

ТРУДЫ

Общества Естествоиспытателей при Императорском Юрьевском Университетѣ.

Schriften

herausgegeben von der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Jurjeff (Dorpat).

XIX.

Изслѣдованія надъ реотропизмомъ корней.

Б. Гриневецкій,

Приватъ-доцентъ Императорскаго Юрьевскаго Университета.

Съ 3-мя таблицами и 9-ю рис. въ текстѣ.

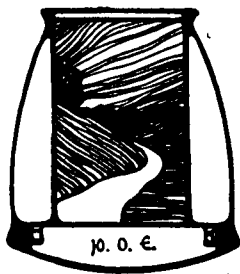
Untersuchungen über den Rheotropismus der Wurzeln

von

B. Hryniewiecki,

Privatdozent an der Kaiserlichen Universität Jurjew (Dorpat).

Mit 3 Tafeln und 9 Fig. im Text.



№ 112777.



Юрьевъ.

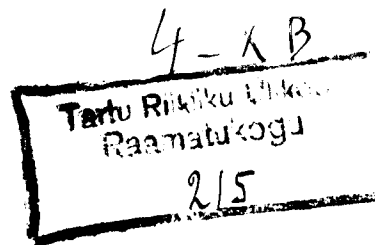
Типографія К. Маттисена.
1908.

Jurjew (Dorpat).

Druck von C. Mattiesen.
1908.

Продается у К. Ф. Кёлера въ Лейпцигѣ и
К. Глюка бывш. Э. Ю. Карова въ Юрьевѣ.

In Commission bei K. F. Köhler in Leipzig und
C. Glück vorm. E. J. Karow in Jurjew (Dorpat).



Печатано по постановленію Правленія Общества.

Часть I.

Исторія вопроса.

Терминъ *реотропизмъ* былъ впервые употребленъ Jönsson'омъ¹⁾ для обозначенія факта, что плазмодіи миксомицетовъ движутся по субстрату навстрѣчу теченію воды. Фактъ этотъ былъ подмѣченъ еще ранѣе Schleicher'омъ и опубликованъ затѣмъ Strasburger'омъ²⁾ (1876). Кромѣ работы Jönsson'a впослѣдствіи появились и изслѣдованія Stahl'a, касающіяся движенія плазмодіевъ; но по новѣйшей терминологіи эти явленія, какъ касающіяся свободно движущихся организмовъ, отличаются отъ тропизмовъ и мы ихъ причисляемъ къ разряду т. н. реотактическихъ движеній.

Реотропизмъ въ тѣсномъ смыслѣ этого слова, т. е. явленіе изгиба растущихъ частей растенія подъ вліяніемъ тока воды былъ открытъ впервые B. Jönsson'омъ. Для полученія тока воды послѣдній пользовался металлической ванной, соединенной съ водопроводомъ; въ этой ваннѣ, благодаря различнымъ положеніямъ крана, можно было измѣнять скорость движенія воды.

Въ такую движущуюся воду авторъ погружалъ вертикально корешки различныхъ проростковъ, а главнымъ образомъ кукурузы (*Zea Mais*) и хлѣбныхъ злаковъ — ржи и пшеницы (*Secale* и *Triticum*).

Въ результатъ оказалось, что корешки въ такомъ положеніи изгибаются въ сторону тока воды, т. е. проявляютъ такъ наз. положительный реотропизмъ. Искривленіе это происходило всегда въ области зоны прироста. Если повернуть такіе корешки въ обратную сторону, то ихъ кончикъ сильно изгибается опять такъ, чтобы занять направленіе противъ тока воды. Такой же результатъ получался

1) Jönsson B. Ber. d. deutsch. bot. Ges. I. 1883. P. 512—521. (12).

2) Strasburger E. Studien über das Protoplasma. — Jenaisch. Zeitschr. Bd. 10. 1876. P. 406.

3) Stahl E. Zur Biologie der Myxomyceten. — Botanische Zeitung. 1884. Bd. 42. P. 145.

и при укрѣпленіи корешковъ въ горизонтальномъ направленіи: тогда корешки продолжали расти горизонтально, не изгибаясь геотропически.

Боковые корешки реагировали точно такъ же какъ, и главные.

Этотъ фактъ, подмѣченный Jönsson'омъ, долго оставался не изслѣдованнымъ ближе; только въ 16 лѣтъ послѣ появленія первой замѣтки, въ 1899 году вышла болѣе обширная работа о реотропизмѣ А. Berg'a¹⁾.

Этотъ изслѣдователь пользовался отчасти методомъ Jönsson'a, отчасти своимъ собственнымъ аппаратомъ.

Въ опытахъ продѣланныхъ въ желѣзной ваннѣ авторъ обратилъ прежде всего вниманіе на вліяніе температуры на реотропизмъ и поставилъ нѣсколько опытовъ при температурѣ $+7^{\circ}\text{C}$. Оказалось, что при такой низкой температурѣ такіа растенія, какъ *Zea Mais*, *Faba vulgaris* и *Lupinus luteus* не обнаружили почти никакого прироста и почти никакой чувствительности къ реотропизму, только 2 корешка бобовъ и одинъ корешокъ кукурузы обнаружили отрицательную реакцію.

Когда были взяты растенія, которыя при проростаніи лучше переносятъ низкую температуру, какъ овесъ, ячмень и рожь, то оказалось, что не смотря на всеобщій приростъ, только около половины корешковъ дало положительную реакцію, остальные же въ большинствѣ случаевъ дали отрицательную реакцію.

При повышеніи температуры до $+12^{\circ}\text{C}$ тѣ же корешки *Zea Mays*, *Vicia Faba*, *Lupinus luteus* а также *Fagopyrum tataricum*, *Helianthus annuus* и *Vicia sativa* обнаружили уже значительный приростъ, но въ то же время большинство ихъ реагировало отрицательнымъ образомъ, т. е. по направленію теченія. Въ то время, какъ положительная реакція была обнаружена у 15—35% корешковъ, отрицательно реагировало 40—60%. Совершенно инныя цифры при той же температурѣ получились у злаковъ (овса, ячменя и ржи), гдѣ при $+12^{\circ}\text{C}$ реагировало положительно отъ 75—92%, отрицательно же отъ 8—17%.

Производя затѣмъ опыты при различныхъ температурахъ $+16^{\circ}$, $+18^{\circ}$, $+20^{\circ}$, $+22^{\circ}$ и $+24^{\circ}\text{C}$ Berg подмѣтилъ, что почти всѣ перечисленные объекты при болѣе высокихъ температурахъ даютъ положительную реакцію; если же встрѣчалась иногда отрицательная реакція, то она являлась причиною извѣстной ненормальности корешка, который почему тому пострадалъ и производилъ изгибы вслѣдствіе поврежденія.

На основаніи этихъ опытовъ Berg высказываетъ мысль о возможности существованія отрицательнаго реотропизма при болѣе низкой температурѣ.

Попутно авторъ обращаетъ вниманіе, что подѣмядольное колѣно является органомъ весьма чувствительнымъ по отношенію къ водѣ. Онъ укрѣплялъ про-

ростки *Veronica hederifolia*, *Impatiens parviflora*, *Urtica dioica*, *Lupinus luteus*, *Soya hispida* и *Helianthus annuus* такъ, чтобы подѣмядольное колѣно было погружено въ воду. Тогда подѣмядольное колѣно изгибалось вверхъ и корешки выходили изъ воды наружу, а затѣмъ при дальнѣйшемъ изгибѣ корешокъ направлялся внизъ и получалось искривленіе въ формѣ буквы S.

Это наблюденіе важно въ томъ отношеніи, что указываетъ на возможность ошибокъ при наблюденіи явленій реотропизма, если корешки прикрѣплены такъ, что и часть подѣмядольнаго колѣна погружена въ воду.

Аппаратъ, которымъ пользовался авторъ, представлялъ извѣстныя неудобства: скорость въ разныхъ частяхъ ванны была различна и при томъ трудно было ее регулировать; аппаратъ требовалъ большого количества воды и газа для ея нагрѣванія и трудно было его держать въ необходимой чистотѣ.

Въ виду этого авторъ сталъ пользоваться инымъ аппаратомъ.

Онъ помѣщалъ испытуемые корешки на горизонтальномъ колесѣ, прикрѣпленномъ къ вертикальной оси, которая посредствомъ веревки соединялась съ клинностатомъ. Такимъ образомъ колесо вмѣстѣ съ корешками, прикрѣпленными въ вертикальномъ положеніи, вращалось въ сосудѣ наполненномъ водою.

Съ этимъ аппаратомъ авторъ производилъ изслѣдованія въ водопроводной водѣ надъ корешками слѣдующихъ растеній: *Zea Mays*, *Helianthus annuus*, *Vicia Faba*, *Lupinus albus*, *Lup. luteus*, *Soya hispida*, *Vicia sativa*, *Tropaeolum majus*, *Fagopyrum tataricum*, *Avena sativa* при темп. отъ 18° до 27°C .

Изслѣдованія эти вполне подтвердили правильность наблюденій Jönsson'a.

Раньше или позже (иногда по истеченіи $\frac{1}{2}$ часа) замѣчался реотропическій изгибъ, уголъ котораго доходилъ до 90° , такъ что корешки росли горизонтально, а иногда и немного подымались надъ горизонталью.

Скорость движенія была двоякаго рода: а) 4,4 mm, 5,3 mm и 6,8 mm въ 1 секунду или 1 метръ въ $3'48''$, $3'8''$ и $2'28''$ и б) 6,4, 7,8 и 10 mm въ 1 секунду или 1 метръ въ $2'18''$, $2'8''$ и $1'41''$.

Какое вліяніе на ходъ реакціи производитъ различная скорость вращенія, автору не удалось констатировать.

Изъ всѣхъ изслѣдованныхъ объектовъ единственнымъ исключеніемъ являются корешки *Soya hispida*, у которыхъ не удалось констатировать реотропической реакціи.

Между прочимъ Berg отмѣчаетъ и слѣдующій интересный фактъ.

Въ водѣ, въ которой производились опыты, выдѣлялся осадокъ гидрата окиси желѣза. Этотъ осадокъ, покрывая кончики корней, вызывалъ въ нихъ патологическія измѣненія. Весьма интересно, что такіе ненормальные корни давали въ большинствѣ случаевъ отрицательные изгибы (изъ 39-и такихъ корешковъ 11 не измѣнило своего направленія, въ то время какъ изъ остальныхъ 28-и 23 дали отрицательную реакцію).

1) Berg A. Lund's Univ. Arskrift 1899. XXXV. Af. 2. № 6. 35 pp. (14).

Такимъ образомъ отрицательная реакція, можетъ быть, повидимому, вызвана не только пониженіемъ температуры, но и примѣсами извѣстныхъ веществъ, находящихся въ водѣ.

Рядъ опытовъ произведенныхъ затѣмъ надъ корешками кукурузы въ дистиллированной водѣ показалъ, что хотя корешки росли хуже въ этой средѣ, но дали ясную положительную реакцію. Такой же самый результатъ дали опыты, при которыхъ корешки помѣщались въ песокъ или во мху, черезъ который струилась вода. Какъ главные корни, такъ и боковые 1-го разряда изгибались противъ тока воды. Притомъ изъ боковыхъ корней ясное всего реакція отражалась на корешкахъ вырастающихъ на переднемъ квадрантѣ главного корня (обращенномъ къ теченію), точно также изгибались противъ теченія и корешки вырастающіе на двухъ боковыхъ квадрантахъ; корешки же вырастающіе на заднемъ квадрантѣ на разстояніи 1 см отъ своего основанія изгибались, уменьшая значительно уголъ, какой составляли съ главнымъ корнемъ.

Для того, чтобы установить на корешкѣ зону, гдѣ начинается изгибъ, а также чтобы изслѣдовать ближе ходъ кривизны, авторъ пользовался инымъ аппаратомъ, въ которомъ корешки оставались въ покоѣ, но вода въ сосудѣ приводилась въ вращательное движеніе посредствомъ струи воды, проходящей изъ болѣе высоко поставленнаго сосуда по стеклянной трубкѣ съ горизонтально оттянутымъ тонкимъ кончикомъ. Скорость вращенія можно было регулировать посредствомъ болѣе высокаго или низкаго положенія резервуара. Направленіе тока воды можно было сразу мѣнять посредствомъ поворачиванія стеклянной трубки въ ту или другую сторону.

При помощи этого прибора автору удалось констатировать, что изгибъ лежитъ въ III-ей зонѣ, если мы раздѣлимъ корешокъ на 10 равныхъ частей величиною въ 1 мм., т. е. въ зонѣ наибольшаго прироста. Изъ сравненія корешковъ, на которыхъ были нанесены дѣленія тушью и корешковъ свободныхъ отъ дѣленій, авторъ приходитъ къ заключенію, что нанесеніе дѣленій тушью задерживаетъ ходъ реотропической реакціи, дѣлаетъ корешки менѣ чувствительными и можетъ возвать даже отрицательные изгибы.

Затѣмъ авторъ изслѣдовалъ изгибы корешковъ посредствомъ измѣненія направленія тока воды. Мѣняя направленіе 4 раза въ теченіе сутокъ, авторъ получилъ зигзагообразную линію изгибовъ, такъ какъ корешки реагировавшие реотропически положительно, затѣмъ подъ вліяніемъ измѣненія направленія движенія воды стремились занять вертикальное положеніе и затѣмъ изгибались подъ извѣстнымъ угломъ въ отрицательную сторону.

Суммируя затѣмъ тѣ углы, на которые изгибался корень въ теченіе сутокъ, авторъ находитъ, что для главныхъ корней maximum составляетъ 169° minimum 133° ; для боковыхъ корней maximum = 158° ; minimum = 98° ; такимъ образомъ амплитуда колебанія угла изгиба для первыхъ содержится въ предѣ-

лахъ 36° , для вторыхъ въ предѣлахъ 60° . Если сравнивать затѣмъ среднія цифры измѣненій изгибовъ корней, то оказывается, что для главныхъ корней получается число 151° для придаточныхъ корней — 127° .

На основаніи наблюденій надъ искривленіемъ корешковъ при частомъ измѣненіи направленія тока воды авторъ приходитъ къ заключенію, что переходъ отъ горизонтальнаго положенія къ вертикальному происходитъ почти въ 3 раза скорѣе, чѣмъ обратный процессъ.

Авторъ вообще приходитъ къ выводу: 1) что неодинаковая скорость изгиба по обѣ стороны вертикальной линіи не связана съ какимъ-нибудь значительнымъ измѣненіемъ скорости роста; 2) что геотропическое и реотропическое раздраженіе могутъ дѣйствовать въ одномъ направленіи, тогда изгибъ ускоряется; 3) они могутъ дѣйствовать въ противоположныхъ направленіяхъ, тогда изгибъ замедляется; 4) что въ первомъ случаѣ дѣйствіе раздраженія на протоплазму должно быть сильнѣе, чѣмъ во второмъ; 5) что каждая изъ 2-хъ силъ можетъ независимо другъ отъ друга одновременно вызвать раздраженія въ протоплазмѣ; 6) что однако реотропическое раздраженіе по большей части производитъ болѣе сильное дѣйствіе на протоплазму, чѣмъ геотропическое и 7) что реотропическое раздраженіе въ растущей части можетъ быть настолько велико, что геотропическое не можетъ обнаружиться.

Результаты своей работы Berg резюмируетъ слѣдующимъ образомъ.

1. Открытое Jönsson'омъ явленіе реотропизма, дѣйствительно, выступаетъ у главныхъ корней проростковъ и у корней первого порядка за исключеніемъ *Soya hispida*.

2. Изслѣдованные корни подъ вліяніемъ одинаковыхъ внѣшнихъ условій реагируютъ реотропически различнымъ образомъ, вслѣдствіе индивидуальных различій.

3. Величина изгиба и скорость процесса зависятъ не только отъ способности къ росту, отъ температуры и другихъ условій, но и отъ степени дѣйствія и направленія геотропизма.

4. Изгибъ отъ горизонтальнаго направленія къ вертикальному идетъ гораздо скорѣе, чѣмъ въ обратномъ направленіи.

5. У всѣхъ изслѣдованныхъ объектовъ изгибъ происходитъ въ растущей части корня, а главнымъ образомъ начинается въ третьей миллиметровой зонѣ.

6. Въ растущей части дѣйствіе реотропическаго раздраженія сильнѣе, чѣмъ геотропическаго.

7. Дѣйствіе реотропическаго раздраженія на протяженіи выше 2—3 мм. отъ конца можетъ преодолѣть силу геотропизма.

8. Эти 2—3 мм. кончика корня могутъ реагировать геотропически (по крайней мѣрѣ, если кончикъ корня цѣль и невредимъ).

9. При реотропических опытах не слѣдуетъ на кончикъ корня въ растущей части наносить дѣлений тушью.

Въ 1900 году вышла работа Н. О. Juel'a¹⁾ подъ загл. „Untersuchungen über den Rheotropismus der Wurzeln“, произведенная въ лабораторіи проф. Pfeffer'a въ Лейпцигѣ.

Проф. Пфефферу принадлежитъ тоже особый методъ изслѣдованія реотропизма. Послѣ того какъ, благодаря открытію Jönsson'a, это явление сдѣлалось извѣстнымъ, проф. Pfeffer²⁾, желая продемонстрировать его на лекціяхъ студентамъ, пользовался слѣдующимъ приборомъ. Большой круглый стеклянный сосудъ, наполненный водою ставился на чашкѣ клиностата, благодаря движению котораго вода приводилась во вращеніе; надъ водою укрѣплялась горизонтально стеклянная палочка съ пробками, а къ этимъ пробкамъ прикрѣплялись вертикально проростки растений такъ, чтобы корешки ихъ были погружены въ воду.

Чтобы избѣжать теченій въ сторону и имѣть дѣло съ различными строго опредѣленными скоростями, Juel измѣнилъ приборъ Pfeffer'a такимъ образомъ, что въ большой сосудъ вставлялся и прикрѣплялся ко дну рядъ концентрическихъ сосудовъ меньшихъ размѣровъ діаметромъ въ 24 см., 16 см., 9 см. и 3—4 см. Такимъ образомъ внутри аппарата получались 3 концентрическихъ круга, по которымъ вода двигалась съ различной скоростью (I. с. стр. 511, Fig. 1).

Регулируя клиностатъ Пфеффера, можно было получить различную скорость. Для болѣе скорого движенія авторъ приводилъ аппаратъ во вращеніе посредствомъ воздушнаго двигателя.

Прежде всего Juel занялся изслѣдованіемъ вліянія токовъ воды различной скорости.

Объектами для этихъ опытовъ служили корешки *Vicia sativa*, *Zea Mais* и *Vicia Faba*.

При быстромъ движеніи 50—70 оборотовъ въ 1 минуту (отъ 80 см. до 36 см. въ секунду) корешки *Vicia sativa* изгибались по направленію съ теченіемъ. Искривленія эти, какъ предполагаетъ авторъ, механическаго характера и не могутъ быть причислены къ разряду явленій отрицательнаго реотропизма, такъ какъ въ послѣднемъ случаѣ отъ взаимодействія двухъ силъ, дѣйствующихъ въ одну сторону, получались бы болѣе сильные изгибы.

При быстротѣ теченія около $\frac{1}{2}$ м. въ секунду получались уже положительные реотропическіе изгибы.

Большинство опытовъ производилось при такой скорости, когда сосудъ поворачивался 1 разъ въ минуту. Реакція выступала ясно и при очень незна-

чительной скорости движенія, когда нпр. сосудъ совершалъ одинъ оборотъ въ 140 секундъ, хотя скорость во внутреннемъ кругѣ равнялась только 1,7 мм. въ секунду. Даже при скорости движенія воды 0,8 мм. — 0,3 мм. въ секунду (1 оборотъ въ 14 мин.) получались ясные реотропическіе изгибы, разница была лишь въ томъ, что при скорости 0,3 мм. реакція значительно замедлялась въ сравненіи со скоростью въ 0,8 мм. въ секунду.

Въ опытахъ съ корешками *Zea Mais* при скоромъ движеніи посредствомъ мотора (около 50 см. въ 1 секунду) результаты получались неясные, при 20 см. въ 1 секунду авторъ уже получилъ ясные изгибы противъ теченія воды.

Въ опытахъ на клиностатѣ, гдѣ сосудъ совершалъ 1 оборотъ въ 1 resp. $2\frac{1}{3}$ мин., гдѣ самая большая скорость была 11 мм., а самая малая 3 мм. въ секунду, большинство корешковъ 67% изгибалось противъ теченія.

При медленномъ движеніи со скоростью 0,8—0,5—0,3 мм. въ 1 секунду реагировала незначительная часть корешковъ (33%); такъ что чувствительность корешковъ манса по отношенію къ медленному теченію является весьма слабой.

Опыты съ *Vicia Faba* показали, что корешки гораздо легче производятъ изгибы въ медианной плоскости (т. е. изгибъ Sachs'a) чѣмъ въ трансверсальной. Поэтому, желая убѣдиться, что реакція дѣйствительно происходитъ, мы должны корешки укрѣплять такъ, чтобы направленіе теченія было перпендикулярно продольному сѣченію черезъ сѣмьядоли. Хотя эти корешки являются довольно толстыми, тѣмъ не менѣе чувствительность ихъ по отношенію даже къ слабому теченію воды (отъ 4,6 мм. — 1,7 мм. въ секунду) значительна.

Для того, чтобы опредѣлить центръ реотропической чувствительности Juel производилъ двоякаго рода опыты: 1) помѣщалъ на кончикахъ корешковъ чехлики изъ коллодіума, 2) обрѣзывалъ кончики.

Изъ опытовъ произведенныхъ надъ корешками *Vicia sativa*, снабженными чехликами, сдѣланными изъ коллодіума, покрывавшими корешокъ на протяженіи 1,8 мм. — 6 мм. отъ конца, видно, что эти чехлики нисколько не мѣшали реакціи реотропизма, такъ какъ всѣ корешки изгибались противъ тока воды, даже если они были прикрыты на разстояніи 4—6 мм. отъ верхушки; а въ одномъ опытѣ корешки реагировали, когда они были прикрыты чехликами изъ коллодіума на разстояніи 7—8 мм. отъ верхушки.

Для выясненія вопроса о локализациі перцепціи авторомъ были поставлены опыты надъ обезглавленными корешками. Такіе опыты производились надъ корешками *Vicia sativa*, *Zea Mais* и *Vicia Faba*, причемъ корешки обрѣзывались бритвой на разстояніи 1,3—1,5 мм. отъ верхушки.

Опыты надъ обезглавленными корешками показали, что у всѣхъ трехъ объектовъ зона роста является чувствительной по отношенію къ реотропическому раздраженію. Чувствителенъ ли также кончикъ, выяснить не удалось. Въ то же время изъ опытовъ вытекаетъ, что способность къ изгибу послѣ обрѣзыванія

1) Juel H. O. Jahrbücher f. wissenschaft. Botanik. 1900. Bd. 34. P. 507—538. (15).

2) Pfeffer W. Pflanzenphysiologie. 2 Aufl. Bd. II. 1904. P. 589.

кончика не ослабѣваетъ сколько-нибудь замѣтнымъ образомъ. Такимъ образомъ остается предположить, что кончикъ корня является или вовсе нечувствительнымъ или же по крайней мѣрѣ настолько, насколько и вся растущая зона.

Сравнивая затѣмъ ходъ реотропическаго искривленія въ связи съ дѣйствіемъ геотропизма, Juell замѣчаетъ, что вопреки мнѣнію Berg'a, который указывалъ, что нанесеніе мѣтокъ тушью сильно вліяетъ на нормальный ходъ изгиба, онъ ничего подобнаго не наблюдалъ.

Изъ наблюдений надъ корешками *Vicia sativa*, снабженными мѣткой, вытекаетъ, что реотропическій изгибъ выступаетъ въ той зонѣ корня, гдѣ наблюдается наиболѣе сильный приростъ. Кончикъ корня при этомъ подъ вліяніемъ геотропизма загибается внизъ.

Berg объясняетъ это явленіе нечувствительностью кончика корня по отношенію къ реотропизму: въ высшей части корня дѣйствуютъ одновременно и реотропизмъ и геотропизмъ, причемъ первый сильнѣе, въ самомъ же кончикѣ дѣйствуютъ только геотропизмъ. Не соглашаясь съ этимъ мнѣніемъ Juell предполагаетъ, что явленіе это можно объяснить такъ, что въ началѣ, когда корешокъ находится въ вертикальномъ положеніи сильнѣе всего дѣйствуетъ реотропизмъ, геотропизмъ же слабѣе; при горизонтальномъ же положеніи корня происходитъ обратное. Въ самомъ кончикѣ геотропизмъ дѣлается настолько сильнѣе реотропизма, что кончикъ загибается внизъ.

Въ опытахъ съ кукурузой, примѣняя весьма слабые токи воды, Juell получалъ весьма слабые реотропическіе изгибы; можно поэтому полагать, что реотропическое раздраженіе здѣсь чрезвычайно слабо. Тѣ же корешки послѣ декапитированія реагировали лучше. Поэтому, разсуждаетъ Juell, весьма правдоподобно, что на неповрежденныхъ корешкахъ геотропическое раздраженіе было причиною, задержавшей исходъ реотропическаго изгиба.

Въ концѣ своей работы Juell старается выяснитъ причину реотропизма — найти тотъ факторъ, который непосредственно вызываетъ явленіе.

Въ токѣ движущейся воды можно отмѣтить 2 дѣйствующія начала: или односторонній болѣе сильный притокъ воды, или давленіе, которое она производитъ. Въ первомъ случаѣ реотропизмъ имѣлъ бы болѣе общаго съ геотропизмомъ; во второмъ съ тигмотропизмомъ.

Считая болѣе правдоподобнымъ второе предположеніе, авторъ указываетъ на нѣкоторое противорѣчіе съ тѣмъ, что мы знаемъ относительно тигмотропизма усиковъ, гдѣ, какъ доказалъ Pfeffer¹⁾, давленіе жидкости вообще не вызываетъ никакого раздраженія, а только прикосновеніе твердаго тѣла.

1) Pfeffer W. Zur Kenntnis der Contactreize. — Untersuchungen aus dem Botan. Institut Tübingen. Bd. I. 1881—85. P. 486.

Быть можетъ, даже, что реотропизмъ не принадлежитъ къ изгибамъ вызваннымъ раздраженіемъ.

„Aus diesen Erwägungen“, говоритъ Juell къ концѣ „dürfte hervorgehen, dass es zur Zeit nicht möglich ist, über die Ursachen oder Zwecke der rheotropischen Krümmungen eine bestimmte Meinung auszusprechen. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um über die Natur dieser Erscheinungen Aufklärung zu gewinnen“.

За послѣднее время самыми важными работами изъ области реотропизма являются изслѣдованія F. C. Newcombe'a¹⁾, который еще въ 1896 году выпустилъ свое предварительное сообщеніе, которое осталось не замѣченнымъ ни Berg'омъ ни Juell'омъ. Но только въ 1902 году появилась болѣе обширная работа названнаго изслѣдователя²⁾, произведенная въ лабораторіи Мичиганскаго университета.

Методъ Newcombe'a былъ почти тотъ же, что у Pfeffer'a и Juell'a, а именно вода приводилась въ вращеніе въ стекляномъ сосудѣ посредствомъ клинотата или же мотора. Корешки прикрѣплялись къ горизонтально поставленному деревянному стержню посредствомъ полосокъ бумаги и резины.

Newcombe расширилъ изслѣдованія на значительное число объектов; онъ подвергъ испытанію 32 вида различныхъ растений. Опыты эти показали, что реотропизмъ не является общераспространеннымъ явленіемъ для всѣхъ корешковъ, такъ какъ изъ изслѣдованныхъ объектовъ 20 реагировало положительно, а 14 вовсе не реагировало.

Нечувствительными къ реотропизму оказались нпр. корешки водныхъ растений; лучше всего реагировавшими объектами явились мелкозернистые сорта маиса, хлѣбные злаки, а въ особенности представители семейства *Cruciferae* — *Raphanus sativa*, а также виды *Brassica* и *Sinapis*.

Различная чувствительность по отношенію къ реотропизму проявляется не только среди представителей одного семейства, но и среди представителей того же рода, а также разновидностей одного вида; напр. различные расы *Zea Mais* реагируютъ различнымъ образомъ.

Слѣдующая таблица дастъ намъ общее понятіе, какъ реагируютъ различные объекты по отношенію къ реотропизму; отсутствіе реакціи (insensitive) обозначено знакомъ 0; слабая реакція (feebly sensitive) знакомъ +; средняя (fairly sensitive) ++ и наилучшая (highly sensitive) +++.

1) Newcombe F. C. Rheotropism and the relation of response to stimulus. — Botanical Gazette. 1896, 22. P. 242; Proceedings of the American Association for the Advancement of Science. 1896. Рефератъ въ Just. Bot. Jahresberichte. 24. I. 1896. P. 74. (13).

2. Newcombe F. C. Botanical Gazette. Vol. XXXIII. 1902. P. 177—198; 263—283; 341—362. (16.)

Таблица I.

Семейство.	В И Д Ъ.	Реотропическая реакция.
Gramineae	<i>Zea Mays</i> L. Yellow dent	+
	” ” Sweet	+
	” ” Popcorn	++++
	<i>Triticum vulgare</i> Vill.	+
	<i>Hordeum vulgare</i> L.	++++
	<i>Secale cereale</i> L.	++++
	<i>Avena sativa</i> L.	++++
Hydrocharitaceae . .	<i>Elodea canadensis</i> Mich.	0
Najadaceae	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	0
Liliaceae	<i>Allium Cepa</i> L. Bulb.	0
	” ” проростки	0
Ranunculaceae . . .	<i>Ranunculus aquatilis</i> L.	0
Cupuliferae	<i>Quercus alba</i> L.	0
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita Pepo</i> L.	0
	<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad.	0
	<i>Brassica alba</i> Boiss.	++++
Cruciferae	<i>Brassica nigra</i> Koch	++++
	<i>Brassica campestris</i> L.	++++
	<i>Brassica oleracea</i> L.	++++
	<i>Raphanus sativus</i> L.	++++
	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	0
	<i>Tropaeolum majus</i> L.	+
Polygonaceae	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	++++
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	0
Leguminosae	<i>Vicia Faba</i> L.	+
	<i>Vicia sativa</i> L.	++
	<i>Lupinus albus</i> L.	++
	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	0
	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	0
	<i>Phaseolus multiflorus</i> Willd.	0
	<i>Pisum sativum</i> L.	++
	<i>Glycine hispida</i> Maxim.	0
	<i>Dolichos lablab</i> L.	0
	<i>Lathyrus odoratus</i> L.	++
	<i>Helianthus annuus</i> L.	++
Compositae		

Къ этимъ объектамъ можно еще прибавить *Lupinus luteus* L. и *Fagopyrum tataricum* Gärtн., которые по свидѣтельству Berg'a являются чувствительными къ реотропическимъ раздраженіямъ.

Newcombe изслѣдовалъ затѣмъ вліяніе различныхъ скоростей на исходъ реакціи, пользуясь для развитія большой скорости воздушнымъ моторомъ.

Результаты его опытовъ наглядно видны изъ слѣдующихъ таблицъ:

Таблица II.

Опыты съ *Zea Mays* (popcorn). Температура воздуха 24°.

№ опыта и количество оборотовъ въ минуту.	Скорость теченія въ минуту.	Послѣ 9¾ часовъ.	Послѣ 18 часовъ.
I. 8 проростковъ; 40 оборотовъ.	2500—500 см.	8 корней = 0°	8 корней = 0°
II. 9 проростковъ; 26 оборотовъ.	1630—1300 см. 1140—325 см.	3 корня = 0° 6 корн. = +15° до 40°	3 корня = 0° 6 корней = 0°
III. 8 проростковъ; 16 оборотовъ.	1000 см.	1 корень = 0°	1 корень = —90°
	900 ”	1 ” = 0°	1 ” = —45°
	800 ”	1 ” = 0°	1 ” = 0°
	700 ”	1 ” = +10°	1 ” = +10°
	600 ”	1 ” = +20°	1 ” = +25°
	500 ”	1 ” = +20°	1 ” = +45°
	400 ”	1 ” = +30°	1 ” = +60°
IV. 9 проростковъ; 2 оборота.	300 ”	1 ” = +40°	1 ” = +90°
	125 см.	1 корень = +40°	1 корень = +80°
	113 ”	1 ” = +45°	1 ” = +80°
	100 ”	1 ” = +45°	1 ” = +45°
	88 ”	1 ” = +35°	1 ” = +80°
	75 ”	1 ” = +40°	1 ” = +60°
	62 ”	1 ” = +45°	1 ” = +45°
	50 ”	1 ” = +45°	1 ” = +50°
	38 ”	1 ” = +45°	1 ” = +60°
	25 ”	1 ” = +45°	1 ” = +50°

Таблица III.

