыкновенно одно лишь сѣмя такого плода. Такимъ образомъ косточка костянки образована изъ ткани завязи, а не изъ сѣменной кожуры, и принадлежитъ къ стѣнкѣ плода, къ околоплоднику, а не къ сѣмени.

Сухіе плоды, приспособляясь къ наилучшему обезпеченію распространенія растеній по земному шару, образуютъ два морфологическихъ и вмѣстѣ съ тѣмъ біологическихъ типа, а именно **плоды разверзающіеся** и **неразверзающіеся.**



Рис. 642. Сухой растрескивающійся плодъ — бобъ.

Разверзающіеся плоды имѣютъ обыкновенно много сѣмянъ внутри, подобно ягодѣ изъ типа сочныхъ плодовъ. Имѣя различныя приспособленія для высѣванія сѣмянъ при своемъ растрескиваніи, плоды эти предоставляютъ затѣмъ сѣменамъ самостоятельно распространяться по землѣ, а потому важнѣйшія біологическія приспособленія къ наилучшему географическому распространенію по землѣ у такихъ растеній пріурочены къ сѣменамъ. Къ типу разверзающихся сухихъ плодовъ принадлежатъ плоды — бобъ (см. рис. 642), стручекъ (см. рис. 643), листовка (см. рис. 77, *4*), коробочка (см. рис. 644, 645) и нѣкоторые другіе. Въ особенности плодъ коробочка имѣетъ весьма разнообразное устройство, различно у разныхъ растеній разверзается, и этотъ типъ плода свойственъ какъ совершеннымъ высокоорганизованнымъ семействамъ цвѣтковыхъ растеній, такъ и семействамъ болѣе примитивнымъ, принадлежащимъ къ классу протоантофитныхъ растеній.

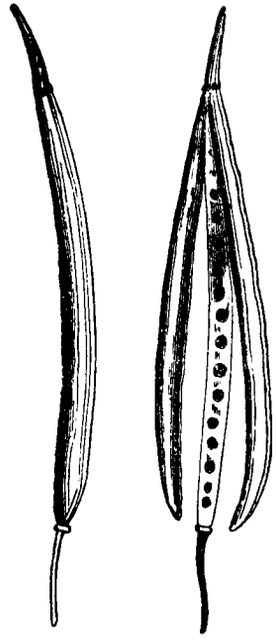


Рис. 643. Сухой растрескивающійся плодъ — стручекъ.

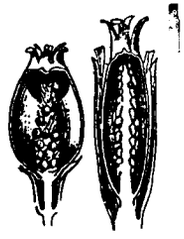


Рис. 644. Плодъ — коробочка *Caryophyllaceae* въ продольномъ разрѣзѣ: *1* — *Silene nutans*, *2* — *Dianthus Carthusianorum*.

Неразверзающіеся сухіе плоды, подобно костянкѣ, имѣютъ внутри обыкновенно одно лишь зрѣлое сѣмя, хотя могутъ такіе плоды образоваться изъ завязей, имѣющихъ нѣсколько сѣмяпочекъ и даже раздѣленныхъ на нѣсколько гнѣздъ. Но путемъ недоразвитія всѣхъ остальныхъ гнѣздъ и сѣмяпочекъ, кромѣ одной, изъ которой развивается зрѣлое сѣмя неразверзающагося плода, обычно и образуется такой плодъ. Неразверзающихся типовъ плодовъ тоже нѣсколько, напримѣръ: зерновка (см. рис. 646, 261), сѣмянка (см. рис. 647), крылатка (см. рис. 648), орѣхъ (см. рис. 649, 425), жолудь (см. рис. 641) и др.

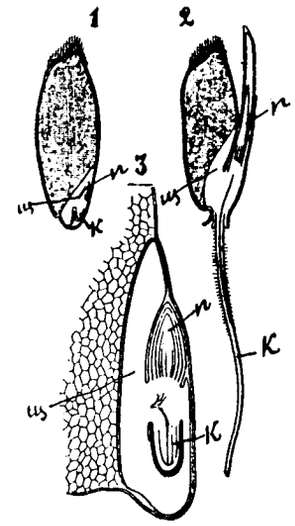


Рис. 646. Сухой неразверзающійся плодъ — зерновка (пшеницы): *1* — зерновка съ зародышемъ, *2* — прорастающая зерновка, *3* — зародышъ зерновки, сильнѣе увеличенный.