Опыты съ *Avena sativa*. Темпер. воздуха 22°—25° С. Время отъ 10—17 часовъ, за исключеніемъ случая съ 15-ю корешками, гдѣ опытъ продолжался 30 часовъ.

Количество корней.	Скорость теченія въ минуту.	Процентъ изгибовъ.
96	25—100 см.	46% = +; 51% = 0; 1% = —
57	100—300 „	81% = +; 14% = 0; 5% = —
58	300—2000 „	40% = +; 30% = 0; 30% = —

Таблица IV.

Опыты съ *Brassica alba*, показывающіе верхній предѣлъ скорости движенія для реотропической реакціи.

Число корней.	Температура воздуха.	Время.	Скорость теченія въ минуту.	Процентъ изгибовъ.
62	22°—24° С.	15—24 час.	50—500 см.	87% = +; 13% = 0°; 0% = —
32	22°—23° С.	14—24 „	600—1000 „	28% = +; 50% = 0°; 22% = —
8	23° С.	14 „	1000—2000 „	0% = +; 50% = 0°; 50% = —

Таблица V.

Опыты съ *Brassica alba*, показывающіе нижній предѣлъ скорости движенія для реакціи реотропизма.

О п ы т ы.	Скорость = 1,18 см. — 2 см. въ мин.						Скорость = 2,30 см. до 4 см. въ мин.					
	Количество проростковъ и реакція.	+	0	—	Средній уголъ	Крайніе углы	Количество проростковъ и реакція.	+	0	—	Средній уголъ	Крайніе углы
I. 22° С.; 23 часа; 1 обор. въ 16 мин.	4 = + 3 = 0	57	43	0	24°	10°—45°	8 = + 1 = 0	89	11	0	36°	10°—45°
II. 22° С.; 18 часа; 1 обор. въ 16 мин.	4 = + 3 = 0 5 = —	33	25	42	29°	15°—45°	14 = + 3 = 0	82	18	0	37,5°	10°—45°
Всего.	8 = + 6 = 0 5 = —	42	32	26	26°	10°—45°	22 = + 4 = +	85	15	0	37°	10°—45°

Таблица VI.

Опыты съ *Raphanus sativus*.

Число проростковъ.	Температура воздуха.	Скорость движенія въ минуту.	Процентъ изгибовъ.
36	22°—24°	25—100 см.	72% = +; 28% = 0; 0% = —
117	22°—24°	50—500 „	93% = +; 3,5% = 0; 3,5% = —
24	23°	600—1000 „	12,5% = +; 87,5% = 0; 0% = —
10	22°—23°	1000—2000 „	0% = +; 40% = 0; 60% = —

Такимъ образомъ изслѣдованіе токовъ различной скорости показало, какъ у Juella, что въ общемъ скорость выше 1000 см. въ минуту вызываетъ только отрицательные (механическіе) изгибы. Optimum скорости для реакціи реотропизма лежитъ между 100—500 см. въ минуту; скорость ниже 50 см. обусловливаетъ незначительную реакцію. Нижнюю границу для скорости Newcombe нашель при 2 см. въ минуту.

Что касается времени реакціи, то изъ опытовъ Newcombe'a оказывается, что она весьма различна для различныхъ объектовъ, какъ это можно видѣть изъ слѣдующей таблицы.

Таблица VII.

Растеніе.	Optimum темп. для роста.	Температура воздуха во время опыта.	Скорость теченія въ 1 мин.	Скрытый періодъ перцепціи.
<i>Raphanus sativus</i>	—	23°	200—400 см.	1 1/3 час.
<i>Brassica alba</i>	27,4°	23°	200—250 „	2 „
<i>Hordeum vulgare</i>	28,7°	23°	100—225 „	2 „
<i>Avena sativa</i>	—	23°	100—225 „	2 1/2 „
<i>Zea mays</i> (popcorn)	33°	24°	200—400 „	3 „
<i>Pisum sativum</i>	25°	23°	200—600 „	3 1/2 „
<i>Helianthus annuus</i>	31,5°	23°	150—300 „	3 1/2 „
<i>Vicia Faba</i>	26,6°	23°	225—675 „	6 „

Такимъ образомъ реакція реотропизма въ сравненіи съ геотропизмомъ требуетъ гораздо больше времени; приблизительно столько же, сколько и для отрицательнаго гелиотропизма корня.

Изъ сравненія взаимодѣйствія между геотропизмомъ и реотропизмомъ оказывается, что въ зависимости отъ условій эксперимента, корни могутъ мало

отклоняться от вертикальной линии, образовать с ней угол в 45° или же 90° , преодолевая таким образом совершенно силу геотропизма.

Разъ изгиб достигнет известного угла, угол этот сохраняется все время. Только в случае слабого раздражения, корни как будто теряют свою чувствительность к току воды и возвращаются в прежнее вертикальное положение, покамест скорость течения очень слаба.

Влияние геотропизма на реотропически реагировавший корешок сказывается в том, что обыкновенно кончик корня на расстоянии меньше 2 мм. от конца загибается немного вниз под другим углом, чем остальная согнутая часть корня, как это видно на рисунке.

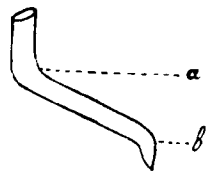


Рис. 1. Корень *Lirinus albus*: а реотропический изгиб; б геотропическое противодействие (по Newcombe'y).

Такое проявление геотропического контр-изгиба может быть объяснено, если принять, что условия равновесия в корнях по отношению к геотропизму и реотропизму в самом кончике на расстоянии 2 мм. и в остальной части корня совершенно различны. Эта разница в условиях равновесия двух частей корня зависит, как думает Newcombe, от протяжения чувствительной и моторной зоны.

Первый геотропический изгиб у корней средней величины проходит не выше 2 мм. от конца; этот кончик изгибается вниз, когда реотропизм выводит корень из положения равновесия. По исследованиям Czapek'a¹⁾ и Nemes'a²⁾ чувствительным по отношению к геотропизму является только кончик на расстоянии 2 мм., остальная же часть, по мере опускания чувствительной зоны, изгибается вниз под влиянием передачи импульса. В опытах с реотропизмом зона корня выше 2 мм. растет и подымается и мы должны допустить, что моторные зоны для геотропизма и реотропизма находятся в разных частях корня: первая на расстоянии 2 мм. от конца, вторая на расстоянии 3-х и более миллиметров.

Для определения зоны чувствительности Newcombe пользовался несколькими методами: 1) пускал тонкую струйку воды на определенное место корня, 2) помещал корешки в цилиндрики сделанные из бумаги или коллодиума и 3) помещал корешки в стеклянные трубки так, чтобы кончик корешка выставлялся из трубки, или же соединял посредством проволоки две трубочки так, чтобы верхняя и нижняя часть корешка была защищена стеклом,

1) Czapek F. a) Untersuchungen über Geotropismus. — Jahrbücher f. wissensch. Botanik. 1895. Bd. 27. P. 243. b) Ueber den Nachweis der geotropischen Sensibilität der Wurzelspitze. — Ibidem. 1900. Bd. 35. P. 175.

2) Nemes B. Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — Jahrbücher f. wissensch. Botanik. 1901. Bd. 36. P. 78.

середина же на большем или меньшем расстоянии подвергалась действию движущейся воды, как это видно на рисунке 2.

При исследовании корешков *Helianthus annuus* и *Brassica alba* из 18-и экземпляров под влиянием струйки воды направленной на 1 мм. от кончика реагировала половина (9), остальные остались прямыми. Относительно небольшой процент реагирующих объектов автор приписывает кратковременности опыта и техническим трудностям, сопряженным с подобного рода экспериментом.

В опытах с *Zea Mais* (порсегн), когда корешки были защищены стеклянными трубочками за исключением 1,5—2 мм. от конца — 15 корешков дало положительные изгибы, 16 же росло прямо. К сожалению, опыт длился только от 4 до 8 часов. При большей продолжительности опыта до 12-и часов, без сомнения, увеличилось бы количество положительных изгибов. Отсутствие отрицательных изгибов свидетельствует о действительности реотропической реакции.

При том же методе корешки *Raphanus sativus* в стеклянных трубочках с выставленным кончиком на расстоянии 0,5—1,5 мм. из 39 штук дали 30 положительных изгибов, девять же оставшихся росло прямо. В 2-х опытах не более 1 мм. кончика подвергалось действию тока воды и в этом случае больше половины корешков дало положительный изгиб.

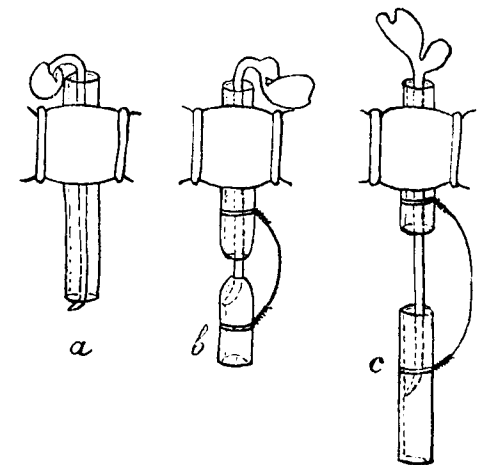


Рис. 2 (Newcombe I. c. p. 345).

Эти опыты ясно доказывают, что кончик корня обладает чувствительностью по отношению к геотропизму.

Для выяснения вопроса, насколько чувствительна и остальная часть корня, автор проводил опыты главным образом над корнями *Raphanus sativus* и получил следующие результаты.

Из 48-и корешков названного растения, которых кончики на протяжении 10 мм. от верхушки были заключены в стеклянные трубочки — 34 дало положительный изгиб под влиянием тока воды. В другой серии опытов над тем же видом из 23-х корешков, защищенных на расстоянии 15 мм. от конца, 10 дало положительный изгиб.

Если же корешки *Raphanus* были защищены на расстоянии 20 мм. от конца, то только 7 из них дало положительный изгиб, 4 — отрицательный и 8 осталось прямо. Таким образом оказывается, что корешки *Raphanus sativus* на расстоянии более, чем 15 мм. от конца проявляют чувствительность к

реотропизму. Вообще чувствительность къ реотропизму уменьшается приблизительно около конца зоны роста. Между тѣмъ у *Raphanus sativus* эта зона распространяется только на 6 мм. отъ конца. Такимъ образомъ у одного вида а, можетъ быть, и у многихъ другихъ видовъ реотропически чувствительная зона простирается еще болѣе, чѣмъ на 10 мм., дальше зоны наибольшаго прироста.

Реотропизмъ не ограничивается только корнями I-го порядка.

По наблюденіямъ Berg'a, онъ свойственъ и корнямъ второго порядка (у 8-ми видовъ): *Zea Mays*, *Fagopyrum tataricum*, *Tropaeolum majus*, *Lupinus albus*, *L. luteus*, *Vicia Faba*, *V. sativa* и *Helianthus annuus*, только у одного вида (*Soja hispida*) этого не наблюдалось.

Изслѣдованія Newcombe'a въ этомъ направленіи касались 4-хъ видовъ (*Cucurbita pepo*, *Tropaeolum majus*, *Zea Mays* и *Fagopyrum esculentum*). Такимъ образомъ вмѣстѣ для 11-видовъ (считая и расы манса) изслѣдовалась чувствительность корней 2-го порядка. Изъ этихъ 11 видовъ 8 оказались чувствительными, какъ для корней I-го, такъ и II-го порядка, 2 — нейтральными для корней обоихъ порядковъ, а одинъ (*Tropaeolum majus*) по изслѣдованіямъ Berg'a проявляетъ чувствительность для реотропизма, какъ въ главныхъ, такъ и боковыхъ корняхъ, по Newcombe'у же корни I-го порядка проявляютъ слабую чувствительность, а II-го порядка вовсе не чувствительны.

Опыты Newcombe'a доказали, что чувствительность боковыхъ корней *Fagopyrum esculentum* слабѣе, чѣмъ главнаго, наоборотъ корни 2-го и 3-го порядковъ у *Zea Mays* являются гораздо болѣе чувствительными, чѣмъ корни 1-го порядка.

Вообще же корни второго порядка являются чувствительными или нечувствительными, смотря по тому чувствительны или нечувствительны корни 1-го порядка.

Почти всѣ опыты производились надъ корнями проростковъ. Изслѣдованія Newcombe'a надъ корнями 5-и видовъ взрослыхъ растений (*Hordeum vulgare*, *Cucurbita pepo*, *Helianthus annuus*, *Fagopyrum esculentum* и *Raphanus sativus*) позволяютъ сдѣлать выводъ, что реотропизмъ растенія въ теченіе его развитія отъ проростка до взрослой стадіи не создается и не теряется.

Что касается причины реотропизма, то не рѣшаясь дать окончательнаго отвѣта, Newcombe настаиваетъ на то, что онъ еще высказалъ раньше въ 1896 г. (American Association for the Advancement of Science in 1896), что главнымъ факторомъ вызывающимъ раздраженіе, является одностороннее давленіе воды.

Въ слѣдующей затѣмъ работѣ Newcombe¹⁾ заданъ цѣлью ближе выяснитъ протяженіе чувствительной зоны для воспріятія раздраженій реотропизма.

1) Newcombe F. C. The sensory zone of roots. — Annals of Botany V. 16. 1902. P. 429—447. (17.)

Опыты ставились надъ корешками проростковъ (*Raphanus*, *Brassica*, *Fagopyrum*, *Helianthus* и *Zea*) по тому же методу, что и раньше, т. е. корешки помещались въ двѣ соединенныя другъ съ другомъ посредствомъ проволоки и вертикально одна на другой поставленныя трубочки такъ, что предназначенная для изслѣдованія зона корня находилась въ промежуткѣ между трубочками и могла подвергаться дѣйствію тока воды. Длина трубочки была 1—3 см.: ширина 3—4 мм., а нижній кончикъ корня находился на разстояніи 3 мм. и болѣе отъ конца нижней трубки.

Опыты производились, какъ и раньше, на клиностатѣ со скоростью теченія 100—500 см. въ минуту и продолжались часовъ 12.

Эти опыты еще лучше подтверждаютъ полученный раньше выводъ, что чувствительная зона для реотропизма идетъ гораздо дальше зоны наибольшаго прироста. Такъ для корешковъ *Zea Mays* она простирается еще на разстояніи 10 мм. отъ границы способной къ росту зоны, у корешковъ *Fagopyrum esculentum* на разстояніи 9 мм., у *Helianthus annuus* — 8 мм., у *Brassica alba* и *Raphanus sativus* навѣрно 10 мм., а по всей вѣроятности и больше 15—20 мм. Что касается причины, то авторъ указываетъ, что обыкновенно принимается давленіе, какъ дѣйствующій факторъ: однако присутствія тигмотропизма для корней не удалось доказать, поэтому еще нельзя отождествлять реотропизма съ тигмотропизмомъ.

Вполнѣ опредѣленный отвѣтъ на этотъ вопросъ мы уже находимъ въ послѣдней работѣ Newcombe'a¹⁾. Занявшись специальнымъ изслѣдованіемъ надъ существованіемъ тигмотропизма у корней, онъ приходитъ уже къ заключенію, что и реотропизмъ то же, что и тигмотропизмъ.

Многочисленные опыты производились на корешкахъ различныхъ проростковъ, которые культивировались отчасти въ влажныхъ камерахъ, насыщенныхъ паромъ, отчасти погруженные въ воду. Для опытовъ служили слѣдующія растенія: *Brassica alba*, *B. oleracea*, *Raphanus sativus*, *Pisum sativum*, *Lupinus albus*, *Vicia Faba*, *Phaseolus vulgaris*, *Glycine hispida*, *Lathyrus odoratus*, *Fagopyrum esculentum*, *Zea Mays* (порcorn), *Ricinus communis*, *Tropaeolum majus*, *Cucurbita pepo*, *Cucumis Melo* и *Helianthus annuus*.

Сначала авторъ прикладывалъ съ одной стороны кончика корешковъ небольшіе кусочки твердыхъ тѣлъ, какъ бумага, глина, гипсъ, стекло, слюда, но результаты получились довольно неопредѣленные. Ввиду этого авторъ сталъ примѣнять тѣла твердыя, но гибкія, которыя могли бы производить постоянное, хотя и слабое давленіе на кончикъ корешка, не будучи одновременно прикрѣ-

1) Newcombe F. C. Thigmotropism of terrestrial roots. — Beihefte zum Botanischen Centralblatt. Bd. XVII. H. 1. 1904. P. 61—84. (18.)

пленными къ послѣднему. Для этой цѣли служили тоненькіе мѣшочки изъ коллодіума, наполненные водою или язычки изъ коллодіума, резины или бумаги, одинъ конецъ которыхъ былъ прикрѣпленъ въ одной точкѣ сосуда, другой же свободный конецъ имѣющій стремленіе свернуться, опирался на кончикъ корня и производилъ на него постоянное давленіе. Подъ вліяніемъ этого давленія большинство корешковъ изгибалось въ направленіи, откуда идетъ раздраженіе, проявляя такимъ образомъ положительный тигмотропизмъ.

Подобнаго рода опыты, поставленные такъ, что давленіе производилось не на кончикъ, но на дальнѣйшую часть корешка, способную къ росту, не дали никакой реакціи. Единственнымъ исключеніемъ были корешки *Raphanus sativus*, которые реагировали слабо. Однако изгибъ этотъ выступалъ совершенно ясно, если элиминировать вліяніе геотропизма, удерживающаго корешокъ въ вертикальномъ положеніи, какъ въ этомъ можно было убѣдиться изъ опытовъ съ корешками *R. sat.* на клиностатѣ.

Newcombe предполагалъ, что наибольшую реакцію должно бы вызвать теченіе воды, производящее постоянное одностороннее давленіе на чувствительную на всякія раздраженія часть корня подъ условіемъ, чтобы вода не прикасалась непосредственно къ корешку, такъ какъ подъ вліяніемъ тока воды корешокъ реагируетъ реотропически. Чтобы устранить вліяніе реотропизма Newcombe помѣщалъ корешки въ мѣшечкахъ, сдѣланныхъ изъ коллодіума, убѣдившись заранее, что вода при данной скорости теченія не можетъ проникать внутрь мѣшечковъ. Для полученія тока воды Newcombe пользовался тѣмъ же приборомъ, что и въ опытахъ надъ реотропизмомъ, т. е. стекляннымъ сосудомъ, приводимыхъ въ вращательное движеніе посредствомъ клиностата; скорость вращенія была 250 см. до 450 см. въ секунду.

Опыты эти производились надъ корешками *Raphanus sativus*, *Zea Mays* и *Lupinus albus*. Оказалось, что корешки эти при названныхъ выше условіяхъ изгибались противъ тока воды подобнымъ же образомъ, какъ и подъ вліяніемъ реотропизма.

Разница лишь та, что корешки неснабженные чехликомъ изгибались немножко раньше, чѣмъ корешки, снабженные чехликами. У первыхъ реакція наступала по истеченіи 2—6 часовъ, между тѣмъ послѣдніе реагировали 1—2-мя часами позже.

Изгибы корешковъ были въ 20° и часто и больше 45°. Изъ этихъ опытовъ Newcombe выводитъ заключеніе, что тигмотропизмъ и реотропизмъ — явленія вполне тождественныя.

Скрытый періодъ реакціи для тигмотропизма корней является болѣе длиннымъ въ сравненіи съ иными тропизмами, онъ не длится однако дольше, чѣмъ для тигмотропизма нѣкоторыхъ усиковъ. Для самыхъ чувствительныхъ корней при благоприятной температурѣ періодъ этотъ будетъ около 1-го часа.

Подобно тому, какъ для усиковъ, такъ же и у корней для наступленія реакціи необходимо, чтобы раздраженіе касалось значительной площади поверхности и длилось болѣе продолжительное время.

Чтобы лучше ориентироваться въ данномъ вопросѣ, сопоставимъ теперь вкратцѣ на основаніи вышепозванныхъ работъ все, что до сихъ поръ сдѣлано въ области изслѣдованій надъ реотропизмомъ корня.

Методы изслѣдованія. 1. Металлическая ванна, черезъ которую протекаетъ вода изъ водопровода. (Jönsson, Berg.)

2. неподвижный круглый стеклянный сосудъ съ водою, въ которомъ вращается на вертикальной оси, соединенной съ клиностатомъ, дискъ съ воткнутыми вертикально корешками. (Berg.)

3. Круглый стеклянный сосудъ, въ которомъ вода приводится въ вращательное движеніе посредствомъ постоянного теченія воды изъ другого выше поставленнаго сосуда: корни укрѣплены неподвижно. (Berg.)

4. Круглый стеклянный сосудъ съ водою, вращающійся посредствомъ клиностата или мотора; корешки укрѣплены неподвижно. (Pfeffer, Juel, Newcombe.)

Объекты. Корешки проростковъ, выращенныхъ во влажныхъ опилкахъ длиною въ нѣсколько см. слѣдующихъ растений:

Jönsson: *Zea Mais*, *Secale cereale*, *Triticum vulgare*.

Berg: *Zea Mais*, *Vicia Faba*, *V. sativa*, *Lupinus albus*, *L. luteus*, *Soya hispida*, *Tropaeolum majus*, *Helianthus annuus*, *Fagopyrum tataricum*, *Secale cereale*, *Hordeum vulgare*, *Avena sativa*.

Juel: *Vicia sativa*, *Vicia Faba* и *Zea Mais*.

Newcombe: 32 вида: см. табл. I на стр. 12.

Реакція. Корешки многихъ растений, погруженные въ струю движущейся воды, растутъ, изгибаясь въ сторону, откуда идетъ теченіе, составляя иногда съ вертикальной линіей уголъ въ 90° (положительный реотропизмъ). Чувствительность къ такого рода раздраженію свойственна далеко не всѣмъ растеніямъ. Berg не нашелъ ея у *Soya hispida*; Newcombe у многихъ видовъ, особенно у водныхъ растеній (см. табл. I, стр. 12). Растенія реагирующія на это раздраженіе чувствительны не въ одинаковой степени.

Возрастъ. Реотропизмъ существуетъ и у взрослыхъ корней. Въ теченіе развитія растенія отъ проростка до взрослой стадіи реотропизмъ не создается и не теряется. (Newcombe.)

Боковые корни являются чувствительными или нечувствительными къ реотропизму смотря по тому, чувствительны или нечувствительны корни I порядка. (Berg — 8 видовъ, Newcombe — 4 вида.)

Скорость теченія. Значительная скорость вызывает отрицательные изгибы. Такой является по Juel'у для *Vicia sativa* скорость выше 1800 см. въ минуту. Скорость 1,8 см. въ минуту даетъ еще слабую реакцію. Для *Zea Mais* при 3000 см. въ минуту положительный реотропизмъ исчезалъ; при скорости 4,8—1,8 см. въ минуту получалась реакція слабая.

Newcombe напелъ, что въ общемъ скорость выше 1000 см. въ минуту вызываетъ только негативные (механическіе) изгибы. Optimum скорости движенія воды для реакціи реотропизма лежитъ между 100—500 см. въ минуту, скорость ниже 50 см. обуславливаетъ уже медленную реакцію. Нижняя граница скорости по Newcombe'у 2 см. въ минуту.

Время реакціи и скрытый періодъ. Berg упоминаетъ (l. c. p. 10), что изгибъ иногда наступалъ по истеченіи $\frac{1}{2}$ часа, не приводя однако точныхъ данныхъ (ни скорости движенія, ни температуры). Для *Zea Mais* по единственному наблюденію, сдѣланному названнымъ изслѣдователемъ посредствомъ горизонтальнаго микроскопа время реакціи — минимумъ 1 часъ. Newcombe на основаніи многихъ опытовъ напелъ, что скорость реакціи = $1\frac{1}{3}$ часа до 6 часовъ. Скорѣе всего реакція идетъ у *Raphanus sativus* = $1\frac{1}{3}$ часа. Если бы можно было исключить вліяніе геотропизма, реакція, конечно, шла бы гораздо скорѣе. Скрытый періодъ для реотропизма дольше, чѣмъ для трауматропизма корней¹⁾ и тигмотропизма усиковъ²⁾. По сравненію съ геотропизмомъ реакція требуетъ гораздо больше времени, приблизительно столько, сколько и для отрицательнаго геліотропизма корня.

Вліяніе геотропизма. Реотропическое раздраженіе можетъ совершенно преодолѣвать геотропизмъ и конецъ корня загибается подъ угломъ въ 90° съ вертикальной линіей. Изгибъ, совершенный подъ вліяніемъ реотропизма, сохраняется постоянно безъ измѣненія, покамѣстъ дѣйствуетъ причина, вызвавшая его. Однако кончикъ корня на разстояніи меньше 2 mm. отъ верхушки загибается подъ вліяніемъ геотропизма немного внизъ подъ другимъ угломъ, чѣмъ остальная согнутая часть корня.

Вліяніе геліотропизма. Опыты, произведенные въ темнотѣ, позволяютъ судить, что по крайней мѣрѣ, въ качественномъ отношеніи свѣтъ не оказываетъ вліянія на проявленіе реакціи реотропизма. Насколько вліяніе выражается въ количественномъ отношеніи, не изслѣдовано.

Локализациа чувствительности. Juel, надѣвая на кончики чехлики изъ коллодіума или отрѣзывая кончики на разстояніи 1,5 mm. отъ верхушки, убѣдился, что вся растущая зона чувствительна къ реотропизму. Newcombe

доказалъ, что и кончикъ корня является также чувствительнымъ къ реотропизму и что чувствительная зона простирается на 15 mm. и болѣе отъ верхушки такъ, что она идетъ гораздо дальше зоны наибольшаго прироста.

Вліяніе температуры. Berg напелъ, что при болѣе низкихъ температурахъ близъ минимума для роста отъ 7° — 12° C. получается значительный процентъ отрицательныхъ изгибовъ и высказываетъ предположеніе, что существуетъ отрицательный реотропизмъ въ зависимости отъ условій температуры. Отрицательные изгибы были имъ подмѣчены и при болѣе высокой температурѣ на корняхъ поврежденныхъ вслѣдствіе осѣданія гидрата окиси желѣза.

Вліяніе состава воды. Опыты всѣхъ изслѣдователей производились въ водопроводной водѣ. Berg поставилъ только 3 опыта въ дистиллированной водѣ и напелъ, что корешки скоро теряютъ свою способность къ росту и къ реакціи, хотя вообще получилась хорошая реакція.

Факторъ, дѣйствующій, какъ раздражитель. Такимъ факторомъ является вода въ движеніи. Она могла дѣйствовать 1) какъ вещество, 2) своимъ давленіемъ. Въ первомъ случаѣ реотропизмъ стоялъ бы близко къ гидротропизму, во второмъ къ тигмотропизму.

Juel доказываетъ, что реакція реотропизма съ гидротропизмомъ не имѣетъ ничего общаго. Скорѣе можно бы допустить вторую возможность, хотя главнымъ возраженіемъ противъ этого является отсутствіе реакціи на прикосновеніе жидкихъ тѣлъ у усиковъ, обладающихъ ясно выраженнымъ тигмотропизмомъ. Однако Newcombe опытнымъ путемъ старается доказать, что реотропизмъ есть не что иное какъ тигмотропизмъ, и что главнымъ факторомъ является давленіе въ теченіе продолжительнаго времени на значительную часть поверхности корня.

Біологическое значеніе реотропизма не ясно. Если принять, что корни изгибаясь противъ теченія, какъ будто ищутъ мѣстъ болѣе богатыхъ водою, то это объясненіе не вяжется съ обыкновенными условіями жизни растений въ землѣ, гдѣ теченія воды могутъ быть лишь весьма слабыя, не вызывающія реакціи, а съ другой стороны не видно, какую пользу могло бы доставить въ дѣлѣ снабженія водой искривленіе противъ теченія.

Если допустить, что такое положеніе является наиболѣе приспособленнымъ для защиты отъ сгибанія сильными токами воды, то неясно, почему, какъ доказалъ Newcombe, водныя растения не обладаютъ этимъ свойствомъ. По всей вѣроятности, реотропизмъ не имѣетъ спеціального біологическаго значенія, но является лишь слѣдствіемъ общаго свойства корня — раздражимости подъ вліяніемъ различныхъ внѣшнихъ условій.

1) Spalding. On the traumatropic curvature of roots. — Annals of Botany. Bd. 8. 1894. P. 427. (52.)

2) Darwin Ch. The movements and habits of climbing plants. II. Edit. London. 1875.

Часть II.

Опыты съ водяной пылью.

Методика.

Исслѣдованія въ области гидротропизма привели меня къ нѣкоторымъ явленіямъ, которыя выходятъ изъ этой области и относятся скорѣе къ явленіямъ реотропизма. Такъ какъ дѣйствующимъ факторомъ въ явленіяхъ гидротропизма является неравномѣрная влажность съ двухъ сторонъ корешка, зависящая отъ присутствія опред. количества паровъ воды въ воздухѣ, то я задался мыслью изслѣдовать, не окажетъ ли извѣстнаго вліянія на корешокъ движеніе паровъ воды въ одномъ направленіи или же удары мельчайшихъ частицъ воды въ распыленномъ состояніи.

Исходя изъ этихъ соображеній, я построилъ приборъ, при помощи котораго можно было подвергать корешки дѣйствію тока распыленной воды и наблюдать за реакціей. Условія подобныхъ опытовъ ближе всего подходятъ къ условіямъ, въ которыхъ совершаются явленія извѣстныя до сихъ поръ подъ именемъ реотропизма; разница заключается въ томъ, что въ послѣднемъ случаѣ, благодаря движенію, вода производитъ на извѣстную часть корешка, погруженнаго въ нее, одностороннее, но постоянное давленіе; въ моихъ же опытахъ давленіе это выражается въ безконечномъ рядѣ ударовъ мельчайшихъ частичекъ воды на одну половину корня, растущаго во влажномъ, насыщенномъ парами воздухѣ.

Въ литературѣ подобные опыты неизвѣстны. Единственное указаніе на опыты немного похожіе на мои мы находимъ у Newcombe'a¹⁾ въ его обширной работѣ о реотропизмѣ. Исслѣдователь этотъ желая убѣдиться, какая часть корешка является чувствительной къ воспріятію реотропическихъ раздраженій, направлялъ на опредѣленные части корня тонкія струйки воды.

1) I. c. (16.) P. 341—343.

Опыты эти производились слѣдующимъ образомъ. Проростки укрѣплялись посредствомъ влажной ваты въ отверстіяхъ, сдѣланныхъ въ пробкѣ, въ которую вставлены маленькіе стеклянные цилиндрики 1,5—3 см. высоты. Проростки находились по обѣ стороны пробковой пластинки. Верхняя ихъ часть окружалась влажной ватой, а кончикъ на разстояніи 5—10 мм. выставялся для дѣйствія струи воды.

Время отъ времени пускалась вода въ стеклянный цилиндръ; она смачивала вату и стекала по корню, удерживая вокругъ него влагу. Струя получалась посредствомъ проведенія воды изъ высокопоставленнаго резервуара черезъ стеклянную и каучуковую трубку, снабженную на концѣ стеклянной трубочкой съ оттянутымъ тонкимъ кончикомъ, проходящимъ черезъ пробку. Діаметръ струи могъ измѣняться отъ 0,2—0,5 мм. Скорость истеченія регулировалась посредствомъ зажима, находящагося на каучуковой трубкѣ.

При помощи этого метода автору удалось получить положительный отвѣтъ на занимавшій его вопросъ относительно локализациі чувствительности къ реотропизму, но очень много корней вовсе не реагировало. Это можно себѣ объяснить при помощи различныхъ факторовъ. Не смотря на всѣ предосторожности, корешки проростковъ не всегда имѣли вполне достаточное количество влаги; въ то же время путанія корешковъ дѣластъ въ высшей степени затруднительнымъ направить тончайшую струйку воды на строго опредѣленный участокъ корня: вдобавокъ практически невозможно было направить струю воды на болѣе значительный участокъ поверхности, между тѣмъ для того, чтобы получить ясную реакцію, нужно, чтобы вода производила давленіе продолжительное время на болѣе значительную часть корня.

Слѣдующая таблица показываетъ результаты, полученные въ случаѣ, если направить струю воды на кончикъ корня въ разстояніи 1 мм.

Таблица VIII.

В и д ъ.	Время.	Число корней.	+	—	Нейтраль- ные.
			изгибы.	изгибы.	
<i>Helianthus annuus</i>	7 часовъ.	4	4	—	—
<i>Brassica alba</i>	4 до 6 час.	14	6	2	6
Всего		18	10	2	6

Такая относительно слабая реакція у *Brassica alba* не можетъ еще свидѣтельствовать, что кончикъ корня мало чувствителенъ, такъ какъ при данномъ методѣ и въ примѣненіи къ растущей зонѣ, въ чувствительности которой по

отношенію къ реотропизму нѣтъ никакого сомнѣнія, получались результаты тоже не совсѣмъ ясные. При направленіи струи воды на пространство отъ 2—5 mm. у корешковъ *Brassica alba* въ теченіе 12 часовъ — изъ 6-и корешковъ только 2 дали положительный отвѣтъ; 1 отрицательный и 3 остались нейтральными. Тѣмъ не менѣе въ 4-хъ опытахъ подобнаго рода изъ 17 корешковъ 12 реагировало положительно, 2 отрицательно, 3 остались расти прямо.

Такимъ образомъ Newcombe дѣйствовалъ на извѣстныя зоны корня тонкой струйкой воды; моя же цѣль была убѣдиться, какъ реагируетъ корешокъ проростка, если на него съ одной стороны дѣйствуетъ вода въ распыленномъ состояніи въ видѣ тончайшихъ капелекъ.

Для этой цѣли я пользовался слѣдующимъ приборомъ.

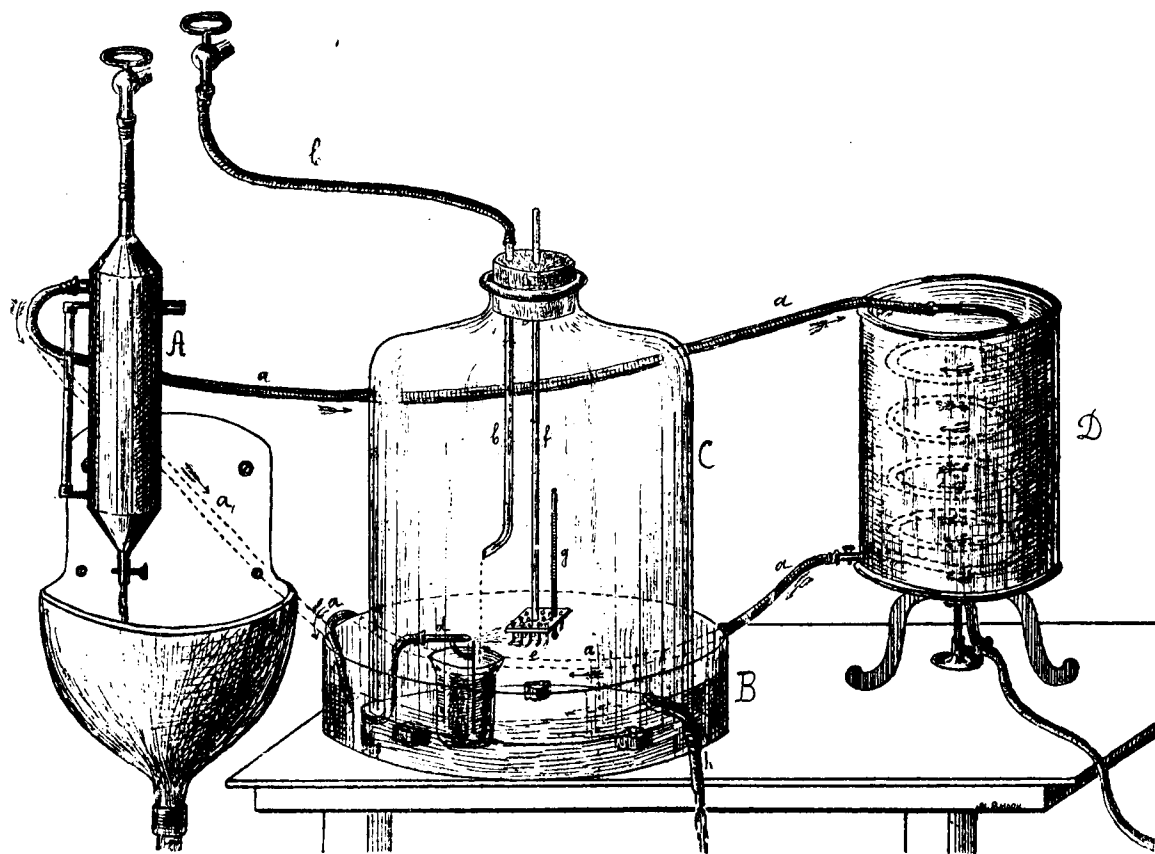


Рис. 3.

Чтобы получить тончайшую струю водяной пыли, я пользовался обыкновеннымъ пульверизаторомъ (d), состоящимъ изъ 2-хъ стеклянныхъ трубочекъ, соединенныхъ подъ прямымъ угломъ и прикрѣпленныхъ къ стаканчику съ водою. Токъ воздуха получался отъ дѣйствія воднаго насоса (A), благодаря истеченію воды, которое можно было регулировать посредствомъ верхняго и нижняго крановъ.

Выдавливаемый силою паденія воды изъ прибора A воздухъ поступалъ въ трубку a_1 и постоянно приводилъ въ дѣйствіе пульверизаторъ.

Послѣдній вмѣстѣ со стаканчикомъ помѣщался на днѣ большого цинковаго сосуда B, наполненнаго водою до извѣстнаго уровня, и прикрывался стекляннымъ колпакомъ C, поставленнымъ на трехъ стеклянныхъ подставкахъ такъ, чтобы основаніе колпака было подъ поверхностью воды въ сосудѣ B и чтобы подъ нимъ свободно проходила трубка a, черезъ которую вдвухался токъ воздуха въ пульверизаторъ d.

Верхнее отверстіе стеклянаго колокола было закрыто парафинированной пробкой съ 3-мя отверстіями. Черезъ одно проходила стеклянная трубка, внизу изогнутая, а сверху соединенная съ краномъ водопровода; благодаря регулировкѣ крана, чрезъ эту трубку пускалась вода въ видѣ быстро текущихъ капелекъ, которыя держали поверхность воды въ стаканчикѣ съ пульверизаторомъ постоянно на одномъ уровнѣ. Черезъ другое отверстіе въ пробкѣ вставлялась стеклянная палочка f, на нижнемъ концѣ которой держалась круглая или четырехугольная пластинка изъ хорошо парафинированной пробки съ нѣсколькими рядами просверленныхъ въ ней вертикальныхъ отверстій, въ которые помѣщались испытуемые корешки e. Передвигая стеклянную палку въ пробкѣ, можно было поставить пластинку e такъ, чтобы нижніе концы корешковъ находились какъ разъ въ самой сильной струѣ распыленной воды, которая на нихъ дѣйствовала непрерывно. Вмѣстѣ съ корешками въ пластинку вставлялся и термометръ g. Третье небольшое отверстіе слегка закрытое ватой въ пробкѣ служило для того, чтобы воздухъ изъ подъ колокола могъ выходить наружу, такъ какъ въ противномъ случаѣ онъ выдѣлялся черезъ воду въ сосудѣ B въ видѣ бурныхъ пузырей, что сообщало всему аппарату постоянныя и сильныя сотрясенія. Весь стеклянный колпакъ C внутри былъ выложенъ влажной фильтровальной бумагой, за исключеніемъ полосы противъ приборчика c и пульверизатора d, чтобы слѣдить за ходомъ опыта. Изъ цинковаго сосуда B выходила изогнутая трубка h, которой окончаніе находилось у поверхности воды въ сосудѣ B, благодаря чему вода въ этомъ сосудѣ постоянно держалась на одномъ уровнѣ, такъ какъ всякій избытокъ воды сейчасъ выливался наружу черезъ трубку h.

Такъ какъ часть опытовъ производилась осенью и зимою, когда температура воды въ водопроводѣ, особенно послѣ долгаго дѣйствія, опускалась низко, то желая имѣть постоянно болѣе высокую температуру внутри сосуда, токъ воздуха изъ насоса A не пускался по трубкѣ a_1 непосредственно въ пульверизаторъ, а по болѣе длинному пути по каучуковой трубкѣ a, которая затѣмъ соединялась со спирально свернутой оловянной трубкой, погруженной въ воду, наполняющую жестяной сосудъ D, откуда черезъ верхнее¹⁾ отверстіе трубка выхо-

1) Прим. На рисункѣ трубка a по ошибкѣ выведена изъ сосуда не черезъ верхъ, а сквозь отверстіе, сдѣланное у его основанія, что, конечно, представляло бы больше неудобства, такъ какъ требовало бы снайки трубки съ сосудомъ у отверстія и не позволяло бы свободно вынимать всей системы трубокъ.

дила обратно наружу и отсюда уже токъ воздуха попадалъ въ пульверизаторъ достаточно нагрѣтымъ, такъ какъ темп. сосуда съ водою D постоянно поддерживалась горѣлкой. Съ вышеописанномъ приборомъ былъ произведенъ рядъ опытовъ надъ дѣйствіемъ воды въ распыленномъ состояніи на корешки различныхъ растений. Сѣмена предварительно смачивались подъ сутокъ въ водѣ, затѣмъ выращивались во влажныхъ опилкахъ въ плоскихъ чашкахъ прикрытыхъ стекломъ. По истеченіи нѣсколькихъ дней, когда корешки достигали величины 2—3 см., изъ большого ихъ числа выбирался только такіе, которые были безукоризненно прямыми, ихъ сѣмядоли и верхняя часть корня геср. подсѣмьядольное колѣно обертывались влажной ватой и помѣщались рядами въ отверстия пробковой пластинки е такимъ образомъ, что нижніе концы ихъ торчали совершенно вертикально внизъ и послѣ того какъ пластинка, благодаря приподнятію колпака С, надѣвалась на палочку f и краны были открыты, подвергались безпрерывному дѣйствію воды въ распыленномъ состояніи въ теченіе цѣлыхъ сутокъ, такъ какъ послѣ того какъ притокъ и расходъ воды былъ регулированъ, кранъ оставался открытымъ не только днемъ, но и ночью.

Часть корешковъ, изображающихъ дѣйствіе водяной пыли, представлена на рисункахъ. Рисунки эти составлялись слѣдующимъ образомъ. Немедленно по окончаніи опыта, корешки, обсушенные пропускной бумагой, прикладывались къ бумагѣ и такимъ образомъ вполне точно срисовывались ихъ контуры. Опыты показали, что у многихъ растений послѣ долгаго дѣйствія распыленной воды корешки изгибаются противъ тока.

Опыты съ корнями.

Опытъ 1.

Взято 17 корешковъ *Zea Mays* 1,5—2 см. длины; опытъ продолж. 24 часа, температура 15,4° С. Изъ 17-и корешковъ противъ теченія изогнулось 10; остальные неясно. По истеченіи 48 часовъ — то же самое.

Опытъ 2.

Взято 17 кор. *Lupinus albus*. Темп. 15° С. По истеченіи 24 часовъ 15 корешковъ было изогнуто противъ теченія, только 2 крайніе отклонились въ сторону; изгибъ часто доходилъ до 90° С. По истеченіи 48 часовъ — результатъ тотъ же.

Вообще лучше всего реагировали корешки *Lupinus albus*; почти всегда по крайней мѣрѣ половина корешковъ изгибалась противъ тока; притомъ всегда реагировали корешки, находящіеся въ серединѣ струи водяной пыли; корешки дальше удаленные отъ центра дѣйствія воды реагировали слабо.

Опыты съ корешками *Lupinus albus* повторялись много разъ при различныхъ температурахъ отъ 18° до 13° С., причемъ иногда корешки изгибались довольно сильно, какъ нпр. на рис. 1, табл. I (темп. 17°—16° С.), иногда болѣе слабо, какъ нпр. на рис. 2, табл. I (темп. 14,6° С.), хотя здѣсь реагировали положительно всѣ взятые для опыта 14 корешковъ. Вообще реакція получалась лучше, когда непосредственно пускался токъ болѣе холоднаго воздуха, такъ что температура подъ колоколомъ была 15°—13° С., чѣмъ въ случаѣ если послѣ прохожденія черезъ сосудъ D температура поднималась до 17°—18° С.

Опытъ 3.

Изъ 17-и корешковъ *Ricinus communis* реагировало положительно 15; не реагировало только 2 (см. табл. I, рис. 4). Темп. = 15° С. Время = 24 часа. Изгибъ замѣчался главнымъ образомъ на самомъ кончикѣ.

Опытъ 4.

Изъ 9-и корешковъ *Phaseolus multiflorus* послѣ 22 часовъ — 6 дало изгибъ противъ тока, 3 осталось прямо. Темп. = 17° (ночью упала до 15° С.). Начало реакціи можно было хорошо видѣть уже по истеченіи 6-и часовъ.

Опытъ 5.

Изъ 14-и корешковъ *Helianthus annuus* 7 противъ тока, 5 прямо и 2 отрицательно. Темп. = 17°—15° С. Время = 24 часа.

Опытъ 6.

Изъ 8-и корешковъ *Vicia Faba* 4 ясно противъ тока, 3 прямо и 1 отрицательно. Темп. 14° С. Время = 22 часа.

Опытъ 7.

Изъ 17-и корешковъ *Brassica Napus* 13 отклонилось отъ тока, 3 остались прямо, а только 1 далъ положительную реакцію. Темп. = 18°—16,6° С. Время = 24 часа.

Опытъ 8.

Изъ 14-и корешковъ *Avena sativa* — 8 отъ тока, 3 въ сторону тока, 3 прямо. Темп. = 18°—17° С. Время = 24 часа.

Опытъ 9.

Изъ 14-и корешковъ *Vicia sativa* 3 противъ тока, остальные оставались прямо. Темп. = 18°—17° С. Время = 22 часа.

Опытъ 10.

Взято 11 корешковъ *Vicia sativa*. Темп. = 17° С. Время = 24 часа.

I рядъ: 3 прямо (изъ нихъ 1 слегка въ сторону тока).

II рядъ: 1 прямо; 1 отъ тока и 1 въ сторону тока.

III рядъ: 2 въ сторону тока, 3 прямо.

Опытъ 11.

Изъ 14-и корешковъ *Fagopyrum esculentum* 5 дало слабый положительный (противъ тока) изгибъ, 6 осталось прямо, и 3 согнулись отрицательно (слабо). Темп. = 17° С. Время = 24 часа.

Опытъ 12.

Взято 6 корешковъ *Cucurbita Pepo*; по истеченіи сутокъ всѣ остались прямо, хотя кончики у 3-хъ имѣли слабый еле замѣтный положительный изгибъ. Темп. = 17° С. Время = 24 часа.

Результаты всѣхъ этихъ опытовъ можно сопоставить въ нижеслѣдующей таблицѣ. Надо однако замѣтить, что съ корнями *Lupinus albus*, кромѣ опыта отмѣченнаго въ таблицѣ, производились еще много разъ опыты, причемъ всегда получалось большинство положительныхъ изгибовъ.

Таблица IX.

Растеніе.	Время.	Температура.	Количество корней.	Р е а к ц и я.		
				Положит. +	Прямо 0	Отрицат. —
<i>Zea Mays</i>	24 час. и 48 ч.	15,4° С.	17	10	7	0
<i>Lupinus albus</i> . .	24 час. и 48 ч.	15°	17	15	2	0
<i>Ricinus communis</i> .	24 ч.	15°	17	15	2	0
<i>Phaseolus multiflorus</i>	22 ч.	17°—15°	9	6	3	0
<i>Helianthus annuus</i> .	24 ч.	17°—15°	14	7	5	2
<i>Vicia Faba</i>	24 ч.	14°	8	4	3	1
<i>Brassica Napus</i> . .	24 ч.	18°—16,5°	17	1	3	13
<i>Vicia sativa</i> . . .	22 ч.	18°—17°	14	3	11	0
		17°	11	3	7	1
<i>Cucurbita Pepo</i> . .	24 ч.	17°	6	0	6	0
<i>Fagopyrum esculent.</i>	24 ч.	17°	1	5	6	3
<i>Avena sativa</i> . . .	24 ч.	18°—17°	14	3	3	8

Корешки растеній первой категоріи хорошо реагировавшіе, послѣ суточного опыта, имѣли вполнѣ здоровый видъ и послѣ оставленія въ приборѣ, когда уже пульверизаторъ не дѣйствовалъ, изгибались геотропически и продолжали расти прямо. У большинства растений второй категоріи не реагировавшихъ замѣчалось извѣстное поврежденіе кончиковъ корешковъ, какъ напр. у *Vicia sativa*, *Avena sativa* и *Fagopyrum esculentum*.

Предполагая, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ явленіемъ близкимъ къ реотропизму, я нисколько не удивился, не получивъ реакціи у корней *Cucurbita Pepo*, такъ какъ этотъ объектъ по Newcombe'у¹⁾ считается нечувствительнымъ къ реотропизму, но я былъ пораженъ, что объекты, признанные лучше всего реагирующими реотропически, какъ *Brassica Napus*, *Avena sativa*, *Vicia sativa* и *Fagopyrum esculentum*, не дали положительной реакціи.

Думая, что реакція быть можетъ зависитъ отъ силы, съ какою ударяютъ частицы воды въ корешки, и что болѣе слабые корешки механическихъ воздѣйствіемъ можно отклонить въ противоположную сторону, какъ это было замѣчено у корешковъ *Brassica Napus* и *Avena sativa*, я постарался видоизмѣнить приборъ, чтобы получить болѣе нѣжный токъ распыленной воды.

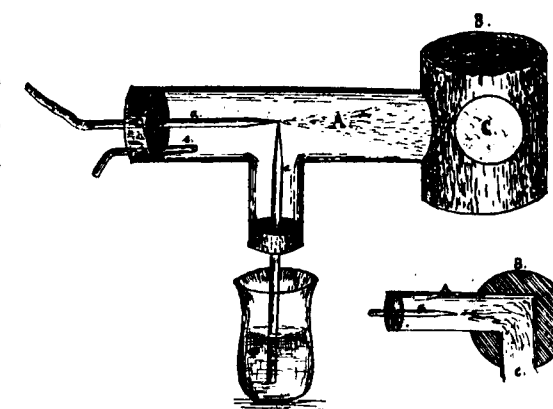


Рис. 4.

Суть новаго приспособленія состоитъ въ томъ, что концы 2-хъ трубокъ пульверизатора а сквозь отверстія въ пробкахъ проходятъ внутрь Т-образной трубки А, входящей концомъ своимъ внутрь толстой парафинированной пробки В, откуда подъ прямымъ угломъ выходитъ отверстіе наружу.

Такимъ образомъ сильный токъ распыленной воды ударялся отчасти о боковыя стѣнки трубки и о стѣнку пробки и выходилъ наружу черезъ отверстіе С въ видѣ нѣжной пыли, состоящей изъ мельчайшихъ частичекъ воды.

Мои предположенія относительно дѣйствія такой нѣжной водяной пыли на корни проростковъ не оправдались, какъ это видно изъ нижеслѣдующихъ опытовъ.

Опытъ 12.

Изъ 13-и корешковъ *Avena sativa* 5 — прямо, 4 въ сторону тока, 4 — въ противоположную сторону. Темп. = 16° С. Время = 24 часа. Изгибы слабые.

1) См. табл. I на стр. 12.

Опыт 13.

Взято 11 корней *Lupinus albus*. Температура = 16°—17° С. Время 22 часа

I ряд: 2 корня положительно (+), 1 прямо (0).

II ряд: 2 — прямо (0), 2 отрицательно (—).

III ряд: 2 прямо (0), 2 отрицательно (—).

Таким образом из 11-и корней — 5 осталось прямо, 2 совершили положительные изгибы и 4 — отрицательные. Надо заметить, что при данной постановке опыта район действия пѣжной водяной пыли, вѣроятно, не великъ и на дальнѣйшіе ряды корней она уже не дѣйствовала; всѣ отрицательные изгибы были очень слабые, между тѣмъ 2 корня лупина, находившіеся непосредственно противъ отверстія въ пробкѣ, дали вполне ясные положительные изгибы, подобные тѣмъ, какіе получались, когда примѣнялась болѣе крупная, сильнѣе дѣйствующая, водяная пыль.

Однако ни у корешковъ *Avena sativa*, ни у *Vicia sativa*, которые весьма чувствительны къ реотропизму, примѣняя аппаратъ съ пѣжною водяною пылью, никакой ясной реакціи не удалось получить, хотя опыты эти повторялись нѣсколько разъ.

Опыты съ обезглавленными корнями.

Чтобы убѣдиться, какую роль въ данномъ явленіи играетъ кончикъ корня, я произвелъ нѣсколько опытовъ съ корешками, у которыхъ была обрѣзана верхушка.

Опыт 14.

Взято 17 корешковъ *Zea Mays*, изъ нихъ 9 цѣльныхъ и 8 обезглавленныхъ такъ, что была обрѣзана верхушка на разстояніи 1,5 mm. Темп. = 15,2° С.

Результатъ получился слѣдующій:

Время.	Обезглавленные к. 8 штукъ.		Цѣльные. 9 штукъ.	
	+	0	+	0
22 часа . . .	4	4	5	4
48 часовъ . .	6	2	7	3

Послѣ 22 часовъ изъ 8-и обезглавленныхъ корней ясно реагировало 4; остальные 4 дали однако весьма слабые положительные изгибы (изъ нихъ 3 въ послѣднемъ ряду); изъ 9 цѣльныхъ 5 реагировало, 4 пѣтъ. По истеченіи 48 часовъ изъ 8-и обезглавленныхъ реагировало 6; изъ 9-и цѣлыхъ реагировало 7.

Вообще не видно разницы между реакціей цѣльныхъ корешковъ и корешковъ съ обрѣзанными кончиками.

Еще лучше это видно въ опытѣ съ корнями *Lupinus albus*, представленномъ на рис. II, табл. I.

Опыт 15.

Взято 14 корешковъ: 7 первыхъ съ верхушкой обрѣзанной на разстояніи 1,5 mm., остальные (отъ 8-го — 14) цѣльные. Темп. = 14,6° С. Время 24 часа.

Обезглавленные.

№ корня	I	II	III	IV	V	VI	VII
Уголъ изгиба	+50°	+30°	+30°	+35°	+35°	+45°	+30°
ср. уг. =	+ 37°.						

Цѣльные.

№ корня	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Уголъ изгиба	+35°	+35°	+35°	+25°	+55°	+30°	+70°
общ. ср. уг. =	+ 39°.						
ср. уг. =	+ 41°						

Такимъ образомъ всѣ корешки дали положительный изгибъ, какъ цѣльные, такъ и обезглавленные. Въ величинѣ отклоненія угла отъ вертикали между обоими родами корней тоже не видно большой разницы.

Измѣреніе прироста.

Желая убѣдиться, не является ли при вышеописанной постановкѣ моихъ опытовъ ростъ корней задержаннымъ, я обозначалъ тушью черту на разстояніи 10 mm. отъ верхушки и затѣмъ измѣрялъ приростъ.

Опыт 16.

Корни *Lupinus albus*. Время 22 часа. Темп. = 13° С.

Изъ 12-и корней ясно реагировало 8 (5 изъ нихъ изображено на рисункѣ. Табл. I, рис. III).

№ корня	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Реакція	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0
Приростъ 7 mm.	7	7	10	11	7	8	7	8	10	9	9	ср. пр. = 8,3 mm.

Опыт 17.

Корни *Lupinus albus*. Время = 24 часа. Темп. = 18°—17° С.

Изъ 11 корешковъ 6 дало ясный положительный изгибъ въ сторону тока распыленной воды, 2 остались прямо, а 3 боковые были слегка отклонены въ сторону.

№ корня	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Реакція	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0
Приростъ 15 mm.	10	14	10	10	9		14	12	10	8	10 ср. пр. = 11,1 mm.

Какъ видимъ изъ этихъ измѣреній, никакой существенной разницы между приростомъ корешковъ реагировавшихъ и нереагировавшихъ нельзя замѣтить.

Опыты со стеблями.

Опыты со стеблями производились надъ слѣдующими растеніями: *Brassica Napus*, *Lupinus luteus*, *Avena sativa* и *Linum usitatissimum*. Сѣмена высѣивались во влажные опилки и выращивались въ совершенно темномъ мѣстѣ, пока мѣстѣ не достигли вышины нѣсколькихъ см. Для опыта брались толстыя пробковыя пластинки, въ которыхъ было укрѣплено вертикально нѣсколько рядовъ стеклянныхъ трубочекъ въ 3 см. вышины. Трубочки эти наполнялись водой и выбранные проростки, предварительно обмытые отъ опилокъ, укрѣплялись посредствомъ ваты въ этихъ трубочкахъ. Такимъ образомъ корни находились во все время опыта въ водѣ и стебельки можно было укрѣпить вполне вертикально, чтобы легко замѣтить малѣйшее отклоненіе отъ этой линіи. Вся эта операція производилась быстро въ темной комнатѣ при слабомъ свѣтѣ красной фотографической лампочки, и затѣмъ аппаратъ со стебельками, прикрытый чернымъ колпакомъ, переносился въ комнату, гдѣ дѣйствовалъ описанный выше аппаратъ для получения тока распыленной воды и стебельки ставились такъ, чтобы токъ изъ пульверизатора ударялъ въ ихъ верхнія части.

Весь аппаратъ посредствомъ черного сукна и колпака совершенно защищался отъ лучей свѣта. Опыты продолжались въ теченіе сутокъ: причемъ за это время нѣсколько разъ производилось наблюденіе.

Длина стебельковъ:	<i>Brassica Napus</i>	1,5—2 см.	Темп. 18°—16° С.	Время 22 часа.
"	<i>Lupinus luteus</i>	4—6 "	" 17°—18° С.	" 22 "
"	<i>Avena sativa</i>	2—3 "	" 17°—18° С.	" 24 "
"	<i>Linum usitatissimum</i>	2—4 "	" 16,5—17 С.	" 23 "

Во всѣхъ этихъ 4-хъ опытахъ стебли испытуемыхъ растеній послѣ опыта продолжали расти совершенно прямо, слѣдовательно не проявили никакой замѣтной реакціи.

Опыты въ средѣ движущагося пара.

Положительный результатъ въ опытахъ съ водяною пылью, подъ влияніемъ которой корешки изгибаются въ сторону, откуда бьетъ распыленная вода, заставили меня поставить другой вопросъ, а именно не будутъ ли корни реагировать подобнымъ же образомъ, если ихъ помѣстить въ замкнутомъ пространствѣ насыщенномъ водяными парами, гдѣ воздухъ вмѣстѣ съ парами постоянно движется въ опредѣленномъ направленіи. Хотя опыты такого рода и производились R. Sammet'омъ¹⁾ съ отрицательнымъ результатомъ, тѣмъ не менѣе я рѣшилъ поставить ихъ еще разъ, чтобы лично провѣрить эти данныя. Для этого я пользовался аппаратомъ, съ которымъ работамъ R. Sammet, изображеннымъ въ его работѣ на стр. 634, рис. 7. Суть аппарата состоитъ въ слѣдующемъ: въ замкнутомъ пространствѣ подъ стекляннымъ колпакомъ влажный, насыщенный паромъ воздухъ приводится въ быстрое круговое вращеніе посредствомъ лопатокъ мельницы, посаженныхъ на вертикальную ось, приводимую въ вращеніе посредствомъ электромотора. На пути движенія влажного воздуха помѣщались корешки *Lupinus albus* или *Vicia sativa*. Опытъ продолжался цѣлыя сутки, но никакого замѣтнаго изгиба корешковъ въ ту или другую сторону не замѣчалось. Эти опыты, повторенные нѣсколько разъ, дали такой же отрицательный отвѣтъ, какъ и у Sammet'a.

Результаты.

Изъ вышеприведенныхъ опытовъ слѣдуетъ.

1. Корни проростковъ нѣкоторыхъ растеній обладаютъ извѣстной чувствительностью по отношенію къ току распыленной воды, изгибаясь подъ угломъ приближающимся иногда къ 90° въ сторону, откуда бьетъ водяная пыль. Лучшую реакцію давали корни *Lupinus albus*; кромѣ того подобнаго рода чувствительность обнаружена у корней *Zea Mays*, *Ricinus communis*, *Phaseolus multiflorus*, *Helianthus annuus* и *Vicia Faba*.
2. Чтобы реакція обнаружилась, нужно, чтобы водяная пыль ударяла со значительной силой и дѣйствовала болѣе продолжительное время (минимумъ — 5—6 часовъ, но вполне ясная реакція замѣчалась только по истеченіи сутокъ). Нѣжная водяная пыль, а равнымъ образомъ и движеніе насыщеннаго паромъ воздуха не производятъ на корни никакого дѣйствія.

1) Sammet R. Untersuchungen über Chemotropismus und verwandte Erscheinungen bei Wurzeln, Sprossen und Pilzfäden. — Jahrbücher f. wissensch. Botanik. Bd. 41. 1905. P. 611—649.

3. Обнаруженная чувствительность присуща всей растущей части корня; кончик корня, вѣроятно, одинаково чувствителенъ, какъ и остальная часть, такъ какъ декапитация на реакцію не оказываетъ никакого вліянія.
4. Стебли проростковъ подобнаго рода чувствительностью не обладаютъ.

Такъ какъ во всѣхъ этихъ опытахъ дѣйствующимъ факторомъ, вызывающимъ изгибы, является вода, то прежде всего возникаетъ мысль, не принадлежатъ ли описанныя явленія къ разряду явленій гидротропизма. Однако мысль эту приходится оставить, такъ какъ условія, въ которыхъ происходили опыты, гдѣ корни находились въ пространствѣ насыщенномъ паромъ, отличались отъ тѣхъ условій, какія вызываютъ явленіе гидротропизма. Съ другой стороны къ послѣднему чувствительной является только верхушка корня, какъ доказали изслѣдованія Molisch'a и Pfeffer'a¹⁾, между тѣмъ въ моихъ опытахъ обезглавленные корни реагировали такъ же хорошо, какъ и цѣльные. Это послѣднее обстоятельство, а равнымъ образомъ и общія условія опытовъ заставляютъ признать главнымъ дѣйствующимъ факторомъ, вызывающимъ изгибъ корня, одно-стороннее давленіе воды, а слѣдовательно причислить данное явленіе къ разряду явленій реотропизма. Ввиду однако того обстоятельства, что объекты, признанные самыми чувствительными къ реотропизму, какъ *Brassica Napus*, *Avena sativa*, *Vicia sativa* и *Fagopyrum esculentum* вовсе не реагировали, можно предполагать, что тутъ примѣшивается еще какое-то постороннее вліяніе, сильнѣе всего отражающееся на болѣе нѣжныхъ корешкахъ и вызывающее ихъ поврежденія. Быть можетъ, вліяніе такое оказываетъ лабораторный воздухъ, вдуваемый при посредствѣ пульверизатора.

1) Molisch, Sitzungsberichte d. Akademie Wien. 1883. Bd. 88. Abt. I. P. 897. (37.) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. II. Aufl. Bd. II. P. 605. (9.) Darwin, Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. 1881. P. 154. (1.) Rothert, Flora. 1894. P. 208. (6.) Czapek, Jahrb. f. wiss. Botan. 1900. XXXV. P. 316.

Часть III.

Опыты въ струѣ движущейся воды.

Методика.

Изслѣдованія надъ чувствительностью корешковъ въ струѣ распыленной воды привели меня къ вопросу о реотропизмѣ и я рѣшилъ провѣрить опыты другихъ изслѣдователей относительно тѣхъ объектов, какими я пользовался. Такъ какъ лучшую реакцію въ струѣ распыленной воды я получалъ съ корешками *Lupinus albus*, то я взялъ тотъ же объектъ для изслѣдованій надъ реотропизмомъ.