Рис. 645. Плодъ — коробочка, растрескивающаяся тремя створками (*Viola*).

Въ **зерновкѣ** (см. рис. 646, 261) единственное сѣмя плода плотно срастается съ стѣнкой завязи, съ околоплодникомъ, и получается зерно, напримѣръ, у злаковъ. Зерно злаковъ не есть сѣмя, а односѣменный плодъ, сухой, неразверзающійся и не высвобождающій сѣмя, а распространяющійся вмѣстѣ съ нимъ. **Сѣмянка** (см. рис. 647) тоже сухой неразверзающійся плодъ, обычно съ однимъ лишь сѣменемъ внутри, но въ сѣмянкѣ сѣмя не срастается съ околоплодникомъ и можетъ быть легко вынуто изъ плода; распространяется и засѣвается однако такое сѣмя вмѣстѣ съ плодомъ, такъ же, какъ и зерновка.

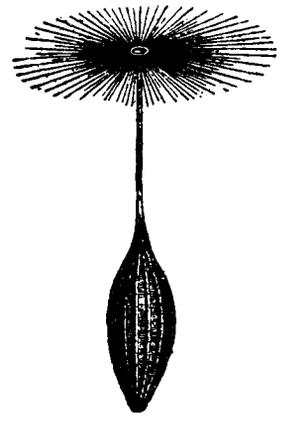


Рис. 647. Плодъ — сѣмянка (латука).

Крылатка (см. рис.

648) — это та же сѣмянка или орѣшекъ, односѣменный неразверзающійся сухой плодъ, съ перепончатымъ придаткомъ или крыломъ, обезпечивающимъ распространеніе такихъ плодовъ при помощи вѣтра. Впрочемъ, не всегда сѣмянки и крылатки по существу плоды односѣменные. Нерѣдко они развиваются изъ завязей дву- или многогнѣздныхъ и съ нѣсколькими сѣмяпочками, но б. ч. окончательнаго развитія въ такихъ плодахъ достигаетъ лишь одна сѣмяпочка, развивающаяся въ соотвѣтствующее сѣмя этихъ сухихъ плодовъ. Рис. 650 отлично иллюстрируетъ происхожденіе односѣменной сѣмянки изъ завязи, въ которой можетъ быть заложено и нѣсколько сѣмяпочекъ. **Орѣхъ** (см. рис. 649, 425) — это сухой неразверзающійся плодъ съ деревянистымъ околоплодникомъ, а **жолудь** (см. рис. 641, *5*) — это въ сущности тотъ же орѣхъ, но помѣщенный въ особомъ образованіи — **плюскѣ**, развившейся вмѣстѣ съ плодомъ изъ сросшихся и метаморфозировавшихся прицвѣтныхъ чешуй, окружавшихъ цвѣты такихъ растеній.

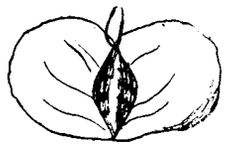


Рис. 648. Плодъ — крылатка березы (*Betula verrucosa*).



Рис. 649. Плодъ—орѣхъ (хмѣля — *Humulus Lupulus*), въ продольномъ разрѣзѣ.

Всѣ эти неразверзающіеся сухіе плоды б. и. м. хорошо приспособлены къ распространенію по земному шару, имѣютъ иногда различныя приспособленія для самозарыванія въ почву (см. рис. 271, 272, 273) и распространяются и засѣваются вмѣстѣ съ сѣменами, никогда не высвобождая ихъ послѣ созрѣванія. Поэтому большинство этихъ плодовъ по внѣшности скорѣе похожи на сѣмена и какъ бы возвращаются къ голосѣменности высшихъ архегоніатныхъ растеній — хвойныхъ, саговыхъ и др. Но это

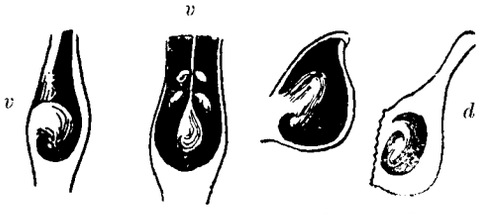


Рис. 650. Продольные разрѣзы завязей *A*, *B* — *Clematis*, *C* — *Ranunculus*, *D* — *Myosurus*, *v* — брюшной шовъ, *d* — спинной шовъ. Постепенный переходъ отъ завязей многосѣменныхъ къ завязи односѣменной.