Для этой цѣли я пользовался аппаратомъ, съ которымъ работалъ Juel (15 l. c.), изображеннымъ въ его работѣ на стр. 511. Корни выращивались въ горшкахъ съ влажными опилками, прикрытыхъ стеклянной пластинкой, затѣмъ обмытые въ водѣ обвертывались въ верхней части влажной ватой и помѣщались въ вертикальномъ положеніи такъ, чтобы нижняя часть была погружена въ воду. Способъ прикрѣпленія по сравненіи съ Juel'омъ я измѣнилъ такъ, что на горизонтальные стержни вмѣсто небольшихъ пробковыхъ пластинокъ надѣлъ болѣе широкія, въ которыхъ сбоку было продѣлано вертикальное отверстіе и вставлена коротенькая стеклянная трубочка; такимъ образомъ, вставляя проростокъ въ эту трубочку, можно было, обкладывая его влажной ватой, придать корню строго вертикальное положеніе; только болѣе мелкіе проростки, какъ нпр. *Vicia sativa*, я прикрѣплялъ къ пробкамъ съ боку посредствомъ иголокъ.

Рядъ опытовъ, произведенныхъ съ этимъ аппаратомъ надъ корнями *Lupinus albus*, далъ результаты, которые сильно озадачили меня, такъ какъ во многихъ опытахъ вмѣсто положительнаго изгиба, какъ можно было ожидать, получался скорѣе отрицательный. Это обстоятельство заставило меня обратить вниманіе на составъ воды, въ которой производились опыты, тѣмъ болѣе, что этотъ вопросъ не былъ изслѣдованъ никѣмъ изъ работавшихъ въ области рео-

тропизма. Въ результатѣ оказалось, что, дѣйствительно, малѣйшія примѣси химическихъ веществъ могутъ оказывать существенное вліяніе на ходъ реакціи. Въ виду этого я постарался упростить аппаратъ Juel'a, такъ какъ въ его приборѣ система 3-хъ вставленныхъ другъ въ друга стеклянныхъ сосудовъ была скрѣплена посредствомъ пробковыхъ пластинокъ и сургуча, вслѣдствіе чего сосудъ трудно было держать въ идеальной чистотѣ, такъ какъ въ промежуткахъ между отдѣльными частями сосуда могли осѣдать какіе-нибудь осадки, которыхъ трудно вымыть и съ другой стороны старая пробка могла разлагаться выделяемыми веществами и производить своего рода дѣйствіе.

Поэтому я пользовался приборомъ, изображеннымъ на рисункѣ 5-омъ.

На тарелку В клиностата А ставился стеклянный сосудъ С въ 25 см. въ діаметрѣ и 13 см. высоты. Чтобы избѣжать боковыхъ теченій при вращеніи, я прямо ставилъ внутрь этого сосуда другой стеклянный сосудъ С₁ меньшихъ размѣровъ,

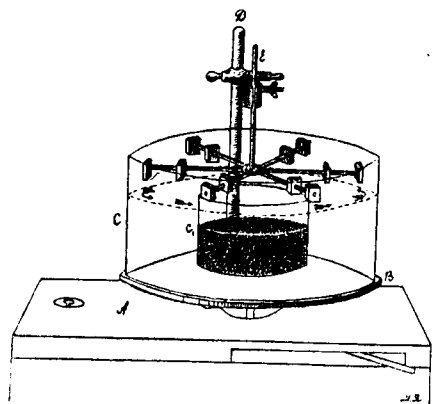


Рис. 5.

13 см. въ діаметрѣ и 5,5 см. вышины и наполнялъ его влажнымъ пескомъ, такъ что, благодаря этой тяжести, сосудъ этотъ стоялъ неподвижно по серединѣ болѣе крупнаго сосуда. При вращеніи на клиностатѣ въ промежуткѣ между стѣнками обоихъ сосудовъ получалось теченіе воды въ 11 см. шириною, въ которомъ были погружены корешки. Количество воды въ сосудѣ было около 2,5 литровъ. Для того, чтобы сѣмядоли окруженные влажной ватой, не высыхали, сосудъ прикрывался 2-мя полукругами изъ цинковой жести, съ вырѣзкой въ центрѣ, черезъ кото-

рую проходила неподвижная ось вертикальнаго стержня, поддерживающаго горизонтальные стержни съ пробками и корешками. Для защиты отъ свѣта сосудъ стоялъ на черномъ кружкѣ картона и съ боковъ стѣнки были тоже окружены лентой изъ черной бумаги, которая снималась только на время наблюдений.

Большинство опытовъ было произведено на клиностатѣ Пфеффера, причемъ всегда дѣйствовали параллельно два клиностата, урегулированные такимъ образомъ, чтобы движеніе на нихъ происходило съ одинаковою скоростью; на каждомъ изъ нихъ ставился сосудъ съ корешками.

Нѣкоторые опыты производились при большей скорости теченія, для чего я пользовался воздушнымъ моторомъ.

Опыты въ дистиллированной и водопроводной водѣ.

Желая убѣдиться, какое вліяніе имѣетъ составъ воды, я поставилъ сначала рядъ параллельныхъ опытовъ надъ реотропизмомъ въ дистиллированной и водопроводной водѣ. Дистиллированная вода всегда заранее взбалтывалась продолжительное время въ бутылѣ, чтобы имѣла достаточное количество воздуха, и затѣмъ оба сорта воды наливались въ широкія стекляныя чашки по крайней мѣрѣ на 15 часовъ или 1 сутки до опыта и ставились въ томъ мѣстѣ, гдѣ производился опытъ, такъ что температура въ обоихъ сосудахъ получалась одинаковая. Затѣмъ сосуды съ водою ставились на двухъ рядомъ поставленныхъ клиностатахъ, гдѣ они приводились одновременно въ движеніе съ одинаковою скоростью. Реакція наступала уже послѣ 3—6 часовъ, но опыты продолжались до 24 часовъ, а затѣмъ, чтобы запечатлѣть реакцію, корешки, осушенные пропускной бумагой, прикладывались къ бумагѣ и изгибы ихъ ерисовывались. Кромѣ того до опыта на корешкахъ ставились мѣтки тушью на разстояніи 10 мм. отъ верхушки, и затѣмъ по окончаніи опыта опредѣлялся ихъ приростъ. Во многихъ случаяхъ у части корешковъ обрѣзывалась верхушка и такимъ образомъ можно было наблюдать параллельно вліяніе реотропизма на обезглавленные и цѣльные корешки.

Скорость вращенія обыкновенно была такова, что сосудъ дѣлалъ 1 оборотъ въ 1 минуту. Припимая радіусъ той части сосуда, гдѣ помещались корешки отъ 8—11 см., получимъ скорость 50—70 см. въ 1 минуту.

Опыты съ корнями *Vicia sativa*.

Большое количество опытовъ, поставленныхъ съ корешками *V. sat.* показало, что корешки этого растенія гораздо лучше реагируютъ реотропически въ дистиллированной водѣ, чѣмъ въ водопроводной. Въ дистиллированной водѣ уже по истеченіи 3-хъ часовъ у всѣхъ почти взятыхъ корешковъ была ясная реакція: въ то время какъ въ водопроводной водѣ корешки продолжали расти прямо. По истеченіи сутокъ и въ водопроводной водѣ сказывалась реакція, хотя въ большинствѣ случаевъ слабая.

Относительно *Vicia sativa* слѣдуетъ еще отмѣтить то же, что наблюдалъ Newcombe (16) для маиса *Zea Mays*, а именно, что различныя расы этого вида отличаются различною чувствительностью по отношенію къ реотропизму.

Точно также, когда у меня вышла одна порція сѣмянъ *V. s.* и я началъ дѣлать опыты съ другими, немного болѣе крупно-зернистыми сѣменами, я замѣтилъ, что они реагируютъ хуже. Изъ параллельнаго сравненія случайно имѣвшихся у меня зеренъ различныхъ расъ этого вида я замѣтилъ, что отношеніе ихъ къ реотропизму различно: одни являются болѣе, другія менѣе чувствитель-

ными. Къ сожалѣнiю, я не зналъ, съ какими расами имѣю дѣло, и вопросъ этотъ остался не изслѣдованнымъ въ деталяхъ.

Изъ многихъ опытовъ надъ *Vicia sativa* приведу одинъ, гдѣ всѣ корешки были срисованы по истеченiи 22 часовъ. Какъ видимъ изъ рис. V и VI табл. I, въ дистиллированной водѣ получилась вполне хорошая реакція у всѣхъ корешковъ (то же наблюдалось и по истеченiи 8-и часовъ); въ водопроводной же водѣ реакціи почти никакой.

Опытъ 18.

Объектъ: *Vicia sativa*. Темп. = 16,8° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время = 22 часа. 2 клиностата съ сосудами А съ дистиллированной и В — водопроводной водой.

А. Дистиллированная вода.

№ корня . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Прирость . .	...	8 mm.	7	5	4	8	6	8	6	7	...	ср. пр. = 6,7 mm.
Реакція . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Уголъ изгиба	65°	60°	70°	60°	40°	50°	45°	55°	55°	55°	45°	ср. уг. = + 55°.

В. Водопроводная вода.

№ корня . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Прирость . .	7 mm.	8	7	6	...	8	5	6	6	5	ср. пр. = 6,4 mm.
Реакція . .	+	+	0	0	+	+	—	+	—	+	
Уголъ изгиба	10°	15°	0°	0°	10°	20°	15°	18°	10°	15°	ср. уг. = + 6°.

Опыты съ корнями *Lupinus albus*.

Такъ какъ съ корешками этого вида я получалъ хорошую положительную реакцію въ распыленной водѣ, то я желалъ провѣрить ихъ чувствительность относительно реотропизма. Не обращая сначала вниманiя на составъ воды, я бралъ, какъ обыкновенно, водопроводную воду и пользовался аппаратомъ Juel'a. Къ величайшему моему удивленiю я не получилъ положительнаго изгиба корешковъ, какъ слѣдовало ожидать, такъ какъ *L. albus* относится къ хорошо реагирующимъ объектамъ (см. табл. Newcombe'a на стр. 12), а скорѣе довольно ясный отрицательный изгибъ. Опыты эти я повторялъ много разъ и общiй результатъ былъ тотъ, что всегда получается больше отрицательныхъ изгибовъ, хотя и слабыхъ; отдѣльные корешки иногда и давали положительную реакцію, но большинство изгибалось въ направленiи теченiя воды.

Въ качествѣ примѣра приведу одинъ изъ этихъ опытовъ.

Опытъ 19.

Таблица I, рис. VII.

Аппаратъ Juel'a. Темп. = 17° С. Скорость = 22—44—88 см. въ 1 мин. Время = 24 часа.

Водопроводная вода.

I кругъ; ср. скор. = 88 см.	{	№ корня . .	I	II	III	IV	V	VI		
		Реакція . .	—	—	—	—	—	—		
		Уголь изгиба	60°	30°	40°	75°	35°	75°		
II кругъ; скор. = 44 см.	{	№ корня . .	VII	VIII			IX	X	XI	XII
		Реакція . .	—	—			—	—	—	0
		Уголь изгиба	25°	90° (конч. — 110°)			50°	45°	75°	0°
III кругъ; скор. = 22 см.	{	№ корня . .	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII		
		Реакція . .	—	—	—	+	+	—		
		Уголь изгиба	20°	40°	15°	25°	25°	15°	ср. уг. = — 35°.	

Послѣ того, какъ я перемѣнилъ воду и сталъ употреблять дистиллированную, получилась ясная положительная реакція.

Опытъ 20.

Аппаратъ Juel'a. Темп. = 17,5° С. Скорость = 88—44 см. въ 1 мин. Время = 24 часа.

Дистиллированная вода.

I кругъ; скор. = 88 см.	№ корня . .	I	II	III	IV	V	VI	
	Реакція . .	+	...	+	+	0	0	
	Уголъ изгиба	65°	...	40°	35°	0°	0°	
II кругъ; скор. = 44 см.	№ корня . .	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Реакція . .	+	+	+	0	+	+	
	Уголъ изгиба	50°	20°	30°	0°	35°	35°	ср. уг. = + 28°.

Опытъ 21.

Аппаратъ Juel'a. Темп. = 17° С. Скорость = 88—44 см. въ 1 мин. Время = 24 часа.

Дистиллированная вода.

I кругъ; ср. скор. = 88 см.	№ корня . .	I	II	III	IV	V	VI	
	Реакція . .	+	+	+	+	0	—	
	Уголъ изгиба	15°	40°	20°	30°	0°	15° (конч.)	

II кругъ: ср. скор. = 44 см.	№ корня . . VII VIII IX X XI XII
	Реакція . . 0 + + + 0 +
	Уголъ изгиба 0° 30° 25° 20° 0° 35° ср. уг. = + 17°.

Изъ 12-и корней — 8 положительных изгибовъ; 3 прямо; 1 отрицательный весьма слабый.

Слѣдующіе затѣмъ опыты производились въ аппаратъ моемъ и если не всегда въ водопроводной водѣ получалась ясно отрицательная реакція, то зато никогда не было хорошей положительной реакціи подобно тому, какъ въ дистиллированной водѣ. Рис. VIII и IX на табл. I наглядно указываютъ намъ разницу реакціи въ названныхъ двухъ средахъ.

Опытъ 22.

2 рядомъ поставленные клиностата А и В.

Темп. = 11,5° С. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту. Время = 24 часа.

А. Дистиллированная вода.

Табл. I, рис. VIII.

№ корешка . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Реакція . . .	+	—	+	+	+	+	+	+
Уголъ изгиба .	25°	10°	15°	55°	30°	40°	35°	15° (конч.)
Прирость . .	9 mm.	9	8	12	11	12	9	6

№ корешка . .	IX	X	XI	XII
Реакція . . .	+	+	+	+
Уголъ изгиба .	40°	40°	45°	20° ср. уг. = + 29°.
Прирость . .	10	7	7	7 ср. пр. = 8,9 mm.

Какъ видно на рисункѣ, отрицательное отклоненіе корня № II незначительно, точно также реакція у VIII корня неясная (кончикъ даетъ положит. изгибъ), но вообще мы имѣемъ очень хорошую положительную реакцію.

В. Водопроводная вода.

№ корня . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Реакція . .	0	0	+	—	+	—	+	—	—	+	—	0
Уголъ изгиба	0°	0°	20°	10°	20°	10°	30°	15°	10°	15°	15°	0° ср. уг. = + 2°.
Прирость .	8 mm.	8	9	7	8	11	11	5	8	...	7	5 ср. пр. = 7,9 mm.

Изъ 12-и корешковъ 3 остались прямо; 4 положительныхъ и 5 отрицательныхъ изгибовъ, но надо замѣтить, что отклоненія отъ вертикальной линіи, какъ въ ту, такъ и въ другую сторону незначительны.

Опытъ 23.

2 клиностата А и В.

Темп. = 11,8° С. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту. Время = 14 часовъ.

А. Дистиллированная вода.

(*) Звѣздочкой обозначены обезглавленные корни.

№ корня . .	I*	II*	III*	IV	V	VI	VII*	VIII*	IX*	X	XI	XII
Реакція . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уголъ изгиба	28°	20°	75°	5°	40°	20°	60°	30°	30°	5°	10°	15° ср. уг. = + 28°.
Прирость . .	6 mm.	6	6	6	7	...	8	...	6	6	...	...

У послѣднихъ 2-хъ корней (XI и XII) а также и у IV и X слабый положительный изгибъ. Вообще хорошая положительная реакція.

В. Водопроводная вода.

(Табл. I, рис. IX.)

№ корня . .	I*	II*	III*	IV	V	VI	VII*	VIII*	IX*	X	XI	XII
Реакція . .	+	0	0	0	—	0	0	0	—	0	0	+
Уголъ изгиба	10°	0°	0°	0°	20°	0°	0°	0°	20°	0°	0°	15° ср. уг. = — 1°.
Прирость .	4 mm.	4,5	4	5	4	4	1	3	6	4	4	4 ср. пр. = 4,0 mm.

Изъ 12-и корешковъ 2 реагировало положительно, но только одинъ (XII) — ясно; 2 дали легкіе отрицательные изгибы; вообще реакціи никакой.

Такимъ образомъ хорошая положительная реакція для корешковъ *Lupinus albus* получается въ дистиллированной водѣ; въ водопроводной же водѣ или не получается никакой реакціи или скорѣе отрицательная реакція.

Такъ какъ для сравненія дѣйствія различныхъ растворовъ всегда ставился параллельный опытъ съ дистиллированной водою, то у меня такимъ образомъ получилась огромная масса опытовъ надъ корнями *Lupinus albus* въ дистиллированной водѣ; всѣхъ я не списывалъ, но отмѣчу еще слѣдующіе рисунки, отмѣчающіе реакціи корешковъ названнаго растенія въ дистиллированной водѣ. Табл. I, рис. X и XII; табл. II, рис. I; табл. III, рис. IV и XV.

Болѣе подробно будетъ объ этихъ опытахъ ниже вмѣстѣ съ параллельными опытами.

Опыты съ корнями *Ricinus communis*.

Объектомъ похожимъ на *Lupinus albus* по своей реакціи въ водопроводной водѣ является *Ricinus communis*, который также далъ намекъ на отрицательную реакцію. Newcombe (l. c. таблица на стр. 12) называетъ его нечувствительнымъ къ реотропизму, но въ моихъ опытахъ въ распыленной водѣ удавалось получить изгибы въ сторону тока воды.

Опытъ 24.

Аппаратъ Juell'a на клиностатѣ. Скорость 88—44—22 см. въ 1 минуту.
Темп. = 17° С.

Водопроводная вода.

Табл. I, рис. XIII.

№ корня . .	I кругъ.					II кругъ.				III кругъ.	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Реакція . .	0	—	0	—	0	0	—	0	0	—	—
Уголъ изгиба	0° 30"	0° 30"	0° 25"	0°	0°	0° 40"	0°	0°	0°	25° 30"	ср. уг. = — 14°.

Изъ 11-и корешковъ 6 осталось прямо, а 5 дало отрицательные изгибы.

Въ дистиллированной водѣ получилась реакція неясная, но скорѣе положительная; къ сожалѣнію, мнѣ не удалось повторить этого опыта.

Вліяніе примѣсей къ водѣ.

Вліяніе солей.

Разница, какая замѣчается въ реакціи реотропизма въ дистиллированной и водопроводной водѣ, наталкиваетъ насъ на мысль, что дѣйствующимъ факторомъ являются тѣ химическія вещества, какія растворены въ водопроводной водѣ и поэтому ближайшей задачей моей было изучить вліяніе примѣсей различныхъ солей на ходъ реакціи реотропизма. Но прежде, чѣмъ приступить къ изученію дѣйствія отдѣльных солей я наблюдалъ вліяніе такой сложной среды, составъ которой извѣстенъ и въ которой растенія растутъ вполне хорошо; такой является Кноповская питательная среда.

Предварительный опытъ 25.

2 клиностата А и В. Темп. = 12,6° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин.
Время = 6 часовъ. Объекты: *Lupinus albus* и *Vicia sativa*.

А. Дистиллированная вода. В. Кноповскій растворъ¹⁾ 2,15 grm. солей на 1 литръ.

По истеченіи 6 часовъ въ дистиллированной водѣ ясная положительная реакція, какъ у *Lupinus*, такъ и у *Vicia*; въ Кноповскомъ же растворѣ реакціи никакой. Приростъ не измѣрялся.

Такъ какъ сильная концентрація раствора можетъ вредно отозваться на ростѣ корешкомъ, то въ слѣдующихъ опытахъ я взялъ уже болѣе слабую концентрацію Кноповскаго раствора.

1) Кноповъ. Versuchst. 1884. Bd. 30, p. 293.

Опытъ 26.

2 клиностата А и В. Темп. = 11,8° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин.
Время 24 часа. Объекты: *Lupinus albus*.

Въ дистиллированной водѣ уже послѣ 5-и часовъ было видно хорошую положительную реакцію, въ Кноповскомъ растворѣ никакой.

А. Дистиллированная вода.

Табл. I, рис. X.

№ корня . .	I*	II*	III*	IV	V	VI	VII*	VIII*	IX*	X	XI	XII*
Реакція . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
Уголъ изгиба	35°	30°	40°	25°	40°	35°	50°	20°	25°	0°	60°	50°
Приростъ .	4 mm.	4	6	6,5	7	7	4	4	5	4	10	4
												ср. пр. = 5,4 mm.

В. Кноповскій растворъ. 1,07 grm. солей на 1 литръ воды.

Табл. I, рис. XI.

№ корня .	I	II	III*	IV*	V*	VI*	VII	VIII*	IX*	X*	XI*	XII
Реакція .	—	—	0	—	—	—	—	—	0	—	—	—
Уголъ изгиба	20°	35°	0°	15°	30°	20°	20°	25°	0°	10°	20°	20°
Приростъ .	10 mm.	6	7	6	6	7	8	12	6	6	7	7
												ср. уг. = — 18°.
												ср. пр. = 7,3 mm.

Такимъ образомъ въ дистиллированной водѣ получилась прекрасная положительная реакція; въ Кноповскомъ же растворѣ корешки реагировали отрицательно, изгибаясь слабо въ направленіи теченія воды.

Такихъ опытовъ я повторилъ нѣсколько съ различными объектами.

Опытъ 27.

2 клиностата А и В. Темп. = 14,2°—14,8° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 минуту. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Табл. II, рис. I.

№ корня . .	I	II*	III*	IV*	V	VI
Реакція . .	+	+	+	+	+	+
Уголъ изгиба	15°	50°	30°	25°	20°	40°
Приростъ . .	10 mm.	11	9	9	9	9
						ср. уг. = + 30°.
						ср. пр. = 9,5 mm.

В. Кноповскій растворъ. 1 gm. солей въ 1 литръ воды.

Табл. II, рис. II.

№ корня . . .	I*	II*	III*	IV*	V	VI
Реакція . . .	—	+	—	—	—	—
Уголъ изгиба .	15°	10°	40°	15°	30°	40° ср. уг. = —22°.
Прирость . . .	13 mm.	15	9	14	11	18 ср. пр. = 13,3 mm.

И здѣсь, какъ въ предыдущемъ опытѣ, въ Кноповскомъ растворѣ получается отрицательная реакція, а въ дистиллированной водѣ положительная; причемъ прирость въ Кноповскомъ растворѣ идетъ гораздо лучше.

Опытъ 28.

2 клиностата А и В. Темп. = 11,8° С. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту. Время 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

№ корня .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Реакція .	+	+	0	+	+	0	0	+	+	+	+	(—) ¹⁾
Прирость .	4 mm.	5	4	7	4	4	3	4	3	5	3	4 ср. пр. = 4,2 mm.

В. Кноповскій растворъ. 1 gm. солей на 1 литръ воды.

№ корня .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Реакція .	—	0	0	—	(+)	0	—	0	—	0	+	0
Прирость .	7 mm.	6	6	7	7,5	6	3	8	6	6	7	5 ср. пр. = 2,6 mm.

Въ Кноповскомъ растворѣ положительной реакціи нѣтъ, а нѣкоторые корни дѣлаютъ ясные отрицательные изгибы.

Опытъ 29.

2 клиностата А и В. Темп. = 12,8° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 минуту. Время 24 часа. Объектъ: *Phaseolus multiflorus*.

А. Дистиллированная вода.

Табл. II, рис. XI.

№ корня .	I*	II	III	IV*	V	VI*	VII	VIII*	IX	X*	XI	XII*
Реакція . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уголъ изгиба	70°	35°	70°	40°	40°	70°	30°	65°	30°	60°	55°	40° ср. уг. = +50°.
Прирость .	6 mm.	...	...	...	8	...	...	...	5	...	...	... ср. пр. = 6,3 mm.

Къ сожалѣнію, большинство мѣтокъ на корняхъ стерлось и прирость была замѣчена только на 3-хъ объектахъ.

1) Знакъ, поставленный въ скобкахъ, обозначаетъ весьма слабый изгибъ не больше 10°.

В. Кноповскій растворъ. 1 gm. солей въ 1 литръ воды.

Табл. II, рис. XII.

№ корня . .	I*	II*	III	IV	V*	VI*	VII	VIII*	IX	X	XI*	XII
Реакція . .	—	+	0	+	+	+	+	+	+	0	+	0
Уголъ изгиба	15°	15°	0°	20°	20°	20°	15°	15°	15°	0°	15°	0° ср. уг. = +10°.
Прирость .	10 mm.	5	6	6	9	...	7	8	7	7	10	... ср. пр. = 7,5 mm.

Хотя и въ Кноповскомъ растворѣ реакція положительная, но очень слабая; на рисункѣ наглядно видна разница: въ то время, какъ въ дистиллированной водѣ кончикъ корня иногда приближается къ горизонтали, въ Кноповскомъ растворѣ изгибы представляютъ лишь слабое отклоненіе отъ вертикальной линіи.

Опытъ 30.

2 клиностата: А съ дистиллированной водой и В съ Кноповскимъ растворомъ. Темп. = 15,4° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время = 20 час. Объектъ: *Vicia sativa*.

Въ сосудѣ А послѣ 4-хъ часовъ получилась у всѣхъ корешковъ прекрасная положительная реакція; въ сосудѣ В никакихъ слѣдовъ.

По истеченіи 7-и часовъ въ сосудѣ В первые слѣды положительной реакціи. Послѣ 20-и часовъ положительная реакція ясная, но гораздо слабѣе выраженная, чѣмъ въ сосудѣ А.

Прирость въ А: 5 mm., 11, 7, 7, 5 ср. пр. = 7 mm.

„ „ В: 14 mm., 12, 9, 10, 8, 10 ср. пр. = 10,5 mm.

Опытъ 31.

2 клиностата А и В. Темп. = 11,8° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

А. Въ дистиллированной водѣ всѣ корешки дали хорошую положительную реакцію.

В. Въ Кноповскомъ растворѣ большинство росло прямо, на нѣсколькихъ корешкахъ получился очень слабо замѣтный изгибъ положительный, 2 корешка дали слабый отрицательный изгибъ.

Прирость не опредѣлялся.

Послѣ этихъ опытовъ съ Кноповскимъ растворомъ былъ произведенъ рядъ опытовъ надъ примѣсами отдѣльныхъ солей къ дистиллированной водѣ. Вниманіе мое прежде всего остановили азотнокислыя соли К и Na.

Опытъ 32.

Клиностатъ. Темп. = $13,4^{\circ}$ — $15,5^{\circ}$ С. Скорость = 50—70 мм. въ 1 мин.
Время = 23 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

Растворъ KNO_3 . 1:1000 = 0,1%.

Таблица II, рис. III.

№ корня .	I	II*	III*	IV*	V	VI	VII*	VIII*	IX*	X	XI	XII
Реакція .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Уголь изгиба	15°	75°	20°	40°	60°	70°	25°	30°	35°	25°	20°	35° ср. уг. = — 32°.
Прирость .	7 mm.	...	6	5	5	...	5	3	3	4	5	5 ср. пр. = 4,8 mm.

Этотъ результатъ, гдѣ получалась ясная отрицательная реакція, заставилъ меня обратить особенное вниманіе на дѣйствіе калиевой селитры въ растворѣ. Дальнѣйшіе опыты не подтвердили этого результата; реакція получилась не исполнѣ ясная. Я повторилъ еще нѣсколько разъ эти опыты съ растворомъ такой же концентраціи, а также съ растворами болѣе крѣпкими и болѣе слабыми.

Опытъ 33.

2 клиностата А и В. Темп. = $10,8$. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту.
Время 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

В. Растворъ KNO_3 . 1:1000 = 0,1%.

Таблица II, рис. VII.

№ корня .	I	II*	III*	IV	V*	VI	VII*	VIII	IX*	X	XI	XII	
Реакція . .	—	+	—	0	—	—	—	+	+	+	0	—	
Уголъ изгиба	20°	15°	10°	0°	10°	20°	15°	15°	10°	5°	0°	5°	ср. уг. = —2°
Прирость .	3 mm.	4	3	3	3	3	2	4	3	3	3	3	ср. пр. = 3,1 mm.

Реакція неясная, какъ видно на рисункѣ, изгибы очень слабые, почти никакой реакціи нѣтъ; ростъ сильно задержанъ.

А. Дистиллированная вода.

Въ дистиллированной водѣ реакція, какъ всегда — положительная; прирость не опредѣлялся.

Опытъ 34.

2 клиностата А и В. Темп. $11,2^{\circ}$ — $10,0^{\circ}$ С. Скорость 50—70 см. въ 1 мин.
Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

№ корня .	I	II*	III	IV**	V	VI*	VII	VIII*	IX	X*	XI	XII*	
Реакція .	+	+	+	—	+	+	+	0	+	+	+	+	
Уголъ изгиба	10°	30°	20°	10°	45°	45°	25°	0°	20°	40°	40°	20°	ср. уг. = + 24°.
Прирость .	7 mm.	9	6	8	9	4	6	6	5	6	6	6	ср. пр. = 6,5 mm.

В. Растворъ KNO_3 . 1:1000 = 0,1%.

№ корня .	I*	II	III*	IV	V*	VI	VII*	VIII	IX*	X	XI*	XII
Реакція .	0°	+	—	0	0	0	+	—	0	—	+	—
Уголь изгиба	0°	10°	10°	0°	0°	0°	5°	15°	0°	10°	15°	10° ср. уг. = —1°
Прирость .	2 mm.	3	3	3	5	2	3	2	3	3	3	3 ср. пр. = 2,9 mm.

Въ данномъ растворѣ KNO_3 отклоненія въ ту и другую сторону отъ вертикали самыя незначительныя; ростъ, какъ видно, сильно задержанъ.

Чтобы убѣдиться, насколько влияетъ концентрація раствора, я поставилъ одновременно 2 параллельныхъ опыта съ растворами различной концентраціи.

Опытъ 35.

2 клиностата А и В. Темп. = $13,4^{\circ}$ — $12,6^{\circ}$ С. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту. Время 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Растворъ KNO_3 . 1:500 = 0,2%.

Табл. II, рис. VIII.

№ корня .	I*	II*	III*	IV*	V	VI	VII*	VIII*	IX*	X	XI	XII
Реакція .	0	—	+	+	—	—	—	0	+	0	—	0
Уголь изгиба	0°	35°	20°	10°	15°	10°	15°	0°	20°	0°	15°	0° ср. уг. = —3°.
Прирость .	2 mm.	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	ср. пр. = 2,0 mm.

Какъ видно изъ рисунка, отклоненія незначительны. Ростъ чрезвычайно сильно задержанъ.

В. Растворъ KNO_3 . 1:2000 = 0,05%.

Табл. II, рис. V.

№ корня .	I	II*	III*	IV	V	VI	VII*	VIII*	IX*	X*	XI	XII
Реакція .	—	+	0	0	+	+	+	0	+	—	—	+
Уголь изгиба	15°	10°	0°	0°	65°	35°	25°	0°	20°	5°	10°	15° ср. уг. = +12°.
Прирость .	7 mm.	5	7	6	7	4	6	5	5	7	5	6 ср. пр. = 5,8 mm.

Хотя и въ 1-мъ и во 2-омъ случаѣ реакція неясная, но все-таки въ общемъ можно сказать, что въ 1-омъ опытѣ реакція и ростъ сильно задержаны,

и есть наметки на отриц. реакцию, а въ 2-омъ опытѣ 4 корешка уже реагировали вполне хорошо положительно.

Опытъ съ той же концентраціей KNO_3 повторенъ еще разъ.

Опытъ 36.

Клиностабъ. Темп. = $12,6^{\circ}$ — $12,2^{\circ}$ С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время = 22 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

Растворъ KNO_3 . 1:2000 = 0,05 %.

Табл. II, рис. VI.

№ корня .	I*	II*	III	IV	V*	VI*	VII	VIII	IX	X*	XI*	XII*	
Реакція .	—	—	—	+	+	—	—	0	+	+	+	+	
Уголь изгиба	15°	20°	10°	30°	30°	20°	30°	0°	15°	25°	25°	30°	ср. уг. = +5°.
Приростъ .	4 mm.	4	5	7	7	3	6	7	4	4	4	...	ср. пр. = 5,0 mm.

Результатъ похожій на предыдущій: нѣсколько слабо выраженныхъ положительныхъ изгибовъ и почти столько же слабыхъ отрицательныхъ.

Кромѣ *Lupinus albus* изслѣдовалось еще вліяніе растворовъ селитры на реотропизмъ корней *Phaseolus multiflorus* и *Vicia sativa*.

Опытъ 37.

2 клиностаба А и В. Темп. = $15,6^{\circ}$ — 16° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время 22 часа. Объектъ: *Phaseolus multiflorus*.

А. Дистиллированная вода.

№ корня . .	I*	II*	III	IV*	V*	VI	VII*	VIII	IX	
Реакція . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Уголь изгиба	40°	60°	40°	25°	25°	35°	50°	40°	25°	ср. уг. = + 38°.
Приростъ . .	8 mm.	15	8	12	13	7	...	10	6	ср. пр. = 9,9 mm.

Въ дистиллированной водѣ получилась прекрасная положительная реакція.

В. Растворъ KNO_3 . 1:1000 = 0,1 %.

Табл. II, рис. XIII.

№ корня . .	I	II	III*	IV	V	VI*	VII	VIII*	IX*	X	XI*	
Реакція . .	+	+	+	+	—	+	—	—	—	+	—	
Уголь изгиба	25°	25°	10°	30°	5°	20°	15°	15°	25°	5°	30°	ср. уг. = + 2°.
Приростъ . .	8 mm.	2	4	6	5	5	3	5	5	7	5	ср. пр. = 5,0 mm.

Реакція получается неясная: отчасти положительная, отчасти отрицательная.

Опытъ 38.

2 клиностаба А и В. Темп. = $13,2^{\circ}$ — $14,2^{\circ}$ С. Скорость 50—70 см. въ 1 мин. Время 20 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

А. Дистиллированная вода.

№ корня .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Реакція .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Уголь изгиба	50°	35°	50°	55°	40°	35°	20°	30°	25°	30°	30°	30°	ср. уг. = +36°.
Приростъ .	3 mm.	3	3	3	5	...	5	5	6	8	4	4	ср. пр. = 4,5 mm.

Прекрасная положительная реакція.

В. Растворъ KNO_3 . 1:1000 = 0,1 %.

Табл. II, рис. IV.

№ корня .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Реакція .	—	0	0	—	0	+	0	—	—	+	—	0
Уголь изгиба	20°	0°	0°	20°	0°	25°	0°	5°	5°	10°	5°	0° ср. уг. = —2°.
Прирость .	... 2 mm.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	... 2	ср. пр. = 2,0 mm.

Реакція неясная; ростъ задержанъ.

Чтобы дальше выяснитъ вопросъ, который изъ двухъ іоновъ въ селитрѣ К или NO_3 оказываетъ задерживающее дѣйствіе на ходъ реотропической реакціи, я поставилъ 2 параллельныхъ опыта: въ одномъ растворъ $NaNO_3$ и въ другомъ KCl , притомъ взяты были растворы изосмотическіе.

Опытъ 39.

2 клиностаба А и В. Темп. = $16,6^{\circ}$ — $15,4^{\circ}$ С. Скорость = 50—70 см. въ 1 минуту. Время 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Растворъ $NaNO_3$. 0,085 %.

Табл. II, рис. IX.

№ корня .	I*	II	III*	IV	V	VI	VII*	VIII*	IX*	X	XI	XII	
Реакція .	+	+	+	0	+	+	+	0	+	+	—	—	
Уголь изгиба	40°	25°	10°	0°	20°	25°	40°	0°	35°	30°	45°	45°	ср. уг. = + 11°.
Приростъ .	8 mm.	6	6	5	6	6	11	5	6	8	8	7	ср. пр. = 6,8 mm.

Изъ 12 корешковъ 8 положительныхъ изгибовъ, 2 отрицательные и 2 прямо.

В. Растворъ KCl. 0,074 %.

Табл. II, рис. X.

№ корня .	I*	II*	III	IV	V	VI*	VII	VIII*	IX	X*	XI	XII
Реакція .	—	—	—	—	—	0	—	0	—	—	0	0
Уголъ изгиба	35°	20°	10°	25°(к.)	30°	0°	40°	0°	20°	20°	0°	0°
Прорость .	3 mm.	3,5	5	4	4	...	5	4	3	4	6	6

ср. уг. = —17°.

ср. пр. = 4,3 mm.

Итакъ, въ 1-омъ случаѣ преобладаетъ положительная, во второмъ, хотя слабая, но отрицательная реакція; на основаніи этого, а также предыдущихъ опытовъ съ растворами KNO_3 можно бы подумать, что соли калия производятъ специфическое вліяніе на реакцію реотропизма, задерживая положительную реакцію и порою вызывая даже отрицательную.

Опытъ 40.

2 клинотата А и В. Темп. = 18° С. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту. Время 20 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

А. Дистиллированная вода.

Всѣ корешки реагировали хорошо, за исключеніемъ одного.

Прирость = 12 mm., 7, 8, 11, 11, 8, 7; ср. пр. = 9,1 mm.

В. Растворъ KCl. 1:1000 = 0,1 %.

Реакціи почти никакой, всѣ корни остаются прямыми, лишь иногда незначительно уклоняясь отъ вертикальной линіи, какъ въ одну, такъ и въ другую сторону (3 отрицательныхъ изгиба немного яснѣе замѣтны).

Прирость = 2 mm., 2, 2, 1,5, 2, 2, 1,5, 2, 2; ср. пр. = 1,9 mm.

Такимъ образомъ присутствіе въ водѣ соли KCl 0,1 % задержало, какъ ростъ, такъ и реотропическую реакцію.

Съ солями кальція были произведены 2 опыта только качественного характера.

Опытъ 41.

2 клинотата А и В. Темп. = 11,6° С. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту. Время 22 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Реакція положительная была замѣтна послѣ 3-хъ часовъ; по истеченіи 22 часовъ ясная полож. реакція у всѣхъ корешковъ за исключеніемъ одного.

Замѣченный прирость: 8 mm., 10, 9, 9, 7, 4, 5; ср. пр. = 7,4 mm.

В. Растворъ гипса ($CaSO_4 + 2H_2O$).

Дистиллированная вода взбалтывалась долго съ довольно значительнымъ количествомъ гипса, а затѣмъ гипсъ осѣдалъ на дно, такимъ образомъ получался растворъ, насыщенный гипсомъ. Такъ какъ растворимость гипса при 18° С. = 1 часть на 386 ч. воды, то растворъ нашъ приблизительно содержалъ 0,2 % гипса.

Изъ 12-и корешковъ только 3 дали слабую положительную реакцію, остальные росли прямо.

Прирость: 8 mm., 3, 6, 7, 8, 5, 6, 6, 9, 6; ср. пр. = 6,4 mm.

Опытъ 42.

2 клинотата А и В. Темп. = 11,8°—11,4°. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту. Время 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Хорошая положительная реакція.

В. Дист. вода съ небольш. колич. $Ca(NO_3)_2$.

Изъ 12-и корешковъ 7 прямо; 3 положит. слабо и 2 отрицат. слабо.

Прирость не опредѣлялся.

Изъ этихъ опытовъ можно вывести заключеніе, что, вообще, примѣсь солей кальція задерживаетъ реакцію реотропизма.

Вліяніе кислотъ.

Такъ какъ кислая реакція сильно дѣйствуетъ на ростъ корней и вообще на жизнь растенія, то я пользовался главнымъ образомъ слабыми растворами органическихъ кислотъ лимонной и яблочной, которыя прибавлялись къ дистиллированной водѣ.

Опытъ 43.

Клинотатъ. Темп. = 12°—12,4° С. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту. Объектъ: *Lupinus albus*.

Растворъ лимонной кислоты $C_3H_4(OH)_3(CO_2H)_3$ 1:1000 = 0,01 %.

Табл. III, рис. I.

Уже послѣ 4-хъ часовъ всѣ корешки безъ исключенія (12 штукъ) повернулись ясно въ сторону теченія воды; послѣ 18-и часовъ реакція осталась

такой же; ткань корешковъ была повреждена кислотой. Прироста не получилось никакого. Половина корешковъ была обезглавлена; одинаково реагировали, какъ цѣльные, такъ и обезглавленные корешки. На рисункѣ изображены 2 такихъ корешка, причемъ одинъ съ обрѣзанной верхушкой на разстояніи 1 мм. Остальные корешки не срисовывались, такъ какъ изгибъ у всѣхъ корешковъ былъ почти идентичный.

Этотъ опытъ привелъ къ довольно неожиданному результату; онъ показалъ, что вліяніе кислотъ какъ будто ускоряетъ дѣйствіе реотропической реакціи, но такъ какъ въ данномъ опытѣ кислота губительно подѣйствовала на испытуемые объекты, то я рѣшилъ взять болѣе слабую кислоту — яблочную и притомъ въ болѣе разбавленныхъ растворахъ.

Опытъ 44.

2 клиностата А и В. Темп. = 18° С. Скорость 50—70 см. въ 1 минуту. Время 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Табл. III, рис. IV.

№ корня .	I*	II*	III	IV	V*	VI	VII*	VIII*	IX	X*	XI	XII
Реакція .	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+
Уголъ изгиба	70°	70°	45°									
Прирость .	15 mm.	14	11	10	13	22	9	13	15	26	14	25

ср. пр. = 15,5 mm.

На рисункѣ изображены только 3 первые корешка (I—III) для сравненія съ реакціей въ яблочной кислотѣ.

В. Яблочная кислота $C_2H_3(OH)(CO_2H)_2$. Растворъ 1:50000 = 0,002 %.

Табл. III, рис. II.

№ корня .	I*	II*	III*	IV*	V*	VI	VII	VIII	IX*	X*	XI	XII*
Реакція .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уголъ изгиба	70°	40°	50°	45°	65°	90°	80°	65°	60°	50°	50°	40°
Прирость .	2 mm.	2	2	2	2	1	2	2	1	1	4	1

ср. уг. = +59°.

ср. пр. = 1,8 mm.

Первое наблюденіе по истеченіи 3-хъ часовъ показало, что въ дистиллированной водѣ не было никакой реакціи въ то время, какъ въ яблочной кислотѣ у всѣхъ корешковъ безъ исключенія отчетливо выступали положительные изгибы. Послѣ 20-и часовъ реакція осталась по прежнему и корешки сильно пострадали. Хотя ростъ былъ задержанъ, но въ началѣ наблюдался небольшой прирость.

Опытъ 45.

2 клиностата А и В. Темп. = 17,6° С. Скорость 50—70 см. въ 1 мин. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Табл. I, рис. XII.

№ корня .	I*	II	III*	IV*	V	VI*
Реакція .	+	+	+	+	+	+
Уголъ изгиба .	70°	60°	70°	60°	55°	60°
Прирость .	25 mm.	13	28	16	19	19

ср. уг. = + 62°.

ср. пр. = 20,0 mm.

Прекрасная положительная реакція.

В. Яблочная кислота $C_2H_3(OH)(CO_2H)_2$. Растворъ 1:100000 = 0,001 %

Табл. III, рис. III.

№ корня .	I*	II	III*	IV	V	VI*
Реакція .	—	—	+	—	+	+
Уголъ изгиба .	30°	90°	45°	50°	40°	65°
Прирость .	11 mm.	8	12	9	11	12

ср. уг. = —3°.

ср. пр. = 10,5 mm.

Такимъ образомъ прирость при болѣе слабой концентраціи получается болѣе значительный въ сравненіи съ предыдущимъ опытомъ, хотя по сравненію съ ростомъ въ дистиллированной водѣ, онъ является значительно задержаннымъ.

Окончательная реакція и въ ту и другую сторону. Послѣ 3-хъ часовъ болѣе отчетливо выступали только отрицательные изгибы; послѣ 8-и часовъ появились и положительные.

Опытъ 46.

2 клиностата А и В. Темп. = 17,8° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

А. Дистиллированная вода.

Табл. III, рис. VIII.

Въ дист. водѣ всѣ 6 корней реагировали вполне хорошо положительно, какъ всегда.

Прирость = 18 mm., 18, 17 и 16 ср. пр. = 17,2 mm.

Углы изгиба достигаютъ иногда 90°.

В. Яблочная кислота $C_2H_3(OH)(CO_2H)_2$. Растворъ 1:50000 = 0,002 %.
Табл. III, рис. VII.

Всѣ 6 корешковъ дали положительный изгибъ гораздо раньше, чѣмъ въ дистиллированной водѣ; послѣ 3-хъ часовъ реакція вполне отчетливая и съ теченіемъ времени не измѣняется.

Приростъ: 0,5 mm., 1, 0,5, 1, 1, 1 ср. пр. = 0,8 mm.

Ростъ задержанъ. По окончаніи опыта корешки испорчены.

Опытъ 47.

2 клинотата А и В. Темп. = 17,5° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин.
Время = 20 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

А. Дистиллированная вода.

Табл. III, рис. X.

Реакція положительная у всѣхъ 7-и взятыхъ корешковъ.

Приростъ = 17 mm., 18, 15, 16, 16, 20, 20 ср. пр. = 17,4 mm.

В. Яблочная кислота $C_2H_3(OH)(CO_2H)_2$. Концентрація 1:100000 = 0,001 %.
Табл. III, рис. IX.

Реакція положительная у всѣхъ корешковъ; появляется немного скорѣе, чѣмъ въ дистиллированной водѣ; послѣ 3-хъ часовъ ясно видна.

Приростъ = 2 mm., 1, 2, 2, 2, 2, 2 ср. пр. = 1,9 mm.

Такимъ образомъ прибавленіе яблочной кислоты въ растворахъ 0,002 % и 0,001 % ускоряютъ появленіе положительной реакціи у корешковъ *Vicia sativa*, хотя задерживаетъ сильно ростъ. Первая концентрація сразу отражается на корешкахъ вредно.

Имѣя дальше въ виду, что кислоты ускоряютъ появленіе реакціи реотропизма, а въ опытахъ съ *Lupinus albus* въ водопроводной водѣ получалась часто отрицательная реакція, я подумалъ, нельзя ли вызвать и въ водопроводной водѣ положительной реакціи, если мы ее немножко подкислимъ, но такимъ образомъ, чтобы это не могло въ значительной мѣрѣ отразиться на корняхъ. Поэтому я прибавилъ къ водопроводной водѣ нѣсколько капель соляной кислоты HCl, такъ что лакмусовая бумажка не показывала замѣтной кислотности.

Опытъ 48.

2 клинотата А и В. Темп. = 18,2° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин.
Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Водопроводная вода.

Табл. III, рис. VI.

№ корня . .	I*	II*	III	IV	V	VI	VII*	VIII*	IX*	X*
Реакція . .	—	—	—	0	—	—	—	+	+	—
Уголъ изгиба	50°	55°	45°	0°	30°	25°	35°	40°	40°	30° ср. уг. = —19°.
Приростъ . .	24 mm.	19	15	23	18	21	22	28	27	22 ср. пр. = 21,9 mm.

Нарисованы только корни I, II, III и V. Корень IV слабо повернуть въ отрицательную сторону. Изъ 10-и корней 7 ясныхъ отрицательныхъ изгибовъ, 2 — положительныхъ.

В. Водопроводная вода + нѣсколько капель HCl.

Табл. III, рис. V.

№ корня .	I*	II	III*	IV	V*	VI*	VII*	VIII	IX	X	XI*
Реакція .	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+
Уголъ изгиба	35°	30°	10°	60°	35°	65°	45°	55°	25°	45°	35° ср. уг. = —32°.
Приростъ .	10 mm.	10	15	8	14	15	11	13	13	10	12 ср. пр. = 11,9 mm.

Изъ 11-и корней 9 реагировало отрицательно, а только 2 положительно, причемъ 1 слабо. Такимъ образомъ слабое подкисленіе водопроводной воды соляной кислотой не повліяло на ходъ реакціи реотропизма, зато сильно задержало ростъ, такъ что приростъ въ водѣ неподкисленной былъ почти вдвое больше, чѣмъ въ водѣ подкисленной.

Въ той же самой подкисленной водѣ былъ произведенъ затѣмъ опытъ съ корешками *Vicia sativa*.

Опытъ 49.

Клинотатъ. Темп. = 18,8° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 минуту.
Время = 24 часа. Объектъ: *Vicia sativa*.

Водопроводная вода + нѣсколько капель HCl.

Табл. III, рис. XI.

Какъ видно изъ рисунка изъ 6-и корешковъ 4 реагировало ясно положительно, а 2 почти не реагировали. Приростъ не былъ опредѣленъ.

Углы изгиба: + 60°, + 35°, + 30°, 0° (кончикъ + 25°), + 25°, 0°. ср. уг. = + 25°.

Послѣ этого предварительнаго опыта, выясниваго, что ничтожное прибавленіе HCl замедляетъ сильно ростъ, какъ это мы видѣли у корешковъ *Lupinus albus*, были поставлены опыты съ опредѣленнымъ количествомъ соляной кислоты, конечно, весьма слабой концентраціи.

Опытъ 50.

2 клиностата А и В. Темп. 20° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 минуту.
Время = 16 часовъ. Объектъ: *Phaseolus multiflorus*.

А. Дистиллированная вода.

№ корня . . .	I*	II*	III	IV*	V	VI	
Реакція . . .	+	+	+	+	+	+	
Приростъ . . .	14 mm.	6	10	8	10	12	ср. пр. = 10,0 mm.

В. Соляная кислота HCl. Концентрація: 0,0002 %.

Табл. III, рис. XII.

№ корня . . .	I*	II*	III*	IV	V*	VI	
Реакція . . .	+	+	+	+	+	+	
Уголъ изгиба . . .	90°	60°	65°	85°	70°	65°	ср. уг. = + 72°.
Приростъ . . .	3 mm.	4	3	4	3	4	ср. пр. = 3,5 mm.

Въ соляной кислотѣ, какъ видно на рисункѣ, получилась рѣзко выраженная положительная реакція; эти изгибы появились раньше, чѣмъ у объектовъ въ чистой дистиллированной водѣ. Не смотря на слабую концентрацію кислоты, получилась сильная задержка роста.

Опытъ 51.

Клиностантъ. Темп. = 20,4° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 минуту.
Время = 22 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

Соляная кислота HCl. Концентрація: 0,00015 %.

Всѣ безъ исключенія корешки дали прекрасную положительную реакцію.
Приростъ не былъ опредѣленъ.

Вышеприведенные опыты показываютъ намъ весьма интересный фактъ, что кислоты обладаютъ какимъ-то специфическимъ свойствомъ ускорять реакцію реотропизма. При дѣйствіи солей мы видѣли, что вмѣстѣ съ задержкою роста, задерживается и ходъ реакціи; кислоты же дѣйствуютъ наоборотъ, усиливаютъ реакцію, не смотря на задержку, а иногда даже на отсутствіе прироста. Притомъ корешки растений, какъ мы видѣли, являются весьма чувствительными къ самымъ незначительнымъ примѣсямъ въ водѣ. Даже такія концентраціи, которыя почти не поддаются химическому анализу, ясно дѣйствуютъ на реакцію корешковъ, погруженныхъ въ струю движущейся воды.

Вліяніе щелочей.

Для предварительной оріентировки къ дистиллированной водѣ было прибавлено немножко амміака такъ, чтобы вода имѣла слабо щелочную реакцію и въ этой водѣ былъ произведенъ опытъ съ корешками *Lupinus albus* и *Vicia sativa*; но реакціи не послѣдовало никакой; повидимому, былъ взятъ слишкомъ щелочной растворъ. Изъ опытовъ надъ водными культурами растений извѣстно, что щелочная реакція является болѣе губительной для растенія, чѣмъ кислая. Въ виду этого я рѣшилъ примѣнять слабыя щелочи, а главнымъ образомъ углекислый калий K_2CO_3 .

Для сравненія я прежде всего произвелъ опытъ съ растворомъ кислой соли угольной кислоты съ кислымъ углекислымъ калиемъ $KHCO_3$, чтобы затѣмъ уже перейти къ растворамъ щелочныхъ солей.

Опытъ 52.

2 клиностата А и В. Темп. = 18° С. Скорость отъ 50—70 см. въ 1 мин.
Время = 16 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Положительная реакція. Приростъ не былъ опредѣленъ.

В. Растворъ $KHCO_3$. 1:1000 = 0,1 %.

Табл. II, рис. XIV.

№ корня . . .	I*	II*	III	IV	V*	VI	VII*	VIII*	IX*	X	XI*	XII	
Реакція . . .	—	+	+	+	+	0	+	+	0	—	—	0	
Уголъ изгиба . . .	10°	35°	8°	20°	15°	0°	15°	20°	0°	10°	20°	0°	ср. уг. = + 6°.
Приростъ . . .	7 mm.	7	13	9	7	13	7	11	7	10	9	8	ср. пр. = 9,0 mm.

Какъ видно на рисункѣ, только 4 корешка изъ 12-и дали ясную положительную реакцію, 3 реагировали отрицательно, хотя слабо, остальные мало отклонились отъ вертикальной линіи. Вообще прибавленіе соли какъ будто подавляетъ чувствительность къ реотропической реакціи.

Точно такой неопредѣленный отвѣтъ получился въ слѣдующемъ опытѣ съ корешками: *Vicia sativa*.

Опытъ 53.

Клиностантъ. Темп. = 18,2° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 минуту.
Время = 18 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

Растворъ KHSO_3 . 1:1000 = 0,1 %.

Изъ 6-и корешковъ 2 дали ясную отрицательную реакцію, 2 слабую положительную и 2 остались прямо.

Приростъ былъ опредѣленъ у 3-хъ корешковъ = 8 mm. (—), 11 (+), 10 mm. (+) ср. пр. = **9,7 mm.**

Опытъ 54.

2 клинотата А и В. Темп. = 18° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Положительная реакція.

Приростъ: 9 mm., 13, 12, 10, 14, 12 ср. пр. = **11,6 mm.**

В. Растворъ KHSO_3 . 1:5000 = 0,02 %.

Таблица II, рис. XV.

№ корня .	I	II*	III	IV*	V*	VI	VII	VIII*	IX	X*	XI*	XII*
Реакція .	+	+	—	+	+	+	+	+	—	+	+	—
Уголъ изгиба	85°	55°	15°	40°	30°	50°	30°	45°	30°	70°	35°	15°
Приростъ .	... 10 mm.	10	12	...	17	16	...	...	16	...	...	...
												ср. пр. = 13,5 mm.

Какъ видно на рисункѣ, въ общемъ итогъ получается хорошая реотропическая реакція, хотя есть и 3 отрицательныхъ изгиба, но форма ихъ дѣлаетъ впечатлѣніе, какъ будто корешокъ стремится дальше сдѣлать изгибъ въ сторону положительную. Въ приростъ при данной концентраціи уже нѣтъ разницы по сравненію съ дистиллированной водой.

Рядъ слѣдующихъ опытовъ былъ произведенъ съ различными концентраціями K_2CO_3 .

Опытъ 55.

2 клинотата А и В. Темп. = 18,6° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Положительная реакція.

Приростъ 18 mm., 18, 14, 18, 16, 15, 10, 20 ср. пр. = **16,1 mm.**

В. Растворъ K_2CO_3 1:1000 = 0,1 %

Реакціи никакой.

Приростъ = 1,5, 1,5, 1, 1,5, 1, 1, 1, 1 ср. пр. = **1,1 mm.**

Опытъ 56.

2 клинотата А и В. Темп. = 18,6° С. Скорость отъ 50—70 см. въ 1 мин. Время = 24 часа. Объектъ: *Vicia sativa*.

А. Дистиллированная вода.

Положительная реакція.

Приростъ: 6 mm., 8, 10, 7, 8, 10, 7 ср. пр. = **8,0 mm.**

В. Растворъ K_2CO_3 1:1000 = 0,1 %.

Никакой реакціи.

Приростъ: 1 mm., 2, 1,5, 1,5, 1, 1, 1,5, 1,5, 1,5 ср. пр. = **1,4 mm.**

Опытъ 57.

2 клинотата А и В. Темп. = 17,6° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время = 24 часа. Объектъ: *Vicia sativa*.

А. Дистиллированная вода.

Положительная реакція.

Приростъ: 8 mm., 8, 11, 10, 6, 8 ср. пр. = **8,5 mm.**

А. Растворъ K_2CO_3 1:2000 = 0,05 %.

Никакой реакціи.

Приростъ: 1 mm., 2, 2,5, 2,5, 3, 4, 2, 2, 2 ср. пр. = **2,3 mm.**

Опытъ 58.

2 клинотата А и В. Темп. = 18,4° С. Скорость 50—70 см. въ 1 мин. Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Положительная реакція.

Приростъ 10 mm., 11, 14, 19, 11, 16, 11 ср. пр. = **13,1 mm.**

В. Растворъ K_2CO_3 1:3000 = 0,033 %.

Реакція никакой.

Прирость = 5 mm., 7, 4, 5, 4, 5, 4, 5, 5, 4, 5, 4 ср. пр. = 4,7 mm.

Въ сравненіи съ опытомъ 55 при данномъ растворѣ прирость уже гораздо лучше, хотя онъ хуже, чѣмъ въ дистиллированной водѣ, и реакція подавлена.

Опытъ 59.

2 клиностата А и В. Темп. = 18,2° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 минуту. Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Реакція положительная.

Прирость: 16 mm., 21, 20, 16, 26, 20, 30 ср. пр. = 21,3 mm.

В. Растворъ K_2CO_3 1:9000 = 0,011 %.

Реакція положительная, но немного хуже, чѣмъ въ дистиллированной водѣ.

Прирость: 17 mm., 16, 20, 15, 18, 16, 16 ср. пр. = 16,8 mm.

Для проверки тотъ же опытъ былъ еще разъ повторенъ.

Опытъ 60.

2 клиностата А и В. Темп. = 17,8° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

А. Дистиллированная вода.

Реакція положительная.

Прирость: 13 mm., 20, 19, 9, 24, 11 ср. пр. = 16,0 mm.

В. Растворъ K_2CO_3 1:9000 = 0,011 %.

Реакція положительная, но хуже и идетъ медленнѣе, чѣмъ въ дистиллированной водѣ.

Прирость: 18 mm., 16, 11, 10, 8, 12 ср. пр. = 12,5 mm.

Изъ этихъ опытовъ видно, что щелочи, прибавленныя къ водѣ, не проявляютъ такого специфическаго дѣйствія по отношенію къ реотропизму, какъ

кислоты: даже слабыя концентрации отзываются вредно и даже совершенно задерживаютъ реакцію реотропизма, какъ напр. K_2CO_3 въ концентраціи выше 0,03%. Болѣе слабыя концентрации немного задерживаютъ ходъ реакціи, не измѣняя ея по существу.

Вліяніе скорости теченія.

Вліяніе скорости теченія на ходъ реотропической реакціи довольно обстоятельно выяснено въ работахъ Juel'a¹⁾ и Newcombe'a²⁾. Поэтому я сдѣлалъ лишь нѣсколько повѣрочныхъ опытовъ, интересуясь главнымъ образомъ вопросомъ, будетъ ли разница въ реакціи корешковъ *Lupinus albus* въ водопроводной и дистиллированной водѣ и при быстромъ движеніи воды такая же, какъ при медленномъ движеніи. Для опытовъ сосудъ типа Juel'a ставился на горизонтальный дискъ, вращающійся на вертикальной оси, приводимой въ быстрое вращательное движеніе посредствомъ воздушнаго мотора. Сосудъ совершалъ приблизительно 1 оборотъ въ секунду, развивая скорость въ разныхъ своихъ отдѣленіяхъ отъ 80 см. до 26 см. въ 1 секунду, т. е. отъ 4800 см. — до 1560 см. въ 1 минуту.

Опытъ 41.

Приборъ Juel'a. Моторъ. Скорость: 1 оборотъ въ секунду. Темп. = 18° С. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

Дистиллированная вода.

Таблица III, рис. XIII.

Скорость движенія въ 1 секунду.	№ корня.	Реакція.
80—57 см.	I	—10°; конч. = —30°
" "	II	—10°; " = —35°
" "	III	—10°; " = —30°
" "	IV	—5°; " = —40°
" "	V	—10°; " = —35°
" "	VI	—10°; " = +20°

1) Juel l. c. (15). P. 513—518.

2) Newcombe l. c. (16). P. 263—271.

Скорость движения въ 1 секунду.	№ корня.	Реакція.
58—42 см.	VII	— 5°; конч. = —15°
" "	VIII	— 5°; " = +35°
" "	IX	—20°;
" "	X	—15°; " = +80°
" "	XI	—15°; " = +90°
" "	XII	—10°; " = +45°
36—26 см.	XIII	конч. = —25°
" "	XIV	" = +50°
" "	XV	" = +85°
" "	XVI	" = +90°
" "	XVII	" = +75°

Результатъ получился почти идентичный, какъ у Juel'a, вполне подтверждающій его наблюденія. Въ I-омъ кругѣ (наружномъ), гдѣ развивается самая большая скорость — всѣ корешки повернуты въ отрицательную сторону, хотя у VI кончикъ направленъ противъ теченія. Во II-омъ кругѣ, хотя всѣ корешки въ верхнихъ частяхъ слабо наклонены въ отрицательную сторону, кончики четырехъ изъ нихъ дали положительную реакцію. Наконецъ, въ III-емъ внутреннемъ сосудѣ корешки растутъ въ верхнихъ частяхъ прямо, а кончики ихъ, за исключеніемъ одного, направлены противъ теченія.

Опытъ 62.

Приборъ Juel'a. Моторъ. Скорость = 1 оборотъ въ 1 секунду. Темп. = 17,5°. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

Водопроводная вода.

Таблица III, рис. XIV.

Скорость теченія въ 1 секунду.	№ корня.	Уголъ изгиба.	Приростъ.
80—57 см.	I	—35°	15 mm.
" "	II	—30°	10 "
" "	III	+5° конч. —15°	11 "
" "	IV	—20°	15 "
" "	V	—30°	12 "
" "	VI	—15°	14 "

Скорость теченія въ 1 секунду.	№ корня.	Уголъ изгиба.	Приростъ.
58—42 см.	VII	—10°	10 mm.
" "	VIII	—15°	7 "
" "	IX	—12°	17 "
" "	X	—10°	...
" "	XI	—20°	...
" "	XII	—35°	...
36—26 см.	XIII	+10°	...
" "	XIV	— 8°	...
" "	XV	—25°	...
" "	XVI	—25°	...
" "	XVII	—20°	...
" "	XVIII	—20°	...
		ср. уг. = —18°.	ср. пр. = 12,3 mm.

Такимъ образомъ почти всѣ корешки дали отрицательную реакцію. Желая выяснитъ, зависитъ ли это отъ чисто механическаго изгиба при быстромъ движеніи воды или же отъ свойствъ водопроводной воды (такъ какъ подобную реакцію мы встрѣчали при болѣе медленномъ движеніи воды на клиннотатѣ) я поставилъ подобный же опытъ и въ дистиллированной водѣ.

Опытъ 63.

Приборъ Juel'a. Моторъ. Скорость = 1 оборотъ въ 1 секунду. Темп. = 16° С. Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

Дистиллированная вода.

Табл. III, рис. XV.

Часть корешковъ (Ia, IIa, IIIa и т. д.) была заключена въ стекляныя трубочки, изъ которыхъ выставлялся наружу только кончикъ.

Скорость теченія въ 1 секунду.	№ корня.	Уголъ изгиба.
80—57 cm.	I	+20°
" "	Ia	+80°
" "	II	+30°
" "	IIa	+90°
" "	III	+65°
" "	IIIa	конч. +40°
" "	IV	+8°
" "	IVa	+25°
" "	V	+45°
" "	Va	+30°
" "	VI	+15°
" "	VIa	+22°
57—42 cm.	VII	+20°
" "	VIIa	+70°
" "	VIII	+45°
" "	VIIIa	+40°
" "	IX	+20°
" "	IXa	+25°
" "	X	+40°
" "	Xa	+50°
" "	XI	+20°
" "	XIa	+60°
" "	XII	+20°
" "	XIIa	+80°
36—26 cm.	XIII	0°
" "	XIV	+20°
" "	XV	-20°
" "	XVI	0°
" "	XVII	+10 конч. -30°
" "	XVIII	+40°
		ср. уг. = +34°

Такимъ образомъ при такомъ же быстромъ движеніи воды, какъ въ предыдущемъ опытѣ, но въ дистиллированной водѣ корешки дали ясную положительную реакцію притомъ, какъ заключенные въ трубки съ выставленнымъ кончикомъ, такъ и тѣ, вся растущая поверхность которыхъ подвергалась дѣйствию воды.