не сѣмена, а плоды, и такіе плоды особенно характерны для высшихъ типовъ цвѣтковыхъ растеній, ибо для ихъ образованія требуется меньшая затрата вещества и энергіи, чѣмъ для плодовъ сочныхъ или сухихъ разверзающихся, а между тѣмъ они наиболѣе совершенно приспособлены къ важнѣйшей функціи плодовъ—служить органомъ, обезпечивающимъ растенію наилучшимъ образомъ дальнѣйшее существованіе и распространеніе по землѣ его потомства.

Проф. Н. И. Кузнецовъ.

Введеніе

въ

Систематику Цвѣтковыхъ Растеній.

По лекціямъ, читаннымъ въ Императорскомъ Юрьевскомъ Университетѣ. Пособіе для слушателей и слушательницъ высшихъ учебныхъ заведеній и для самообразованія.

Съ 610 рисунками въ текстѣ.

Содержаніе книги: Лекціи: 1. Основы естественной системы растительнаго царства. 2. Переходъ отъ тайнобрачныхъ къ явнобрачнымъ: женское половое поколѣніе. 3. Мужское половое поколѣніе. 4. Безполое поколѣніе. 5. Филогенетическое родство и происхожденіе важнѣйшихъ группъ архегоніатныхъ и покрытосѣменныхъ растеній. 6. Основные принципы филогеніи покрытосѣменныхъ растеній и связь ихъ съ растеніями голосѣменными. 7. Казуарины — *Casuarinaceae*. 8. Эфедра, вельвичія и гнетумъ — *Gnetales*. 9. Перечноцвѣтныя — *Piperales*. 10. Ивоцвѣтныя — *Salicales*. 11. Болотная мирта, грецкій орѣхъ и родственные имъ типы — *Myricales*, *Juglandales*, *Julianiales* и *Balanopsidales*. 12. Буковцвѣтныя — *Fagales*. 13. Крапивоцвѣтныя — *Urticales*. 14. Гречишноцвѣтныя — *Polygonales*. 15. Лебеда, гвоздика и родственные имъ типы — *Centrospermae*. 16. Филогенетическая связь простѣйшихъ покрытосѣменныхъ растеній (*Monochlamideae*) съ голосѣменными и постепенная эволюція среди *Monochlamydeae*. 17. Теорія Веттштейна происхожденія цвѣтка покрытосѣменныхъ или антофитныхъ растеній. 18. Многоплодниковыя — *Polycarpicae*. 19. Анноноцвѣтныя — *Anonales*. 20. Лютикоцвѣтныя — *Ranales*. 21. Макоцвѣтныя — *Rhoeadales*. 22. Беннеттитовыя — *Bennettitales*, простѣйшія ископаемыя голосѣменныя. 23. Теорія Арбера и Паркина происхожденія цвѣтка покрытосѣменныхъ или антофитныхъ растеній. 24. Однодольныя — *Monocotyledoneae*. 25. Сростнолепестныя двудольныя — *Sympetalae* или *Metachlamydeae*. 26. Свободнолепестныя двудольныя — *Dialypetalae*. 27. Основные принципы новой филогенетической системы цвѣтковыхъ растеній.

Цѣна 5 рублей 40 коп.

Продается въ книжныхъ магазинахъ: **М. Миллистфера** въ Юрьевѣ Лифл. по Русской улицѣ д. № 15 **(складъ изданія)**, Киммеля — въ Ригѣ, А. С. Суворина „Новаго Времени“ въ Петроградѣ и Москвѣ, Н. Я. Оглоблина въ Петроградѣ и Кіевѣ, К. Л. Риккера въ Петроградѣ, „Наука“ и „Агрономъ“ въ Москвѣ, В. А. Просяниченко въ Кіевѣ, Л. Зайфмана въ Ново-Александріи, І. Г. Крюгера въ Юрьевѣ Лифл., и въ другихъ крупныхъ книжныхъ магазинахъ.