Кромѣ этихъ опытовъ былъ сдѣланъ еще опытъ съ болѣе медленнымъ движеніемъ на клиностанѣ, когда сосудъ дѣлалъ 1 оборотъ въ 15 минутъ.

Опытъ 64.

Аппаратъ Juel'a. Клиностанъ. Темп. = 18° С. Скорость = 1 оборотъ въ 15 минутъ. Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

Водопроводная вода.

I кругъ. Скорость движенія 5—3,5 см. въ 1 сек.	II кругъ. Скорость движенія 3,5—2 см. въ 1 сек.	III кругъ. Скорость движенія 2—1,2 см. въ 1 сек.
I —	VII —	XIII 0
II 0	VIII 0	XIV —
III —	IX —	XV —
IV —	X 0	XVI 0
V 0	XI 0	XVII —
VI 0	XII 0	XVIII 0

У большинства никакой реакціи нѣтъ; отклоненія отъ вертикали слабыя и только отрицательныя.

Вышеприведенные опыты показываютъ, что химическій составъ воды имѣетъ гораздо большее вліяніе на ходъ реакціи реотропизма, чѣмъ скорость теченія воды. Такъ напр. водопроводная вода по сравненію съ дистиллированной проявляетъ одинаковое вліяніе на чувствительность корешковъ *Lupinus* къ реотропизму при самыхъ различныхъ скоростяхъ.

Вліяніе температуры.

Систематическихъ изслѣдованій надъ вліяніемъ температуры на ходъ реакціи реотропизма я не производилъ; но такъ какъ опыты производились въ разное время года и въ помѣщеніи съ различной температурой, то у меня получились кое-какія данныя, позволяющія имѣть извѣстное общее представленіе о данномъ вопросѣ. Изслѣдователи тропизмовъ вообще, и реотропизма въ

частности старались производить свои опыты при температурѣ наиболѣе благоприятной для роста растенія. Такъ Juel¹⁾ производилъ опыты при температурѣ отъ 20°—23° С. (чаще всего при 22° С.), Newcombe²⁾ работалъ при болѣе различныхъ температурахъ отъ 16°—28° С., хотя большинство опытовъ тоже поставлено при температурахъ выше 20° С. (20°—24° С.).

Большинство опытовъ Berg'a³⁾ было произведено въ тѣхъ же предѣлахъ температурныхъ колебаній отъ 18°—27° С. Однако Berg обратилъ также вниманіе на вліяніе болѣе низкихъ температуръ и сдѣлалъ наблюденіе, что при 7° С. большинство взятыхъ объектовъ не реагировало вовсе или реагировало отрицательно, при темп. 12° С. уже появлялась положительная реакція, но большинство объектовъ давало еще отрицательную реакцію. При болѣе высокой температурѣ выше 16° С. тѣ же объекты давали въ большинствѣ случаевъ положительную реакцію.

Часть моихъ опытовъ была поставлена при комнатной температурѣ, которая колебалась отъ 16°—20° С. (чаще всего 17°—18° С.).

Послѣ констатированія факта вліянія примѣсей химическихъ веществъ на ходъ реакціи, я опасался, не находится ли реакція подѣ вліяніемъ лабораторнаго воздуха, особенно свѣтильнаго газа, который, какъ констатировано многими изслѣдователями, отражается въ высокой степени на ростѣ растений. Поэтому я перешелъ со своими опытами въ помещеніе музея, гдѣ не было газа и воздухъ былъ гораздо чище лабораторнаго; однако въ зимніе мѣсяцы температура была невысокая и колебалась отъ 10°—15° С. (чаще всего около 12° С.). Предварительные опыты показали, что, по крайней мѣрѣ для избранныхъ мною объектовъ: *Lupinus albus*, *Vicia sativa* и *Phaseolus multiflorus* такая сравнительно низкая температура нисколько не мѣшаетъ ходу реакціи реотропизма въ качественномъ отношеніи. Вопреки показаніямъ Berg'a, для своихъ объектовъ я получалъ вполне ясную реотропическую реакцію и въ температурѣ ниже 12° С.

Послѣ ряда опытовъ при такой низкой температурѣ и затѣмъ болѣе высокой около 18° С. въ лѣтніе мѣсяцы, я поставилъ два опыта въ комнатѣ съ постоянной температурой и при болѣе высокой температурѣ воды въ 25° С. Но результатъ этихъ опытовъ показалъ, что, по крайней мѣрѣ для *Lupinus albus*, высокая температура вовсе не оказываетъ вліянія на улучшение реакціи реотропизма, а скорѣе наоборотъ; при болѣе высокой температурѣ и усиленномъ ростѣ — реакція реотропизма выступаетъ неясно, такъ какъ тогда выступаютъ ясныя разныя нутаціонныя движенія въ сторону.

1) I. с. (15).

2) I. с. (16).

3) I. с. (14).

Опытъ 65.

2 клинотата А и В съ дистиллированной и водопроводной водой. Темп. = 25° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Объектъ: *Lupinus albus*.

Результатъ. По истеченіи 24 часовъ никакой ясной реакціи; какъ въ одномъ, такъ и въ другомъ приборѣ есть слабые изгибы, какъ положительные, такъ и отрицательные.

Опытъ 66.

2 клинотата А и В. Темп. = 25° С. Скорость = 50—70 см. въ 1 мин. Объектъ: *Vicia sativa*.

А. Дистиллированная вода.

Табл. III, рис. XVII.

№ корня .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Реакція .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уголъ изгиба	50°	35°	40°	50°	40°	40°	35°	30°	65°	30°	40°	25°

ср. уг. = + 40°.

В. Водопроводная вода.

Табл. III, рис. XVI.

№ корня .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Реакція .	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+
Уголъ изгиба	50°	35°	55°	30°	20°	30°	70°	30°	30°	40°	20°	50°

ср. уг. = + 35°.

Какъ въ водопроводной, такъ и въ дистиллированной водѣ при данной температурѣ долго не видно было никакой реакціи; по истеченіи 8-и часовъ она еще не обнаружилась. Послѣ 24 часовъ получилась ясная положительная реакція, но въ водопроводной водѣ 1 корешокъ повернулся въ отрицательную сторону.

Такимъ образомъ для корней *Vicia sativa* при болѣе высокой температурѣ, повидимому, скрытое время реакціи, является болѣе продолжительнымъ; быть можетъ, вслѣдствіе быстрого роста, изгибы, носящіе здѣсь характеръ дугообразныхъ линій, не выделяются для невооруженнаго глаза сразу такъ рѣзко, какъ это мы видимъ при болѣе низкой температурѣ.

Реотропическая реакція и ростъ.

Такъ какъ всѣ вообще тропизмы тѣсно связаны съ ростомъ растенія и тамъ, гдѣ нѣтъ роста, нѣтъ обыкновенно никакой реакціи, то я старался вездѣ во всѣхъ опытахъ точно опредѣлять приростъ корешковъ во время опыта.

Соответствующие цифры приведены выше. Постараемся сопоставить результаты средних цифр прироста корней в различной среде в связи с реотропической реакцией:

Дистиллированная (D) и Водопроводная (B) вода.

Опыт 18.

Опыт 22.

Опыт 23.

Vicia sativa.

Lupinus albus.

Lupinus albus.

T. = 16,8° C. Вр. = 22 ч. T. = 11,5° C. Вр. = 24 ч. T. = 11,8° C. Вр. = 14 ч.
D. B. D. B. D. B.
ср. пр. = 6,7 mm. 6,4 mm. ср. пр. = 8,9 mm. 7,9 mm. ср. пр. = 6,5 mm. 4,0 mm.

Эти опыты показывают, что в дистиллированной воде, по сравнению с водопроводной прирост немного лучше, хотя разница небольшая; реакция же, как мы видели, в дистиллированной воде гораздо лучше, чем в водопроводной.

Дистиллированная вода (D) и Кноповский раствор (K)

Опыт 26.

Опыт 27.

Lupinus albus.

Lupinus albus.

Темп. = 11,8° C. Время = 24 час. Темп. = 14,2°—14,8° C. Время = 20 час.
D. K. D. K.
ср. пр. = 5,4 mm. 7,3 mm. ср. пр. = 9,5 mm. 13,3 mm.

Опыт 29.

Опыт 28.

Phaseolus multiflorus.

Lupinus albus.

Темп. = 12,8° C. Время = 24 час. Темп. = 11,8° C. Время = 20 час.
D. K. D. K.
ср. пр. = 6,3 mm. 7,5 mm. ср. пр. = 4,2 mm. 6,3 mm.

Таким образом в Кноповском растворе во всех случаях прирост был гораздо лучше, чем в дистиллированной воде, тем не менее реотропическая реакция у названных объектов, как мы выше видели, в Кноповском растворе была задержана; как будто, чем-то подавлена.

Желая еще точнее выяснить это соотношение между приростом в дистиллированной воде и в Кноповском растворе с одной стороны и реотропической реакцией с другой стороны, я постарался одновременно на приблизительно одинаковом материале при одинаковой температуре измерить прирост в сосудах с дистиллированной водой и Кноповским раствором

в неподвижном состоянии и в сосудах с теми же жидкостями, движущимися на клиностате и вызывающими в погруженных корешках реотропическую реакцию. Объектом опыта были избраны корешки *Vicia sativa*. Часть корешков была, как обыкновенно, помещена в аппараты, приводимых в движение клиностатом, часть же помещалась в рядом стоящих стеклянных кюветах так, чтобы нижняя часть была погружена в испытываемую жидкость. Смядоли были обернуты влажной ватой, кюветы были поставлены на тарелках с водой и прикрыты стеклянными колпачками. Черные цилиндры защищали аппараты от влияния света. Результат получился следующий.

Опыт 67.

Объект: *Vicia sativa*. Темп. 16,2°—17,2° C.

A. 2 кюветы с дистиллированной водой (D) и Кноповским раствором (K).

Время = 22 часа.

D.		K.	
Первонач. длина корня.	Прирост.	Первонач. длина корня.	Прирост.
45 mm.	14,5 mm.	30 mm.	4 mm.
26 "	4 "	52 "	9 "
49 "	14 "	36 "	11 "
31 "	13 "	45 "	13 "
47 "	7 "	34 "	11 "
		45 "	16 "
ср. дл. = 39,6 mm.; ср. пр. = 10,5 mm.		ср. дл. = 40,3 mm.; ср. пр. = 10,7 mm.	

B. 2 сосуда (аппарата Juel'a) на клиностате с дистиллированной водой (D) и Кноповским раствором (K). Время = 20 часов.

D.										
№ корня	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Первонач. длина	35 mm.	33	32	36	34	26	34	34	25	29
Прирост	11 mm.	11	9	11	10	8	10	12	8	11
Реакция	+	+	+	+	(+)	0	(+)	0	0	+
D.										
№ корня	XI	XII	XIII							
Первонач. длина	30	33	36	ср. дл. = 32,1 mm.						
Прирост	11	10	12	ср. пр. = 10,3 mm.						
Реакция	+	+	+							

Знак постановленный в скобках обозначает очень слабую реакцию.

К.

№ корня	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Первон. длина	30 mm.	41	36	41	33	33	30	35	32	42	31	34
Прирость	11 mm.	15	11	14	11	10	10	13	9	14	9	13
Реакція	+	0	...	+	+	+	+	...	+	+	+	(+)

№ корня . . . XIII XIV XV XVI XVII

Первон. длина 31 28 30 35 36; ср. дл. = 34 mm.

Прирость . . . 12 10 10 12 14; ср. пр. = 11,6 mm.

Реакція . . . + + + + +

Корни № III и VIII повернулись въ сторону. Окончательная реакція и въ одномъ и въ другомъ случаѣ положительная; но въ началѣ лучше реакція въ дистиллированной водѣ. Средній прирость въ Кноповскомъ растворѣ (11,6 mm.) лучше, чѣмъ въ дистиллированной водѣ (10,5 mm.), какъ въ сосудахъ съ движущейся водою, такъ и въ сосудахъ спокойно стоящихъ. Такъ какъ цифры, полученные изъ опытовъ съ клиностатомъ относятся къ 20 часамъ времени, то желая сравнить ихъ съ приростомъ въ неподвижной водѣ, который наблюдался послѣ 22 часовъ, нужно вычислить прирость за такое же время. Такимъ образомъ получится, что при наличности одинаковыхъ условій при одинаковой температурѣ и за одинаковый промежутокъ времени прирость корешковъ былъ въ среднемъ итогѣ: въ неподвижной водѣ D = 10,4 mm.; K = 10,7 mm., въ движущейся водѣ D = 11,3 mm. и K = 12,8 mm. Повидимому механическое раздраженіе, вызванное движеніемъ воды, дѣйствуетъ на корешки, погруженные въ воду, такимъ образомъ, что ускоряетъ ихъ ростъ, хотя разница получается незначительная.

Слѣдующій опытъ еще подтверждаетъ приведенныя выше общія данныя относительно разницы прироста корешковъ въ водѣ дистиллированной, водопроводной и Кноповскомъ растворѣ.

Опытъ 68.

3 сосуда съ неподвижно стоящей водою: въ I-омъ дистиллированная вода (D); въ II-мъ водопроводная (B) и въ III-мъ Кноповскій растворъ (K).

Темп. = 16,2 C. Время = 18 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

I D.

II B.

Первон. длина корней.	Прирость.	Первон. длина корней.	Прирость.
28 mm.	4 mm.	32 mm.	8 mm.
35 "	11 "	36 "	10 "
39 "	11 "	35 "	5 "
38 "	14 "	35 "	8 "
30 "	3 "	25 "	3 "
34 "	5 "	38 "	7 "
ср. дл. = 34,0 mm.: ср. пр. = 8,0 mm.		ср. дл. = 33,5 mm.: ср. пр. = 6,8 mm.	

III K.

Первон. длина корней.	Прирость.
35 mm.	9 mm.
44 "	11 "
36 "	8 "
40 "	10 "
34 "	9 "
38 "	11 "
ср. дл. = 37,8 mm.: ср. пр. = 9,7 mm.	

Наилучшій прирость получился въ Кноповскомъ растворѣ, затѣмъ въ дистиллированной водѣ и, наконецъ, въ водопроводной водѣ.

Дистиллированная вода и растворы солей.

Опытъ 32.

Темп. = 13,4°—15° C. Вр. = 23 ч.

Объектъ: *Lupinus albus*.

KNO₃ 0,1%

ср. пр. = 4,8 mm.

Опытъ 33.

Темп. = 10,8° C. Время = 24 ч.

Объектъ: *Lupinus albus*.

KNO₃ 0,1%

ср. пр. = 3,1 mm.

Опытъ 36.

Темп. = 12,6°—12,2° C. Время = 22 часа.

Объектъ: *Lupinus albus*.

KNO₃ 0,05%

ср. прир. = 5,0 mm.

ОПЫТЪ 34.

Темп. = $11,2^{\circ}$ — 10° С. Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*. Дистиллированная вода и растворъ KNO_3 .

D.	KNO_3 0,1%
ср. прир. = 6,5 mm.	ср. пр. = 2,9 mm.

ОПЫТЪ 35.

Темп. = $13,4^{\circ}$ — $12,6^{\circ}$ С. Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

KNO_3 0,2%	KNO_3 0,05%
ср. прир. = 2,0 mm.	ср. прир. = 5,8 mm.

ОПЫТЪ 38.

Темп. = $13,2^{\circ}$ — $14,2^{\circ}$ С. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

D.	KNO_3 0,1%
ср. прир. = 4,5 mm.	ср. прир. = 2,0 mm.

ОПЫТЪ 37.

Темп. = $15,6^{\circ}$ — 16° С. Время = 22 часа. Объектъ: *Phaseolus multiflorus*.

D.	KNO_3 0,1%
ср. прир. = 9,9 mm.	ср. прир. = 5,0 mm.

ОПЫТЪ 40.

Темп. = 18° С. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Vicia sativa*.

D.	KCl 0,1%
ср. прир. = 9,1 mm.	ср. прир. = 1,9 mm.

ОПЫТЪ 39.

Темп. = $16,6^{\circ}$ — $15,4^{\circ}$ С. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

NaNO_3 0,085%	KCl 0,074%
ср. прир. = 6,8 mm.	ср. прир. = 4,3 mm.

ОПЫТЪ 41.

Темп. = $11,6^{\circ}$ С. Время = 22 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

D.	$\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 0,2%
ср. прир. = 7,4 mm.	6,4 mm.

ОПЫТЪ 52.

Темп. = 18° С. Время = 16 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

KHCO_3 0,1%.
Ср. прир. = 9,0 mm.

ОПЫТЪ 54.

Темп. = 18° С. Время = 24 часа. Объектъ: *Lupinus albus*.

D.	KHCO_3 0,02%
ср. прир. = 11,6 mm.	ср. прир. = 13,5 mm.

Сопоставляя всё эти данныя, мы видимъ, что присутствіе нейтральныхъ солей, какъ KNO_3 , NaNO_3 , KCl, $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ или кислыхъ, какъ KHCO_3 , даже въ слабыхъ растворахъ отъ 0,2%—0,5% сильно задерживаетъ ростъ корешковъ по сравненію съ ихъ ростомъ въ дистиллированной водѣ и въ то же время парализуетъ реотропическую реакцію.

Дистиллированная вода и кислоты.

ОПЫТЪ 43.

Темп. = 12° — $12,4^{\circ}$ С. Время = 18 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

Лимонная кислота 0,01%.
Приростъ корней = 0.

ОПЫТЪ 44.

Темп. = 18° С. Время = 20 часовъ. Объектъ: *Lupinus albus*.

D.	Яблочная кислота 0,002%.
Ср. прир. = 16,5 mm.	Ср. прир. = 1,8 mm.

Опыт 45.

Темп. = 17,6° С. Время = 20 часов. Объект: *Lupinus albus*.

D. Яблочная кислота 0,001%.
Ср. прир. = 20,0 mm. Ср. прир. = 10,5 mm.

Опыт 46.

Темп. = 17,8° С. Время = 20 часов. Объект: *Vicia sativa*.

D. Яблочная кислота 0,002%.
Ср. прир. = 17,2 mm. Ср. прир. = 0,8 mm.

Опыт 47.

Темп. = 17,5° С. Время = 20 часов. Объект: *Vicia sativa*.

D. Яблочная кислота 0,001%.
Ср. прир. = 17,4 mm. Ср. прир. = 1,9 mm.

Опыт 48.

Темп. = 18,2° С. Время = 24 часа. Объект: *Lupinus albus*.

B. B + HCl.
Ср. прир. = 21,9 mm. Ср. прир. = 11,9 mm.

Опыт 50.

Темп. = 20° С. Время = 16 часов. Объект: *Phaseolus multiflorus*.

D. HCl 0,0002%.
Ср. прир. = 10,0 mm. Ср. прир. = 3,5 mm.

Приведенные цифры показывают, что в водѣ подкисленной незначительными количествами кислотъ ростъ былъ сильно задержанъ, порой совершенно прироста не наблюдалось, тѣмъ не менѣе положительная реакція выступала вездѣ гораздо яснѣе и скорѣе, чѣмъ вѣ дистиллированной водѣ.

Дистиллированная вода и щелочи.

Опыт 55.

Темп. = 18,6° С. Время = 24 часа. Объект: *Lupinus albus*.

D. K_2CO_3 0,1%.
Ср. прир. = 16,1 mm. Ср. прир. = 1,1 mm.

Опыт 56.

Темп. = 18,6° С. Время = 24 часа. Объект: *Vicia sativa*.

D. K_2CO_3 0,1%.
Ср. прир. = 8,0 mm. Ср. прир. = 1,4 mm.

Опыт 57.

Темп. 17,6° С. Время = 24 часа. Объект: *Vicia sativa*.

D. K_2CO_3 0,05%.
Ср. прир. = 8,5 mm. Ср. прир. = 2,3 mm.

Опыт 58.

Темп. = 18,4° С. Время = 24 часа. Объект: *Lupinus albus*.

D. K_2CO_3 0,033%.
Ср. прир. = 13,1 mm. Ср. прир. = 4,7 mm.

Опыт 59.

Темп. = 18,2° С. Время = 24 часа. Объект: *Lupinus albus*.

D. K_2CO_3 0,011%.
Ср. прир. = 21,3 mm. Ср. прир. = 16,8 mm.

Опыт 60.

Темп. = 17,8° С. Время = 20 часов. Объект: *Lupinus albus*.

D. K_2CO_3 0,011%.
Ср. прир. = 16,0 mm. Ср. прир. = 12,5 mm.

Цифры эти показывают, что в щелочномъ растворѣ, какимъ является растворъ поташа K_2CO_3 , даже вѣ слабой концентраціи 0,1% происходитъ сильная задержка роста и вѣ то же время парализуется реотропическая реакція.

Въ растворѣ 0,011% приростъ является еще приблизительно на $\frac{1}{4}$ меньше, чѣмъ вѣ дистиллированной водѣ, хотя реотропическая реакція получается вполне ясная; появленіе ея только замедляется по сравненію съ реакціей вѣ дистиллированной водѣ.

На основаніи всѣхъ этихъ приведенныхъ фактовъ различнаго прироста и различной реакціи вѣ зависимости отъ среды, вѣ которой производится опытъ

надъ реотропизмомъ корней, мы можемъ заключить, что хорошій приростъ не всегда сопровождается хорошей реакціей и обратно. Правда, нейтральныя и щелочныя соли, задерживая приростъ, парализуютъ реакцію, но зато въ кислой средѣ мы констатируемъ факты, что можетъ быть вполне ясная реакція безъ прироста или же съ сильно задержаннымъ ростомъ. По всей вѣроятности, эти положительные изгибы корней подъ влияніемъ кислотъ не принадлежатъ уже къ разряду реотропическихъ, такъ какъ сопровождаются сильнымъ поврежденіемъ корня. Но въ Кноповскомъ растворѣ мы опять видимъ среду, въ которой корни нѣкоторыхъ растеній (*Lupinus albus*, *Phaseolus multiflorus*) растутъ лучше, чѣмъ въ дистиллированной водѣ, но реагируютъ слабѣе.

Реотропизмъ обезглавленныхъ корней.

Juel¹⁾ показалъ, что корни съ обрѣзанными кончиками, по крайней мѣрѣ въ качественномъ отношеніи, одинаково реагируютъ реотропически, какъ и корни цѣльные. Опыты Newcombe²⁾ показали, что кончикъ корня также чувствителенъ къ реотропизму, и что чувствительная зона простирается дальше зоны наибольшаго прироста.

Мои опыты подтверждали съ одной стороны общіе выводы прежнихъ изслѣдователей въ этой области и съ другой стороны дали нѣкоторыя новыя данныя, касающіяся роли кончика корня въ процессъ реотропической реакціи.

Для выясненія роли кончика я, подобно тому какъ это дѣлалъ Newcombe, помещалъ испытуемые корешки въ стекляныя трубочки, изъ которыхъ выставлялся только кончикъ.

На рис. XV, табл. III изображенъ результатъ такого опыта. Въ приборѣ укрѣплялись одновременно по 2 корня; одинъ такъ, чтобы вся нижняя часть корня была погружена въ воду, другой заключался въ стеклянную трубочку, изъ которой выставлялся кончикъ не больше 1 mm. (Трубочки были немножко длиннѣе, чѣмъ показано на рисункѣ). Приборъ съ водою приводился въ вращеніе посредствомъ мотора такъ, что вода двигалась со скоростью отъ 80—26 см. въ секунду. Результатъ опыта показалъ, что какъ свободные, такъ и заключенные въ трубку корни дали вообще хорошую положительную реакцію. Предполагая, что давленіе воды на большую поверхность корня, должно вызвать болѣе сильную реакцію, я думалъ, что въ результатѣ получится, что уголъ отклоненія отъ вертикали у корней, вся нижняя часть которыхъ была погружена въ воду,

будетъ гораздо больше. Однако на первый взглядъ показалось, что корешки, заключенные въ трубочки, реагировали лучше.

Желая убѣдиться въ этомъ, я измѣрилъ углы изгиба у 24-хъ корешковъ двухъ наруженныхъ круговъ, гдѣ получилась безъ исключенія ясная положительная реакція и гдѣ были поставлены по 2 одинаковыхъ корешка въ одинаковыхъ условіяхъ. Результатъ получился слѣдующій:

Уголъ изгиба корней свободныхъ:	Уголъ изгиба корней въ трубочкахъ:
+29°.	+51°.

Этотъ странный на первый взглядъ результатъ, я думаю, можно объяснить себѣ тѣмъ, что, вѣроятно, корни заключенные въ трубочку, верхняя часть которой закрывалась влажной ватой, были поставлены въ лучшія условія снабженія водою, такъ какъ вся поверхность корня находилась во влажной средѣ, въ то время, какъ сосѣдніе съ ними корни, въ нижней своей части погруженные въ воду, въ верхней могли терять много влаги посредствомъ испаренія, хотя сѣмядоли и подеѣмядольное колѣно были прикрыты влажной ватой, и весь сосудъ съ водою прикрывался цинковой крышкой.

Въ своихъ опытахъ надъ реотропизмомъ въ большинствѣ случаевъ у половины корней, взятыхъ для опыта, я обрѣзывалъ кончикъ на разстояніи 1—1,5 mm. отъ верхушки, чтобы сравнить реакцію корней цѣльныхъ и декапированныхъ. Во всѣхъ вышеописанныхъ опытахъ послѣдніе обозначены звѣздочкой *. Общій результатъ получился тотъ, что у Juel'a, т. е., что корни съ обрѣзанными кончиками являются чувствительными по отношенію къ реотропизму наравнѣ съ цѣльными.

Но мнѣ удалось пойти еще дальше и изслѣдовать реакцію съ количественной стороны благодаря тому, что во многихъ опытахъ измѣрялся уголъ изгиба, такимъ образомъ получился довольно значительный матеріалъ для сравненія разницы въ реакціи цѣльныхъ и обезглавленныхъ корешковъ въ количественномъ отношеніи. Разсмотримъ сначала эти соотношенія въ тѣхъ случаяхъ, когда реотропическая реакція выступаетъ яснѣе всего, не задержанная влияніемъ химическихъ примѣсей, т. е. въ дистиллированной водѣ. Соотношенія эти видны изъ нижеслѣдующей таблицы X.

Такимъ образомъ во всѣхъ этихъ 7-и опытахъ за исключеніемъ одного угла отклоненія отъ вертикали у корешкомъ обезглавленныхъ является больше, чѣмъ у цѣльныхъ. Разница эта = 24°, 4°, 10°, 7°, 14° и 5°.

Единственнымъ исключеніемъ является только опытъ 34-й, гдѣ корни цѣльные дали на 6° уголъ больше, чѣмъ корни обрѣзанные. Но если мы разсмотримъ ближе этотъ опытъ, то мы увидимъ, что среди 12 корешковъ взятыхъ для опыта — 2 не реагировали (причемъ одинъ далъ даже слабый отрицательный изгибъ). Какъ разъ эти два корешка принадлежатъ къ обезглавленнымъ.

1) Juel. I. c. (15). P. 518—529.

2) Newcombe (16). I. c. 341—351. Newcombe. I. c. (17). P. 429—447.

Таблица X.

Дистиллированная вода.

№ опыта.	Объект.	Корни цѣльные.		Корни обезглавленные.	
		Ср. уголъ изгиба.	Ср. приростъ.	Ср. уголъ изгиба.	Ср. приростъ.
23	<i>Lupinus albus</i>	+16°	6,3 mm.	+40°	6,4 "
26	" "	+32°	6,9 "	+36°	4,4 "
27	" "	+25°	9,3 "	+35°	9,6 "
34*	" "	+27°	6,5 "	+21°	6,5 "
45	" "	+58°	16 "	+65°	22 "
29	<i>Phaseolus multiflorus</i> , . . .	+43°	6,5 "	+57°	6,0 "
37	" "	+35°	7,7 "	+40°	12 "

Если не будемъ разсматривать этихъ корешковъ, а это мы можемъ смѣло сдѣлать, такъ какъ при данныхъ условіяхъ опыта, отсутствіе реакціи свидѣтельствуетъ о какой-то ненормальности испытуемаго объекта, тогда получимъ средний уголъ реакціи для остальныхъ 4-хъ декапированныхъ корешковъ = 34° т. е. на 7° больше, чѣмъ у корешковъ цѣльныхъ.

Въ виду такого совпаденія цифръ, взятыхъ изъ многихъ опытовъ, поставленныхъ въ различное время при разныхъ температурахъ и съ 2-мя различными объектами, можно предполагать, что эти результаты носятъ не случайный характеръ, а являются слѣдствіемъ общаго правила.

Такимъ образомъ можно считать доказаннымъ, что корешки декапированные при наличности одинаковыхъ условій въ дистиллированной водѣ реагируютъ реотропически нѣсколько лучше, чѣмъ корешки цѣльные.

Результатъ этотъ зависитъ, повидимому, отъ взаимодѣйствія между реотропизмомъ и геотропизмомъ. Та реакція, какую мы наблюдаемъ въ видѣ изгиба, является равнодѣйствующей этихъ 2-хъ силъ, дѣйствующихъ въ противоположныя стороны. Такъ какъ кончикъ корня на разстояніи 2 mm. является особенно чувствительной зоной по отношенію къ геотропизму, то понятно, что когда мы обрѣжемъ этотъ кончикъ, мы сильно ослабляемъ вліяніе геотропизма, и тѣмъ яснѣе можетъ обнаружиться реотропическая реакція.

Болѣе сложными будутъ явленія тамъ, гдѣ кромѣ двухъ названныхъ факторовъ, выступаетъ еще третій въ видѣ химическаго вліянія примѣсей.

Этотъ факторъ, какъ мы видѣли, можетъ совершенно задержать ходъ реотропической реакціи, можетъ усилить ее или же можетъ заставить корешки сдѣлать отрицательный изгибъ.

Желая выяснитъ ближе роль кончика, гесп. значеніе операціи обезглавливанія на ходъ реакціи, я прежде всего обратился къ такимъ опытамъ, гдѣ мы подобно тому, какъ въ дистиллированной водѣ, имѣемъ ясно выраженную одностороннюю реакцію положительную или отрицательную; такой примѣръ мы имѣемъ въ дѣйствіи кислотъ на реотропическую реакцію.

Разсмотрѣвъ тѣ опыты съ кислотами, гдѣ опредѣлялся уголъ изгиба, мы получимъ результатъ слѣдующій.

Таблица XI.

Кислоты.

№ опыта.	Объект.	Среда.	Корни цѣльные.		Корни обезглавленные.	
			Ср. уголъ изгиба.	Ср. приростъ.	Ср. уголъ изгиба.	Ср. приростъ.
44	<i>Lupinus albus</i> . . .	Яблочн. кисл. 0,002%	+71°	2,2 mm.	+52°	1,6 mm.
50	<i>Phaseolus multiflorus</i>	HCl 0,002%	+75°	4 "	+71°	3,2 "
48	<i>Lupinus albus</i> . . .	Водопр. вода + HCl.	—43°	10,8 "	—22°	12,8 "

Къ сожалѣнію, мы имѣемъ только три опыта, гдѣ углы были точно измѣрены. Къ нимъ можно еще прибавить общее замѣчаніе при опытѣ 43-мъ съ растворомъ лимонной кислоты 0,01%, гдѣ было подмѣчено на глазъ, что цѣльные корешки дали болѣе крупные углы изгиба. Изъ этого опыта были срисованы 2 первые попавшіеся корешка; изъ нихъ одинъ цѣльный, другой обрѣзанный. Измѣреніе угловъ этихъ корней показало, что цѣльный корень далъ изгибъ + 70°, а обрѣзанный + 20°.

Такимъ образомъ во всѣхъ измѣренныхъ нами случаяхъ въ кислотахъ получается соотношеніе обратное, чѣмъ въ дистиллированной водѣ. Здѣсь цѣльные корни, повидимому, реагируютъ лучше, чѣмъ корни обрѣзанные.

Въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ корни *Lupinus albus* обыкновенно даютъ отрицательную реакцію, прибавленіе кислоты ускорило эту реакцію подобно тому, какъ кислота ускоряетъ положительную реакцію въ дистиллированной водѣ. Поэтому и результатъ опыта 48-го не противорѣчитъ общему правилу, хотя по отношенію къ положительной реакціи уголъ — 42° < — 22°, но мы разсматриваемъ только величину отклоненія отъ вертикали въ ту или другую сторону.

Мы должны допустить, что кислоты, ускоряя реотропическую реакцію, производятъ свое специфическое дѣйствіе прежде всего на самъ кончикъ корня, который чрезвычайно быстро реагируетъ, давая изгибъ. Нормальная реотропическая реакція въ дистиллированной водѣ длится сравнительно долго, и тогда только можетъ выразиться лучший результатъ изгиба корней обрѣзанныхъ въ

сравненіи съ цѣльными; при быстрой же реакціи подѣ влияніемъ кислотъ результатъ получается обратный.

Спрашивается теперь, является ли кончикъ корня болѣе чувствительнымъ въ сравненіи съ остальной частью только по отношенію къ кислотамъ или же вообще, что болѣе вѣроятно, по отношенію ко всѣмъ химическимъ воздѣйствіямъ.

Рѣшеніе этого вопроса довольно трудно, такъ какъ мы тутъ имѣемъ дѣло со многими неизвѣстными. Въ нормальномъ процессѣ реотропизма на корень дѣйствуютъ 3 фактора: 1) геотропизмъ, стремящійся удержать корешокъ въ вертикальномъ положеніи, 2) реотропизмъ, стремящійся согнуть корешокъ противъ теченія въ положительную сторону и 3) механическая сила воды, старающаяся согнуть корешокъ въ отрицательную сторону. Къ этимъ 3-мъ факторамъ мы присоединимъ еще 4-ый факторъ химическаго дѣйствія различныхъ веществъ.

Предположимъ, что 2 фактора геотропизмъ и механическое давленіе воды являются постоянными и не измѣняются во всѣхъ нашихъ опытахъ. Тогда силу реотропизма, дѣйствующую на извѣстный корешокъ можемъ называть опредѣленной силой, выражающейся отрѣзкомъ a .

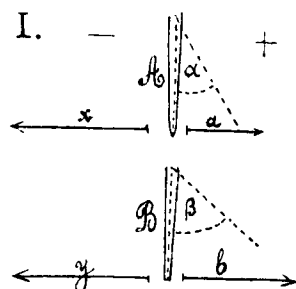


Рис. 6.

Сила эта, дѣйствуя на нормальный цѣльный корешокъ А, отклоняетъ его отъ вертикали въ положительную сторону, на уголъ α° . Такъ какъ сила реотропизма, дѣйствуя на корешокъ съ обрѣзанной верхушкой, какъ мы выше убѣдились, отклоняетъ его на больший уголъ, то мы выразимъ ее посредствомъ большаго отрѣзка b , который отклоняетъ обезглавленный корешокъ В на уголъ β° .

Введемъ теперь новую силу, какой является химическое дѣйствіе веществъ, которое во всѣхъ разсмотрѣнныхъ случаяхъ какъ нейтральныхъ, такъ и щелочныхъ солей, выражается главнымъ образомъ въ задержкѣ положительной реакціи, уменьшеніи положительнаго угла изгиба, сведеніи его на 0 или, въ крайнемъ случаѣ, въ отрицательномъ изгибѣ. Такимъ образомъ этотъ химическій факторъ мы можемъ представить себѣ въ видѣ неизвѣстной намъ силы, которая дѣйствуетъ въ сторону прямо противоположную силѣ реотропизма. Для выясненія роли кончика корня мы должны задать вопросъ, каковы будутъ силы дѣйствующія, какъ химическій факторъ, на кончикъ цѣльный и обрѣзанный — одинаковыя или неодинаковыя.

Такимъ образомъ мы имѣемъ слѣдующую механическую задачу.

На цѣльный корень А дѣйствуетъ въ одну сторону извѣстная сила a , которая отклоняетъ его отъ вертикали въ положительную сторону на уголъ α° , а въ противоположную отрицательную сторону дѣйствуетъ сила x ; точно также на обрѣзанный корень В съ одной стороны дѣйствуетъ сила b , отклоняющая его отъ

вертикали на уголъ β° , а въ противоположную сторону сила y . Спрашивается, какое будетъ соотношеніе между углами α_1 и β_1 , на которые будутъ отклонены корни А и В, когда къ нимъ кромѣ силъ a и b будутъ приложены противоположныя силы x и y .

Мы знаемъ такимъ образомъ, что $a < b$ и $\alpha^\circ < \beta^\circ$, причемъ α° и β° положительныя величины; спрашивается, какое будетъ соотношеніе между новыми углами α_1° и β_1° послѣ приложенія силъ x и y . Здѣсь мы можемъ различить 3 случая, когда $x = y$, когда $x > y$ и когда $x < y$.

Разсмотримъ каждый изъ этихъ случаевъ отдѣльно.

I. $x = y$.

- 1) Если $x < a$; то и $y < a$; тогда $\angle \alpha_1 = +$; $\angle \beta_1 = +$ причемъ $\alpha_1 < \beta_1$
- 2) Если $x = a$; то и $y = a$; тогда $\angle \alpha_1 = 0$; $\angle \beta_1 = +$
- 3) Если $x > a$; и $y < b$; тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\angle \beta_1 = +$
 „ и $y = b$; тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\angle \beta_1 = 0$
 „ и $y > b$; тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\angle \beta_1 = -$

Такимъ образомъ $\angle \alpha_1$ всегда будетъ меньше $\angle \beta_1$, причемъ если оба будутъ отрицательны, то абсолютная величина $\angle \alpha_1$ будетъ, конечно, больше абсолютной величины $\angle \beta_1$ и если послѣдній будетъ отрицательнымъ, то и первый будетъ отрицательнымъ; при отрицательномъ углу α_1 можетъ быть положительный уголъ β_1 , но обратнаго въ данномъ случаѣ быть не можетъ.

Одинаковыми оба углы не могутъ быть.

II. $x > y$.

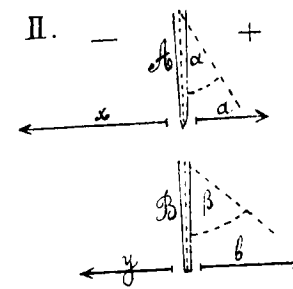


Рис. 7.

- 1) Если $x < a$, то и $y < a$, тогда $\angle \alpha_1 = +$; $\angle \beta_1 = +$
- 2) Если $x = a$, то и $y < a$, тогда $\angle \alpha_1 = 0$; $\angle \beta_1 = +$
- 3) Если $x > a$ и $y < a$, тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\angle \beta_1 = +$
 „ и $y = a$, тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\angle \beta_1 = +$
 „ и $y > a$ и
 „ „ $y < b$; тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\beta_1 = +$
 „ „ $y = b$; тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\beta_1 = 0$
 „ „ $y > b$; тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\beta_1 = -$

Результатъ тотъ, что и прежде, — углы будутъ всегда неодинаковы и всегда $\angle \alpha_1$ меньше $\angle \beta_1$, т. е. уголъ α_1 больше отклоняется въ отрицательную сторону, чѣмъ $\angle \beta_1$; если оба будутъ отрицательными, то абсолютная величина угла α_1 будетъ больше, чѣмъ угла β_1 . Разница между углами должна быть больше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ.

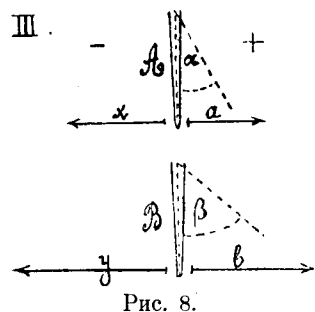
III. $x < y$.

Рис. 8.

- 1) Если $x < a$ и $y < a$; тогда $\angle \alpha_1 = +$; $\angle \beta_1 = +$
 „ $y = a$; тогда $\angle \alpha_1 = +$; $\angle \beta_1 = +$
 „ $y > a$ и $y < b$; тогда $\angle \alpha_1 = +$; $\angle \beta_1 = +$
 „ „ $y = b$; тогда $\angle \alpha_1 = +$; $\angle \beta_1 = 0$
 „ „ $y > b$; тогда $\angle \alpha_1 = +$; $\angle \beta_1 = -$
 2) Если $x = a$, то $y > a$; $y < b$; тогда $\angle \alpha_1 = 0$; $\angle \beta_1 = +$
 „ „ $y = b$; тогда $\angle \alpha_1 = 0$; $\angle \beta_1 = 0$
 „ „ $y > b$; тогда $\angle \alpha_1 = 0$; $\angle \beta_1 = -$
 3) Если $x > a$ и $y > a$ и $y < b$; тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\angle \beta_1 = +$
 „ „ $y = b$; тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\angle \beta_1 = 0$
 „ „ $y > b$; тогда $\angle \alpha_1 = -$; $\angle \beta_1 = -$

Этот третий случай представляет больше всего разнообразия. Здесь углы α_1 и β_1 могут быть одинаковыми и могут быть весьма различными, причем любой из 2-х углов может быть отрицательным или положительным. Если напр. $\angle \beta_1$ отрицательный, то $\angle \alpha_1$ может быть положительным, равняться нулю или быть отрицательным, между тем в 2-х предыдущих случаях при $\angle \beta_1 = -$, $\angle \alpha_1$ мог бы быть только отрицательным.

Перейдем теперь от этих теоретических соображений к практическим результатам наших опытов над углом реотропического изгиба под влиянием различных растворов солей у корней цѣльных и обезглавленных.

Конечно, цифрам, приводимым ниже, я приписываю только относительное значение, так как они зачастую являются результатом наблюдений лишь над несколькими корешками, где случайный изгиб одного корешка в противоположную сторону может сразу существенно изменить среднюю цифру реакции. Такие ошибки, как вообще во всех статистических методах можно бы уменьшить только при огромном количестве сделанных наблюдений; но и цифровой материал, доставленный моими опытами, хотя скудный, все-таки позволяет сделать кое-какие гипотетические выводы, относительно чувствительности кончика корня к химическим агентам.

Из таблицы XII мы видим, что в огромном большинстве случаев из 16-и опытов в 12-и получился угол $\alpha_1 < \beta_1$; т. е., что угол изгиба цѣльных корешков больше приближается к отрицательной стороне, чем угол изгиба обрѣзанных корешков, так что если оба угла положительны, то по абсолютной величине угол $\alpha_1 < \beta_1$, а если отрицательны, то по абсолютной величине $\alpha_1 > \beta_1$.

Только в 4-х опытах (обозначенных звездочкой *): в одном в водопроводной водѣ, где реакция вообще была весьма слабая, и в 3-х опытах в растворах селитры получились иные соотношения углов.

Таблица XII.

Реакция корней в растворах солей.

№ опыта.	Объект.	Среда.	Корни цѣльные.		Корни обезглавленные.	
			Ср. угол изгиба.	Ср. прирост.	Ср. угол изгиба.	Ср. прирост.
23*	<i>Lupinus albus</i>	Водопроводная вода	-1°	4,1 mm.	-2°	3,7 mm.
48	„	„	-25°	19,2 „	-15°	23,6 „
26	„	Кноповский раствор	-24°	7,7 „	-15°	7,1 „
27	„	„	-28°	14,3 „	-15°	12,3 „
29	<i>Phaseolus multiflorus</i>	„	$+8^\circ$	6,6 „	$+12^\circ$	8,4 „
32*	<i>Lupinus albus</i>	KNO_3 0,1%	-26°	5,2 „	-37°	4,4 „
33	„	KNO_3 0,1%	-3°	3,3 „	-2°	3 „
34	„	KNO_3 0,1%	-4°	2,6 „	$+2^\circ$	3,1 „
35 A*	„	KNO_3 0,2%	-8°	2 „	0°	2 „
35 B*	„	KNO_3 0,05%	$+15^\circ$	5,8 „	$+8^\circ$	5,8 „
36	„	KNO_3 0,05%	$+1^\circ$	5,8 „	$+8^\circ$	4,3 „
37*	<i>Phaseolus multiflorus</i>	KNO_3 0,1%	$+11^\circ$	5,1 „	-8°	4,8 „
39 A	<i>Lupinus albus</i>	NaNO_3 0,085%	$+1^\circ$	6,5 „	$+25^\circ$	7,2 „
39 B	„	KCl 0,074%	-18°	4,7 „	-15°	3,6 „
52	„	KHCO_3 0,1%	$+4^\circ$	10,6 „	$+9^\circ$	7,9 „
54	„	KHCO_3 0,02%	$+24^\circ$	14,3 „	$+37^\circ$	12,7 „

В некоторых опытах видно ясно, что данная цифра изгиба зависит от известной случайности. Так в опыт 32 с 0,1% раствором селитры KNO_3 из 12-и корешков *Lupinus albus* 11 дало ясную отрицательную реакцию а только 1 положительную; этот один корешок приходится на долю цѣльных, что значительно повлияло на уменьшение абсолютной величины отрицательного изгиба; если мы на основании подавляющего большинства корней реакцию будем считать ясно отрицательной, тогда мы можем положительного изгиба, как ненормального по неизвестным нам причинам, не принимать во внимание, тогда вместо -26° мы получим средний угол изгиба для остальных цѣльных корешков в нашем опыте -38° , и тогда результат опыта не будет противоречить результатам остальных опытов.

Таким образом, если не принимать во внимание этих нескольких исключений, для большинства случаев соотношение между углами α_1 и β_1 получается такое, какое может быть только в I-ом или II-ом из разобранных выше теоретических случаев, т. е. 1) химическое действие во время явления реотропизма оказывает одинаковое влияние, как на корни цѣльные,

такъ и на корни, лишенные кончика, или 2) дѣйствіе это на корешкахъ цѣльныхъ проявляется сильнѣе.

Но такъ какъ опыты съ дѣйствіемъ кислотъ показали, что тамъ кончикъ является какъ будто болѣе чувствительнымъ, чѣмъ остальная часть корня, а чувствительность корешка ко всѣмъ вообще химическимъ агентамъ, вѣроятно, подчинена одному общему правилу, то скорѣе слѣдуетъ принять второе предположеніе изъ 2-хъ приведенныхъ выше, что кончикъ корня является болѣе чувствительнымъ къ дѣйствію химическихъ веществъ въ той средѣ, въ которой онъ погруженъ, чѣмъ остальная часть корня.

Во всѣхъ вышеприведенныхъ таблицахъ наравнѣ съ углами изгиба я приводилъ еще и средній приростъ, какъ цѣльныхъ такъ обрѣзанныхъ корней, желая видѣть, не стоитъ ли количественная сторона реакціи въ зависимости отъ величины прироста корней. Изъ приведенныхъ цифръ видно, что иногда приростъ бываетъ одинаковъ, какъ для тѣхъ, такъ и другихъ корешковъ, иногда же различенъ, притомъ разъ бываетъ больше у цѣльныхъ, другой разъ у обезглавленныхъ корешковъ. Изъ 26-и опытовъ приведенныхъ на 3-хъ таблицахъ въ 14-и случаяхъ приростъ больше у корешковъ цѣльныхъ въ 10-и случаяхъ лучше росли корешки лишенные кончика, а въ 3-хъ случаяхъ и тѣ и другіе росли одинаково. Точно также разсмотрѣніе этихъ таблицъ показываетъ, что и величина угла изгиба не стоитъ въ связи съ величиною прироста.

Ввиду этого и о количественной сторонѣ реотропической реакціи мы можемъ сказать то же, что сказали выше о качественной сторонѣ, что величина прироста корня не вліяетъ на величину угла реотропическаго изгиба.

Общіе результаты.

Изъ всѣхъ вышеприведенныхъ опытовъ ясно, что на проявленіе реакціи реотропизма огромное вліяніе оказываетъ среда, въ которой находятся корни.

Всѣ изслѣдователи реотропизма производили свои опыты въ водопроводной водѣ, между тѣмъ мои опыты показали, что эта среда не всегда является благоприятной для проявленія названной реакціи; въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ нпр. на корни *Lupinus albus* водопроводная вода можетъ дѣйствовать задерживающимъ образомъ на проявленіе реакціи реотропизма или даже вызывать отрицательные изгибы. Лучшіе положительные изгибы и притомъ скорѣе всего получались только въ дистиллированной водѣ.

Изъ предыдущихъ изслѣдователей единственно Berg (l.c. p. 13—15) поставилъ нѣсколько опытовъ надъ реотропизмомъ въ дистиллированной водѣ. Однако примѣчаніе, какимъ снабжаетъ эти опыты авторъ, сильно ослабляютъ ихъ значеніе. „Das bezogene Wasser wurde als destilliert angegeben. Ich muss aber gestehen, dass mich die Ereignisse bei den Versuchen ziemlich zweifelnd dem gegenüber

stellen. Ich will doch nicht unterlassen die Versuche zu erwähnen.“ Первый опытъ былъ слѣдующій. Взято 5 проростковъ *Zea Mays*. Темп. = 26,5° C. Скорость теченія воды = 138 см. въ 1 мин. Черезъ 1½ часа у 4-хъ изъ взятыхъ корешковъ можно было замѣтить приростъ въ 1 mm. и ясный положительный изгибъ; одинъ только III-ій корень остался прямо. По истеченіи 4½ часовъ положительный изгибъ 4-хъ корней замѣтно увеличился; ихъ кончики отклонились приблизительно на 30°; но приростъ былъ замѣтно задержанъ. Корень же № III обнаружилъ приростъ въ 2 mm. и слабый отрицательный изгибъ. По истеченіи 19 часовъ корни обнаружили лишь незначительный приростъ. Изгибы не увеличились замѣтно. Въ теченіе слѣдующихъ 26-и часовъ не замѣтно было уже у корней никакихъ измѣненій ни въ длинѣ, ни въ направленіи. Авторъ прибавилъ зятѣмъ питательнаго раствора приготовленнаго по Sachs'у¹⁾, но это нисколько не помогло росту корней.

Въ слѣдующемъ опытѣ авторъ взялъ 4 корня *Zea Mays* съ нанесенными 10-ю дѣленіями тушью въ разстояніи 1 mm. Наблюденіе показало, что всѣ 4 корня по истеченіи 1 час. 20 мин. дали слабые положительные изгибы: у 3-хъ изъ нихъ изгибъ приходился на 4-ое дѣленіе, у одного на 3-е дѣленіе — слѣдовательно на зону наилучшаго прироста. Послѣ роста замѣтно ослабѣлъ и изгибы не измѣнились. Наблюденіе послѣ 20-и часовъ отъ начала опыта показало, что въ теченіе послѣднихъ 12-и часовъ корни не измѣнили ни длины, ни направленія.

О послѣднемъ опытѣ Berg уже выражается лишь въ общихъ словахъ, что были взяты 2 корня кукурузы, которые хорошо реагировали въ другихъ условіяхъ; но здѣсь результаты тѣ же, что и прежде: „и эти корни быстро потеряли свою способность къ росту и къ изгибамъ.“

Эти опыты показываютъ, что корни реагировали довольно хорошо: въ 1-мъ опытѣ изъ 5-и 4 дало положительный изгибъ, во 2-омъ положительно реагировали всѣ 4 взятые корня. Корни реагировали сравнительно очень быстро, въ первомъ случаѣ изгибъ замѣтенъ былъ по истеченіи 1½ часа, въ 2-омъ послѣ 1 час. 20 мин. Послѣдняя цифра представляетъ minimum времени реакціи, какое нашелъ Newcombe (l.c. 272) для лучше всего реагирующаго объекта — *Raphanus sativus*. Для *Zea Mays*, для лучше всего реагирующей расы (porcorn), при температ. = 20° C. и скорости теченія 200—400 см. въ 1 мин. Newcombe установилъ время реакціи — 3 часа.

Такимъ образомъ въ опытахъ Berg'a корни кукурузы въ дистиллированной водѣ реагировали очень быстро, но такъ какъ, повидимому, вода содержала какія-то ядовитыя вещества, ростъ былъ слабый и скоро затѣмъ и совершенно задержанъ.

1) Sachs. Vorlesungen. P. 342.

Работами Micheels'a и De Heen'a¹⁾ доказано, что дистиллированная вода может приобретать вредные свойства в зависимости от метода перегонки: так вода, полученная из медного куба, покрытого или непокрытого оловом оказывала различное действие и во втором случае сильно задерживала рост корней проростков.

Дистиллированная вода, которой я пользовался в Лейцигском институте, не содержала таких вредных примесей (медных солей) и проросты в ней, как мы видели из опытов, получались значительные.

Ввиду такого сильного влияния среды на ход реакции реотропизма, указания предыдущих исследователей на чувствительность или нечувствительность разных объектов приобретают относительное значение.

Так относительно корней *Lupinus albus* Newcombe говорит, что они обладают значительной чувствительностью (fairly sensitive) (см. табл. I, стр. 12), между тем, если бы судить по моим опытам в водопроводной воде, то следовало бы причислить это растение к нечувствительным или даже приписать ему свойство отрицательного реотропизма.

Что касается последнего вида, то у Newcombe'a (l. c. P. 190), мы находим тоже разницу в результатах 2-х опытов. В одном опыте с разновидностью *Lupinus albus* и узкими семенами при темп. = 27° C. после 29-и часов из 16-и взятых корней ни один не реагировал. В другом опыте с разновидностью с широкими семенами при темп. 17°—23° C. в течение 25 часов из 24 корней 22 дали положительные изгибы, причем 8 из них достигало угла в 45°. Скорость движения воды была от 50—500 см. в 1 минуту. Такую разницу в результатах американский исследователь приписывает различию в способности к реакции различных разновидностей, указывая также, что, быть может, оказала здесь влияние температура, различное время года или же разница в составе воды³⁾.

Я работал постоянно с одной и той же разновидностью блага лушина с узкими плоскими семенами — повидимому, с той же самой, которая в опытах Newcombe'a не дала положительных результатов, между тем в моих опытах в дистиллированной воде получались хорошие изгибы.

Интересны также в этом отношении корни *Phaseolus multiflorus*, которые Newcombe причисляет к объектам нечувствительным к реотропизму. Между тем результаты опытов 29, 37 и 50-го, где решительно все взятые корни дали ясный положительный изгиб говорят противоположное. Достаточно взглянуть на табл. II, рис. XI, чтобы убедиться, что в дистиллированной воде корни *Phaseolus* дают ясную реотропическую реакцию.

1) H. Micheels et P. De Heen. Bulletin de l'Acad. d. Belgique. 1905. p. 261—271.

2) „Enough testing was done to show that it was not due to difference in the water used in the experiments.“

Что касается корней *Vicia sativa*, то мои опыты показали, что и здесь, подобно тому как Newcombe нашел для *Zea Mays*, чувствительность к реотропизму сильно зависит от разновидности, с какой мы имеем дело. Этим, вероятно, и объясняется тот факт, что Newcombe не причисляет *Vicia sativa* к объектам в высшей степени чувствительным. В одной серии его опытов при скорости от 150—750 см. в мин., темп. = 19° до 25° C. в течение 6—12 часов из 47 корней 20 дало положительный изгиб, а 27 осталось прямо. В другом опыте при темп. = 18—21° C., скорости = 450 см. до 500 см. после 48 часов из 8 корней 7 дало положительный изгиб и один отрицательный. В ином опыте по истечении 12-и часов из числа 19-и корней только 2 дали положительный изгиб; по истечении следующих 12-и часов положительная реакция получилась у 10 корней.

Привожу здесь рисунок взятый из работы Newcombe'a, показывающий реакцию корешков *Vicia sativa* по истечении 48 часов.

Несмотря на скорость движения воды в несколько раз меньшую в моих опытах, в особенности в дистиллированной воде, корни *Vicia sativa* реагировали прекрасно почти без исключений, и изгибы получались гораздо более ясные, как можно судить из сравнения рис. Newcombe'a с моими табл. I, рис. V или табл. II, рис. VIII и X.

Изменение среды у корней *Vicia sativa* не вызывало такой резкой разницы в способности к реотропической реакции, как у *Lupinus albus*; но зато здесь сильно изменялась скорость реакции и поэтому влияние среды более всего было заметно в первые часы после начала опыта. В то время как в сосуде с дистиллированной водой в течение 3—6 часов уже сказывалась резкая положительная реакция, корни того же растения в водопроводной воде или в Кноповском растворе за такое короткое время почти совсем не реагировали, хотя по истечении суток уже не всегда можно было заметить ясную разницу между реакцией в дистиллированной воде и в водопроводной или в Кноповском растворе.

Следующие затем опыты с растворами различных солей показали, что незначительные примеси разных химических веществ могут сильно изменять ход реотропической реакции, задерживая ее или даже вызывая отрицательный изгиб. Кислоты, как мы видели, могут весьма быстро вызывать положительный изгиб, но так как при этом корень повреждается и скоро гибнет, то, впрочем, мы имеем уже здесь дело с явлением сильной задержки роста с одной стороны, которое к тропизмам не относится.

Для лучшей ориентировки в результатах всех опытов сопоставим их в 2-х нижеследующих таблицах.

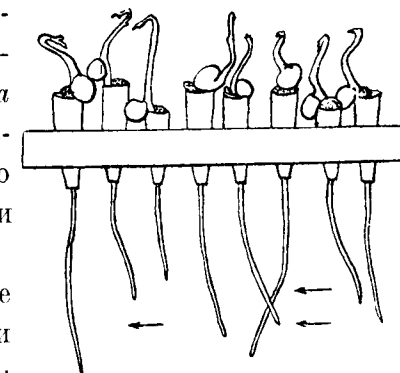


Рис. 9.

Таблица XIII.

№ опыта. Versuch.	Среда. Medium.	Объект. Objekt.	Температура въ ° C. Temperatur in ° C.	Время въ час. Zeit in Stunden.	Сред. приростъ въ mm. Mittl. Zuwachs in mm.	Сред. уголъ изгиба въ °. M. Krümmung in °.
18	Дистиллированная вода	<i>Vicia sativa</i>	16,8	22	6,7	+55
38	Destilliertes Wasser	"	13,2—14,2	20	4,4	+36
40	"	"	18	20	9,1	+ ...
46	"	"	17,8	20	17,2	+ ...
47	"	"	17,5	20	17,4	+ ...
56	"	"	17,6	24	8,0	+ ...
57	"	"	17,6	24	8,5	+ ...
66	"	"	25	22	...	+40
67	"	"	16,2—17,2	22	10,3	+ ...
20	"	<i>Lupinus albus</i>	17,5	24	...	+28
21	"	"	17	24	...	+17
22	"	"	11,5	24	8,9	+29
23	"	"	11,8	14	6,5	+28
26	"	"	11,8	24	5,4	+34
27	"	"	14,2—14,8	20	9,5	+30
28	"	"	11,8	20	4,2	+ ...
34	"	"	11,2—10	24	6,5	+24
41	"	"	11,6	22	7,4	+ ...
44	"	"	18	20	15,5	+ ...
45	"	"	17,6	20	20,0	+62
55	"	"	18,6	24	16,1	+ ...
58	"	"	18,4	24	13,1	+ ...
54	"	"	18	24	11,6	+ ...
59	"	"	18,2	24	21,3	+ ...
60	"	"	17,8	20	16,0	+ ...
63	"	"	16	24	...	+34
29	"	<i>Phaseolus multiflorus</i>	12,8	24	6,3	+50
37	"	"	15,6—16	22	9,9	+38
50	"	"	20	16	10,0	+ ...
18	Водопродная вода	<i>Vicia sativa</i>	16,8	22	6,4	+ 6
66	Leitungswasser	"	25	22	...	+35
19	"	<i>Lupinus albus</i>	17	24	...	—35
22	"	"	11,5	24	7,9	+ 2
23	"	"	11,8	14	4,0	— 1
48	"	"	18,2	24	21,9	—19
62	"	"	17,5	20	12,3	—18
24	"	<i>Ricinus communis</i>	17	24	...	—14

Таблица XIV.

№ опыта. Versuch.	Среда. Medium.	Объект. Objekt.	Температура въ ° C. Temperatur in ° C.	Время въ час. Zeit in Stunden.	Сред. приростъ въ mm. M. Zuwachs in mm.	Ср. уголъ изгиба въ °. M. Krümmung in °.
26	Кноповскій растворъ	<i>Lupinus albus</i>	11,8	24	7,3	—18
27	Knopsche Nährlösung	"	14,2—14,8	20	13,3	—22
28	"	"	11,8	20	6,2	0 и —
30	"	<i>Vicia sativa</i>	15,4	20	10,5	+ (слабо)
67	"	"	16,2—17,2	22	11,6	+ ...
29	"	<i>Phaseolus multiflorus</i>	12,8	24	7,5	+10
32	KNO ₃ . 0,1 %	<i>Lupinus albus</i>	13,4—15	23	4,8	—32
33	"	"	10,8	24	3,1	— 2
34	"	"	11,2—10,0	24	2,9	— 1
35A.	KNO ₃ . 0,2 %	"	13,4—12,6	24	2,0	— 3
35B.	KNO ₃ . 0,05 %	"	13,4—12,6	24	5,8	+12
36	"	"	12,6—12,2	22	5,0	+ 5
37	KNO ₃ . 0,1 %	<i>Phaseolus multiflorus</i>	15,6—16	22	5,0	+ 2
38	"	<i>Vicia sativa</i>	13,2—14,2	20	2,0	— 2
40	KCl. 0,1 %	"	18	20	1,9	0
39B.	KCl. 0,074 %	<i>Lupinus albus</i>	16,6—15,4	20	4,3	—17
39A.	NaNO ₃ . 0,085 %	"	16,6—15,4	20	6,8	+12
41	(CaSO ₄ + 2H ₂ O). 0,2 %	"	11,6	22	6,4	0 (9=0; 3+ слаб.)
42	Ca(NO ₃) ₂ ...	"	11,8—11,4	20	...	0 (7=0; 3+; 2— слаб.)
52	KHCO ₃ . 0,1 %	"	18	16	9	+ 6
54	KHCO ₃ . 0,02 %	"	18	24	13,5	+32
53	KHCO ₃ . 0,1 %	<i>Vicia sativa</i>	18,2	18	9,7	0 (2)+(2) — (2)
55	K ₂ CO ₃ . 0,1 %	<i>Lupinus albus</i>	18,6	24	1,1	0
58	K ₂ CO ₃ . 0,033 %	"	18,4	24	4,7	0
59	K ₂ CO ₃ . 0,011 %	"	18,2	24	16,8	+
60	"	"	17,8	20	12,5	+
56	K ₂ CO ₃ . 0,1 %	<i>Vicia sativa</i>	17,6	24	1,4	0
57	K ₂ CO ₃ . 0,05 %	"	17,6	24	2,3	0
43	Лимон. к. C ₃ H ₄ (OH)(CO ₂ H) ₃ 0,01 %	<i>Lupinus albus</i>	12—12,4	18	0	+
44	Яблочн. к. C ₂ H ₃ (OH)(CO ₂ H) ₂ 0,002 %	"	18	20	1,8	+59
45	" 0,001 %	"	17,6	20	10,5	— 3
46	" 0,002 %	<i>Vicia sativa</i>	17,8	20	0,8	+
47	" 0,001 %	"	17,5	20	1,9	+
48	Водопрод. вода + HCl	<i>Lupinus albus</i>	18,2	24	11,9	—32
49	"	<i>Vicia sativa</i>	18,8	24	...	+25
50	HCl. 0,0002 %	<i>Phaseolus multiflorus</i>	20	16	3,5	+72
51	HCl. 0,00015 %	<i>Lupinus albus</i>	20,4	22	...	+

Часть IV.

Отношеніе реотропизма къ остальнымъ тропизмамъ.

Чувствительность корня проявляется въ широкихъ предѣлахъ по отношенію къ самымъ различнымъ агентамъ; мы отличаемъ поэтому много различныхъ тропизмовъ. Кромѣ реотропизма корню свойственны еще: 1) геотропизмъ, 2) гелиотропизмъ, 3) термотропизмъ, 4) гидротропизмъ, 5) хемотропизмъ, 6) аэротропизмъ, 7) гальванотропизмъ, 8) трауматропизмъ и 9) тигмотропизмъ. На всѣ воздѣйствія внѣшней среды корень имѣетъ одинъ отвѣтъ, одну только реакцію — въ видѣ изгиба. Поэтому не всегда легко отличить, съ какимъ тропизмомъ мы имѣемъ дѣло, такъ какъ часто изгибъ корня является лишь равнодѣйствующей разныхъ силъ, дѣйствующихъ одновременно подъ вліяніемъ различныхъ тропизмовъ. Разсмотримъ теперь, въ чемъ существенное различіе реотропизма отъ другихъ тропизмовъ, и какъ на реотропической реакціи отражается вліяніе послѣднихъ.

Геотропизмъ.

Положительный геотропизмъ, являясь самымъ основнымъ явленіемъ для корня, оказываетъ сильное вліяніе на проявленіе другихъ тропизмовъ. Къ сожалѣнію, мы до сихъ поръ не имѣемъ способа, какъ наблюдать явленіе реотропизма независимо отъ геотропизма, т. е. опытъ поставить такъ, чтобы исключить совершенно вліяніе послѣдняго. Реакція, какую мы наблюдаемъ, составляетъ лишь равнодѣйствующую двухъ силъ, дѣйствующихъ въ противоположныя стороны. Въ тѣхъ случаяхъ, когда мы этой реакціи не наблюдаемъ, мы не въ правѣ говорить, что корни нечувствительны къ реотропизму, но что реотропизмъ въ нихъ повидимому слабѣе, чѣмъ сила геотропизма. Но и у хорошо реотропически реагирующихъ объектовъ вліяніе геотропизма сказывается въ вертикальномъ искривленіи кончика корня на разстояніи

2 mm. отъ конца (см. рис. 1 на стр. 16). Это явленіе впервые подмѣтилъ Berg¹⁾ и объяснялъ нечувствительностью кончика корня къ реотропизму; но Newcombe²⁾ затѣмъ доказалъ, что и верхушка корня обладаетъ такого рода чувствительностью. Juel³⁾ старался объяснить геотропическій изгибъ кончика различной силой геотропизма и реотропизма, смотря по положенію корня въ пространствѣ: близъ вертикальной линіи сильнѣе реотропизмъ; ближе къ горизонтальной на кончикъ сильнѣе дѣйствуетъ геотропизмъ.

Newcombe⁴⁾ объясняетъ это явленіе различіемъ положенія моторной зоны для обоихъ тропизмовъ; для геотропизма эта зона лежитъ близъ кончика, — кончикъ изгибается первымъ и увлекаетъ за собою остальную часть корня; для реотропизма же моторная зона лежитъ дальше отъ кончика. Это объясненіе является самымъ правдоподобнымъ и оно ясно вытекаетъ изъ наблюденій надъ ходомъ реакціи подъ вліяніемъ одного и другого тропизма.

Вліяніе геотропизма особенно проявляется въ различіи реотропической реакціи корней цѣльныхъ и обезглавленныхъ. Juel⁵⁾ въ своихъ опытахъ надъ корнями *Vicia sativa*, *Vicia Faba* и *Zea Mays* впервые констатировалъ фактъ, что корешки обезглавленные даютъ хорошую реотропическую реакцію, а въ одномъ случаѣ для корешковъ *Zea Mays* онъ констатировалъ, что обезглавленные корешки реагировали лучше, чѣмъ цѣльные. Но единственный опытъ, подтверждающій это, могъ быть объясненъ простою случайностью.

Изъ моихъ многочисленныхъ опытовъ и измѣреній угловъ ясно вытекаетъ, что уголъ реотропического изгиба у обезглавленныхъ корней больше, чѣмъ у цѣльныхъ. Фактъ этотъ можно объяснить только вліяніемъ геотропизма и косвеннымъ образомъ опыты эти даютъ еще одно доказательство больше къ т. н. „мозговой функціи“ корневой верхушки.

Этотъ вопросъ о функціи верхушки корня, считающійся нѣкоторыми и до сихъ поръ не вполне разрѣшеннымъ, имѣетъ обширную литературу и тѣсно связанъ съ другимъ вопросомъ о послѣдствіяхъ обезглавливанія корней. Литература эта до 1894 г. сведена въ работѣ В. Ротерта⁶⁾.

1) Berg (14) l. c. P. 26—27.

2) Newcombe (16) l. c. P. 344—347.

3) Juel (15) l. c. P. 529—533.

4) Newcombe (16) l. c. P. 278—283.

5) Juel (15) l. c. P. 525.

6) Ротертъ В. О послѣдствіяхъ обезглавливанія (отрѣзыванія верхушки) у нѣкоторыхъ органовъ растений. — Труды Общ. Ест. при Казан. Ун. Т. XXVI, вып. 5. 1893. 77 стр. (6).

Rotherth W. Die Streitfrage über die Funktion der Wurzelspitze. Eine kritische Literaturstudie. — Flora. Bd. 79. 1894. P. 179—218 (6a).

Первымъ, кто выдвинулъ этотъ вопросъ былъ Ciesielski¹⁾. Онъ нашелъ, что корни способны изгибаться реотропически только въ томъ случаѣ, если они снабжены неповрежденной вегетационной точкой.

Sachs²⁾ не соглашается съ этими результатами. Онъ нашелъ, что обезглавленные корни производятъ весьма сильныя нутаціи и при горизонтальномъ положеніи изгибаются чаще внизъ, чѣмъ въ другихъ направленіяхъ. Такъ какъ по Sachs'у изгибаніе зависитъ отъ роста, а опыты его надъ обезглавленными корнями показали, что ростъ ихъ мало измѣняется въ сравненіи съ корнями цѣльными, то онъ поэтому не находилъ возможнымъ допустить измѣненіе геотропической раздражимости. Опыты Цесельскаго были повторены и подтверждены Ch. Darwin'омъ³⁾, который впервые выдвинулъ гипотезу, что чувствительностью къ гравитации обладаетъ у корней одна только верхушка, и что отъ нея геотропическое раздраженіе передается къ тому поясу корня, въ которомъ совершается изгибаніе.

Противъ гипотезы Darwin'a выступили Detlefsen⁴⁾, который приводилъ аргументы Sachs'a, и Wiesner⁵⁾, считавшій уничтоженіе (или уменьшеніе) геотропической изгибоспособности обезглавленных корней простымъ послѣдствіемъ уменьшенія быстроты роста. Противъ Wiesner'a и въ пользу теоріи Darwin'a выступили затѣмъ Fr. Darwin⁶⁾, Kirchner⁷⁾, Krabbe⁸⁾, Brunchorst⁹⁾ и Firtsch¹⁰⁾. Никто изъ этихъ авторовъ не нашелъ столь сильнаго замедляющаго вліянія обезглавливанія на ростъ, какъ Wiesner: получалось отчасти лишь незначительное замедленіе отчасти даже нѣкоторое

1) Ciesielski Th. Untersuchungen über Abwärtskrümmung der Wurzel. — Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 1872. Bd. I. 11. 2. P. 1—20 (33).

2) Sachs. Ueber das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. I. Abhandlung. — Arbeiten aus dem Botan. Institut in Würzburg, Bd. I. 1873. P. 385—475 (84).

3) Darwin Ch. u. Fr. Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Uebersetzt von Carus. Stuttgart. 1881 (1).

4) Detlefsen E. Ueber die von Darwin behauptete Gehirnfunktion der Wurzelspitze. — Arbeiten aus dem Botan. Inhalt in Würzburg, Bd. II. 1882. P. 627—647 (3).

5) Wiesner J. Das Bewegungsvermögen der Pflanzen, Eine kritische Studie über das gleichnamige Werk von Ch. Darwin nebst neuen Untersuchungen, Wien. 1881 (2).

6) Darwin Fr. On the Connection between Geotropism and Growth. — Linnean Society's Journal, Botany, col. XIX. 1882. P. 218—230 (85).

7) Kirchner. Ueber die Empfindlichkeit der Wurzelspitze für die Einwirkung der Schwerkraft. Stuttgart. 1882 (86).

8) Krabbe, Zur Frage nach der Funktion der Wurzelspitze. — Berichte der Deutsch. Bot. Ges. Bd. I. 1883. P. 226—236 (88).

9) Brunchorst. Die Funktion der Spitze bei den Richtungsbewegungen der Wurzeln. 1. Geotropismus. — Berichte der Deutsch. Botan. Ges. Bd. II. 1884. P. 78—93 (90).

10) Firtsch. Zur Kenntnis der geotropischen Reizbarkeit der Wurzelspitze. — Berichte d. deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. II. 1884. P. 248—255 (91).

ускореніе роста обезглавленных корней, какъ нпр. у Kirchner'a. Fr. Darwin, нашелъ, что сильное паденіе быстроты роста наблюдается у обезглавленных корней только въ теченіе нѣсколькихъ первыхъ часовъ, и то только въ ближайшихъ къ порѣзу зонахъ, затѣмъ нормальная быстрота роста мало-по-малу восстанавливается.

Въ пользу Wiesner'a привелъ нѣкоторые факты лишь Molisch¹⁾, но цифры, доказывающія замедленіе роста были уже гораздо ниже, чѣмъ тѣ, которыя приводилъ Wiesner. Въ виду почти единогласныхъ показаній всѣхъ авторовъ, нельзя сомнѣваться въ томъ, что сильное замедленіе роста обезглавленных корней, найденное Wiesner'омъ было явленіе ненормальное, вызванное неблагоприятными условіями культуры. Въ слѣдующей работѣ самъ Wiesner отказывается отъ прежняго мнѣнія относительно тѣсной связи между ростомъ и геотропической изгибоспособностью, такъ какъ нашелъ, что замедленіе роста наблюдается только при культивированіи во влажномъ воздухѣ или въ влажныхъ опилкахъ, подъ водой же обезглавленные корни растутъ значительно быстрѣе неповрежденныхъ. Въ моихъ опытахъ надъ реотропизмомъ, корни въ нижней своей части были погружены въ воду и, какъ показали измѣренія прироста, значительной разницы между приростомъ цѣльныхъ и обезглавленных корней нельзя было обнаружить.

Въ послѣднее время гипотеза Дарвина о роли верхушки корня въ процессѣ геотропической реакціи была доказана работами Czapek'a²⁾, Fr. Darwin'a³⁾ и Némec'a⁴⁾, хотя противъ опытовъ Czapek'a высказывали возраженія Вахтель⁵⁾, Richter⁶⁾ и Cholodnyi⁷⁾. Съ другой стороны Piccard⁸⁾ въ своихъ опытахъ надъ примѣненіемъ центробѣжной силы старается доказать,

1) Molisch. Ueber das Längenwachstum geköpfter und unverletzter Wurzeln. — Berichte d. deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. I. 1883. P. 362—366 (89).

2) Czapek F. 1) Untersuchungen über Geotropismus. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. Bd. 27. 1895. P. 243 (98). 2) Ueber den Nachweis der geotropischen Sensibilität der Wurzelspitze. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. Bd. 35. 1900. P. 313 (106).

3) Darwin Fr. 1) On geotropism and the localisation of the sensitive region. — Annals of Botany 13. 1899. P. 567 (104). 2) On a method of investigating the gravitational sensitiveness of the root-tip. — Journ. of the Linnean Soc. Botany 35. 1902. P. 266 (113).

4) Némec B. Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. Bd. 36. 1901. P. 80 (110).

5) Вахтель М. Къ вопросу о геотропизмѣ корней. — Записки Новороссійск. Общ. Естеств. Одесса. 1899. Т. 23. I (105).

6) Richter E. Zur Frage nach der Funktion der Wurzelspitze. — Inaug.-Dissert. Freiburg i. Preisgau. Wien. 1902 (114).

7) Ref. Botan. Zeitg. 1907. Bd. 65. II. P. 189. По Jost'y.

8) Piccard A. Neue Versuche über die geotropische Sensibilität der Wurzelspitze. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. Bd. 40. 1900. P. 94 (118).

что чувствительность свойственна также и изгибающейся зонѣ. Нѣкоторые изслѣдователи до сихъ поръ относятся скептически къ теоріи Дарвина о роли верхушки корня въ явленіи геотропизма.

Такъ Fitting¹⁾ говоритъ: „Vorläufig also wissen wir noch nichts Sicheres darüber, ob nur die Wurzelspitze den geotropischen Reiz perzipieren kann oder ob auch die Aktionszone zu Geoperzeption befähigt ist, ja ob überhaupt von der Wurzelspitze ein Impuls nach der Reaktionszone ausstrahlt.“

По моему мнѣнію, опыты Czapek'a, Fr. Darwin'a и Nѣмес'a, если и не вполне строго доказали, что только верхушка корня чувствительна къ геотропизму, то во всякомъ случаѣ сдѣлали эту гипотезу весьма правдоподобной. Только если мы примемъ эту гипотезу, то намъ дѣлается вполне понятнымъ фактъ, почему въ реакціи реотропизма корни, лишенные верхушки, отклоняются на больший уголъ отъ вертикали, чѣмъ корни цѣльные. Корни обезглавленные лишены способности къ геотропической реакціи, вслѣдствіе чего и реотропизмъ, дѣйствующій въ противоположную сторону, можетъ проявиться тѣмъ яснѣе.

Въ послѣднее время появилась новая работа къ данному вопросу G. Haberlandt'a²⁾, который на основаніи опытовъ по методу Piccard'a приходитъ къ заключенію, что у корня геотропически чувствительной является, какъ верхушка, такъ и вся растущая зона; первая однако обладаетъ чувствительностью въ гораздо большей степени, чѣмъ послѣдняя.

Гелиотропизмъ.

Всѣ опыты надъ реотропизмомъ, какъ предыдущихъ изслѣдователей, такъ и мои производились въ темнотѣ, такъ что реакція реотропического изгиба совершенно не зависитъ отъ вліянія свѣта, по крайней мѣрѣ въ качественномъ отношеніи. Реакція гелиотропизма отличается существенно отъ реотропизма, тѣмъ что чувствительность въ первомъ случаѣ сосредоточена въ корневой верхушкѣ, какъ это пытался доказать Ch. Darwin³⁾ и какъ подтвердилъ это опытнымъ путемъ Kohl⁴⁾.

1) Fitting H. Die Reizleitungsvorgänge bei den Pflanzen. — Sonderabdr. aus „Ergebnisse der Physiologie“. J. IV u. V. Wiesbaden. 1907. P. 33 (11).

2) Haberlandt G. Ueber die Verteilung der geotropischen Sensibilität in der Wurzel. — Jahrbücher f. wiss. Botan. XLV. 1908. P. 575—600 (121).

3) Darwin Ch. and F. l. c. P. 412 (1).

4) Kohl F. G. Die Mechanik der Reizkrümmungen. Marburg. 1894. P. 25 (7).

Термотропизмъ.

Изслѣдованія Wortmann'a¹⁾ надъ термотропизмомъ корней показали, что обезглавливаніе корней не лишаетъ ихъ способности изгибаться. Въ этомъ отношеніи термотропическая реакція напоминаетъ реотропическій изгибъ. Но такъ какъ всѣ опыты надъ реотропизмомъ производились въ водѣ, гдѣ со всѣхъ сторонъ корня была вполне равномерная температура, то о какомъ-нибудь взаимномъ вліяніи этихъ 2-хъ тропизмовъ не можетъ быть рѣчи.

Гидротропизмъ.

Гидротропизмъ, т. е. изгибаніе корня въ сторону болѣе влажную, требуетъ для своего проявленія специальныхъ условій, а именно различія влажности на небольшомъ разстояніи съ 2-хъ сторонъ растущаго корня. Существованіе этого тропизма, о которомъ первые физиологи высказывали лишь общія предположенія, не подтвержденныя опытомъ (Dodart²⁾, Bonnet³⁾, Duhamel⁴⁾ и Erasmus Darwin⁵⁾ было впервые подмѣчено Lefebure'омъ⁶⁾ и затѣмъ точно доказано опытами Knight'a⁷⁾ и Johnson'a⁸⁾. Опыты эти отрицаемые Dutrochet⁹⁾ нашли полное подтвержденіе въ изслѣдованіяхъ Duchartre'a¹⁰⁾

1) Wortmann J. Ueber den Thermotropismus der Wurzeln. — Botanische Zeitung. Bd. 43. 1885. P. 193 (65).

2) Dodart. 1700. По Dutrochet (31). P. 2.

3) Bonnet C. Untersuchungen über den Nutzen der Blätter etc. II. deutsche Aufl., übers. v. Chr. Fr. Boeckh. Ulm. 1803. II. Abt. P. 35 (24).

4) Duhamel du Monceau. La physique des arbres. Paris. 1758. P. 141 (25).

5) Darwin Erasmus. Phytologia; or the philosophy of agriculture and gardening. London. 1800. P. 144 (26).

6) Knight Th. An. On the causes which influence the direction of the growth of roots. — Philosophical Transactions. 1811. P. 252 (28).

7) Lefebure. Experiences sur la germination des plantes. — Strassburg, 1801. P. 50 (27).

8) Johnson Henry. The unsatisfactory nature of the theories proposed to account for the radicles in the germination of seedshewns by experiments. — Edinburgh new philosophical journal. 1829. P. 312—317 (30).

9) Dutrochet M. H. De la direction opposée des tiges et des racines. — Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux. T. II. Paris. 1837. P. 2—5 (31).

10) Duchartre P. Influence de l'humidité sur la direction des racines. — Bulletin de la Soc. Bot. de France. 1856. T. III. P. 583—591 (32).

и особенно Sachs'a¹⁾. Ch. Darwin²⁾ выдвинулъ затѣмъ вопросъ о роли корневой верхушки, стараясь его рѣшить опытами съ обезглавливаніемъ, прижиганіемъ лянисомъ или смазываніемъ масломъ верхушки. Противъ гипотезы Darwin'a выступилъ Wiesner³⁾: онъ считаетъ очень вѣроятнымъ, что гидротропическое изгибаніе не исходитъ изъ корневой верхушки, и что корни обезглавленные, прижатые лянисомъ или смазанные масломъ только потому лишь рѣзко изгибаются гидротропически, что они паходятся въ ненормальномъ состояніи. Противникомъ Darwin'a является и Detlefsen⁴⁾, но единственный опытъ, который онъ приводитъ въ пользу того, что односторонній доступъ влаги дѣйствуетъ не только на верхушку, но и на всю растущую зону корня, не выдерживаетъ критики.

Опыты Molisch'a⁵⁾, въ которыхъ весь растущій поясъ корня обвертывался влажной полоской шелковой бумаги, а выставлялась одна верхушка, показали, что верхушка чувствительна къ реотропизму, что отъ нея гидротропическое раздраженіе можетъ передаваться вверхъ по корню, и что этого переданнаго раздраженія достаточно для того, чтобы вызвать изгибъ въ части корня, непосредственно не раздражаемой. Опыты Pfeffer'a⁶⁾ и его учениковъ показали, что раздражимой является только верхушка и что остальная растущая часть корня нечувствительна къ гидротропическимъ раздраженіямъ. Это заключеніе я могу подтвердить на основаніи собственныхъ опытовъ, произведенныхъ въ лабораторіи Pfeffer'a. Такимъ образомъ можно считать доказаннымъ фактъ, что въ гидротропизмъ раздражимой является только верхушка корня.

Въ моихъ опытахъ, какъ съ водяною пылью, такъ и съ движеніемъ воды въ сосудѣ, корни всегда находились или въ воздухѣ насыщенномъ паромъ или же были погружены въ воду; слѣдовательно въ условіяхъ, при которыхъ невозможна гидротропическая реакція, требующая разницы во влажности по обѣ стороны корня. Поэтому нельзя установить никакой связи между гидротропизмомъ и реотропизмомъ, тѣмъ болѣе, что кромѣ различія условій, чувствительность корня различна: въ 1-мъ случаѣ чувствительна только верхушка, во второмъ вся нижняя часть корня немного выше растущей зоны.

1) Sachs J. Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch feuchte Körper. — Arbeiten d. Botan. Instituts in Würzburg. Bd. I. 1872. P. 209—222 (34).

2) Darwin Ch. u. Fr. I. c. P. 154—159 (1).

3) Wiesner J. I. c. P. 130—134 (2).

4) Detlefsen E. I. c. P. 646—647 (3).

5) Molisch H. Untersuchungen über den Hydrotropismus. — Sitzungsberichte d. K. Akademie d. Wissensch. Wien. Bd. 88. P. 897—942 (38).

6) Rothert W. I. c. P. 212 (6a).

Хемотропизмъ.

Опыты мои надъ вліяніемъ среды на ходъ реотропической реакціи, обнаружили рѣзкія измѣненія подѣ вліяніемъ различныхъ веществъ, вслѣдствіе присутствія въ корнѣ особой чувствительности — хемотропизма. Въ виду сильнаго вліянія послѣдняго на ходъ реакціи реотропизма рассмотримъ ближе все, что намъ извѣстно въ литературѣ относительно даннаго явленія.

Первыя наблюденія касались исключительно хемотактическихъ реакцій свободно движущихся низшихъ организмовъ. Такъ въ 1881 г. Engelmann¹⁾ ввелъ новый методъ качественного опредѣленія кислорода при ассимиляціи, пользуясь тѣмъ, что газъ этотъ привлекаетъ различныя бактеріи, и въ слѣдующей работѣ о біологій Schizomycetes привелъ много доказательствъ чувствительности къ химическимъ веществамъ у различныхъ микроорганизмовъ.

Вскорѣ затѣмъ появились важныя работы Pfeffer'a²⁾ въ этой области. Онъ констатировалъ между прочимъ, что живчики папоротниковъ специально привлекаются яблочной кислотой, въ то время какъ для живчиковъ листовыхъ мховъ такимъ привлекающимъ средствомъ служить тростниковый сахаръ; для большинства бактерій такую роль играютъ пептонъ и соли калия. Слишкомъ сильныя концентраціи производятъ отталкивающее дѣйствіе. Это отталкивающее дѣйствіе, какъ показали изслѣдованія Pfeffer'a и Massart'a³⁾, можетъ быть вызвано осмотактическимъ дѣйствіемъ. Дальнѣйшія изслѣдованія Rothert'a⁴⁾ и въ повѣйшее время Kniep'a⁵⁾ показали различныя свойства раздражимости бактерій и ихъ различную чувствительность къ различнымъ химическимъ агентамъ.

Изслѣдованіемъ хемотактической раздражимостью сперматозоидовъ у различныхъ папоротникообразныхъ занимались кромѣ Pfeffer'a, Voegler⁶⁾,

1) Engelmann W. 1) „Botanische Zeitung. 1881. P. 440. 2) Pflüger's Archiv f. Physiologie. Bd. 25. 1881. P. 285. 3) Ibidem Bd. 26. P. 541.

2) Pfeffer W. 1) Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. — Untersuchungen a. d. bot. Inst. Tübingen. Bd. I. 1884. P. 363. 2) Ueber chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen. — Untersuch. a. d. bot. Institut Tübingen. Bd. II. 1888. P. 582—661.

3) Massart J. Sensibilité et adaptation des organismes à la concentration des solution salines. — Archives de Biologie. T. 9. 1889. P. 515.

4) Rothert W. Beobachtungen und Betrachtungen über taktische Reizerscheinungen. — Flora. Bd. 88. 1901. P. 388.

5) Kniep. Jahrbücher f. wissensch. Botanik. 1906. 43. P. 215.

6) Voegler C. Beiträge zur Kenntnis der Reizerscheinungen. — Botanische Zeitung. 1891. P. 641.

Buller¹⁾ и Shibata²⁾, у *Cycas'a* — Shibata и Miyake³⁾. Наконецъ Lindforss⁴⁾ выяснилъ, что для живчиковъ печеночныхъ мховъ привлекающимъ средствомъ является бѣлокъ.

Настой корья по изслѣдованіямъ Stahl'a⁵⁾ привлекаетъ плазмодіи миксомицетовъ, въ то время какъ для миксамебъ, какъ доказалъ Stange⁶⁾, такой приманкой являются органическія кислоты. Для зооспоръ же *Saprolegnia*, по изслѣдованіямъ послѣдняго, хемотактическую роль играютъ въ особенности фосфорнокислыя соли.

Всѣ названныя работы и другія, касающіяся животныхъ микроорганизмовъ, относятся къ такъ называемому хемотаксису. Явленія хемотропизма наблюдались прежде всего у грибовъ. Kihlmann⁷⁾ нашелъ, что клѣтки *Isaria* недалеко отъ прорастающихъ споръ *Melanospora parasitica* отклоняются отъ своего первоначальнаго направленія роста и направляются къ *Melanospora*; De Bary⁸⁾ высказывалъ предположеніе, что виѣдрѣніе паразитныхъ грибовъ въ тѣло хозяевъ обусловлено извѣстнымъ химическимъ раздражителемъ. Детальныя изслѣдованія Miyoshi⁹⁾ показали, что хемотропическія движенія являются весьма распространенными среди грибовъ. Кромѣ грибовъ хемотропическая раздражимость констатирована для пыльцевыхъ трубочекъ, благодаря работѣ Molisch'a¹⁰⁾. Болѣе детально изслѣдовалъ это явленіе Miyoshi¹¹⁾ и нашелъ, что разные виды сахара являются привлекающимъ средствомъ для пыльцевыхъ трубочекъ,

1) Buller R. Contributions to our knowledge of the physiology of the spermatozoa of ferns. — Annals of Botany. V. XIV. 1900. P. 543.

2) Shibata K. 1) Studien über die Chemotaxis der *Isoëtes*-Spermatozoiden. — Jahrbücher f. wissensch. Botanik. Bd. 41. 1905. P. 561—610. 2) Studien über die Chemotaxis der *Salvinia*-Spermatozoiden. — Bot. Mag. Tokyo. XIX. 1905. P. 39—42. 3) Studien über die Chemotaxis der Spermatozoiden von *Equisetum*. — Bot. Mag. Tokyo. XIX. 1903. P. 79—82 und 126—130.

3) Shibata and Miyake. Physiologie of *Cycas*-Spermatozoides. — Botanical Magaz. Tokyo. 1907. 21. P. 45.

4) Lindforss Bengt. Ueber die Reizbewegungen der *Marchantia*-Spermatozoiden. — Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bb. 41. 1905. P. 65—87.

5) Stahl E. Zur Biologie der Myxomyceten. — Botan. Zeitung. 1884. P. 163.

6) Stange B. Ueber chemotaktische Reizbewegungen. — Botanische Zeitung. Bd. 48. 1890. P. 155.

7) Kihlmann. Acta Soc. Fennicae. 13. По Jost'y.

8) De Bary. Vergleichende Morphologie u. Biologie d. Pilze. Leipzig. 1884. P. 393.

9) Miyoshi M. Ueber Chemotropismus der Pilze. — Botanische Zeitung. 1894. Bd. 52. P. 1.

10) Molisch H. Zur Physiologie des Pollens. — Sitzungsberichte der Wiener Akad. Bd. 102. Ab. I. 1893. P. 423.

11) Miyoshi M. Ueber Reizbewegungen der Pollenschläuche. — Flora. Bd. 78. 1894. P. 76—93.

затѣмъ Lindforss¹⁾ показалъ, что такой приманкой могутъ быть не только углеводы, но и протеиновыя вещества.

Въ то время какъ хемотаксисъ свободно движущихся организмовъ и хемотропизмъ грибныхъ нитей и пыльцевыхъ трубочекъ служилъ предметомъ многихъ изслѣдованій, хемотропизмъ корня не былъ даже доказанъ.

Свойства сѣмянъ *Orobanche* и *Lathraea*, которыя прорастаютъ только на корняхъ растений-хозяевъ, сдѣлали весьма правдоподобнымъ предположеніе, что отъ корней питающаго растенія исходитъ извѣстное химическое раздраженіе (Koch²⁾, Heinricher³⁾).

Единственнымъ указаніемъ на существованіе хемотропической раздражимости корня является работа Molisch'a⁴⁾ объ аэротропизмъ корней, гдѣ указывается на вліяніе кислорода воздуха на направленіе роста корня. Только въ 1904 и 1905 независимо другъ отъ друга появляются 3 работы, трактующія о хемотропизмъ корня: 1-ая работа произведена въ Чикаго и авторами являются Fr. C. Newcombe и Anna L. Rhodes⁵⁾, вторая въ Лейпцигѣ, исполнена R. Sammet'омъ⁶⁾ и 3-я въ Берлинѣ M. Lilienfeld'омъ⁷⁾.

Newcombe и Rhodes старались изслѣдовать вліяніе различныхъ химическихъ веществъ на корни, съ одной стороны въ питательной жидкости, а съ другой въ блокахъ желатины.

Первый методъ состоялъ въ слѣдующемъ. Корни развивались въ водной культурѣ въ смѣси Sachs'a, а около нихъ погружались капиллярныя трубочки (дл. 1,5 см. и 1 mm. въ діам.), изъ открытаго конца которыхъ диффундировала селитра; послѣдняя была исключена изъ питательнаго раствора. Чтобы селитра изъ трубочки могла распространяться лишь путемъ диффузіи, концентрація ея подобрана такъ, чтобы ея цѣльный вѣсъ былъ равенъ удѣльному вѣсу питательнаго раствора.

1) Lindforss B. Ueber Chemotropismus der Pollenschläuche. Vorläufige Mitteilung. — Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. XVII. 1899. H. 7. P. 236. — Lunds Univers. Årsskrift. Bd. 37. Afd. 2. № 4. P. 1—29.

2) Koch. Entwicklungsgeschichte der Orobanchen. Heidelberg. 1887. S. 3.

3) Heinricher. Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. Gen.-Vers. 1894. S. 126.

4) Molisch H. Ueber Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aerotropismus). — Sitzungsberichte d. Kais. Akademie d. Wiss. Wien. Bd. 90. Abt. I. 1884. P. 111 (22 a).

5) Newcombe Fr. C. and Rhodes Anna L. Chemotropism of roots. — Botanical Gazette. Vol. XXXVII. 1904. № 1. P. 23—25 (19).

6) Sammet R. Untersuchungen über Chemotropismus und verwandte Erscheinungen bei Wurzeln, Sprossen und Pilzfäden. — Jahrbücher f. wiss. Botanik. Bd. 41. 1905. P. 611—649 (20).

7) Lilienfeld M. Ueber den Chemotropismus der Wurzel. — Beihefte zum Botan. Centralblatt. Bd. XIX. Abt. 1. H. 1. P. 131—212 (21).

Открытый конецъ трубочки помѣщался на разстояніи приблизительно 2 mm. отъ верхушки корня и черезъ каждые 2 часа перемѣщался, слѣдуя его росту. Опыты производились надъ проростками *Helianthus* (87 штукъ) и *Raphanus* (17 штукъ). Наблюдения велись въ теченіе 24—48 часовъ при темп. = 20°—24° С. Результатъ при такой постановкѣ опыта получился отрицательный: селитра не оказывала никакого вліянія на направленіе роста корешковъ.

Такой же отрицательный результатъ получался и тогда, когда количество селитры было взято больше и трубочки замѣнены склянками, изъ которыхъ селитра диффундировала черезъ пергаментъ. Въ одномъ только случаѣ получился положительный результатъ.

Если объемъ питательной жидкости былъ приблизительно равенъ объему селитры, у *Raphanus* замѣчалось изгибаніе корешка по направленію къ селитрѣ и болѣе значительной ростъ боковыхъ корешковъ на сторонѣ, обращенной къ ней.

Положительные результаты получились при другомъ методѣ, который примѣнялся къ корешкамъ *Lupinus albus* и *Cucurbita Pepo*.

При температурѣ около 23° С. корни *L. alb.* длиною отъ 5—7 см. помѣщались между 2-мя блоками 6% желатины съ дистиллированной водою: одинъ блокъ содержалъ только дистиллированную воду, а другой 0,28%-растворъ Na_2HPO_4 . По истеченіи 24 часовъ корешокъ вросалъ въ блокъ съ фосфорной солью, причемъ уголъ изгиба доходилъ до 45°. Такой же результатъ получился и при болѣе крѣпкомъ растворѣ фосфорнонатріевой соли, а именно при 1,5%, но корешки изогнутые и вросшіе въ блокъ отмирали; при концентраціи въ 2% корешки прекращали ростъ и отмирали по истеченіи нѣсколькихъ часовъ.

Если замѣнить фосфорнокислый натрій другими солями, какъ азотнокислый аммоній (NH_4NO_3), селитра (KNO_3), азотнокислый кальцій $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ или сѣрноокислый магній (MgSO_4), то корни отклоняются отъ блоковъ съ такими солями и вырастаютъ въ блокъ въ дистиллированной водѣ.

Реакція эта замѣчалась только у корней *Lupinus albus*, въ то время какъ корни *Cucurbita Pepo* оставались индифферентными.

Если съ обѣихъ сторонъ поставимъ блоки съ различными солями въ изосмотическихъ растворахъ, то въ результатъ оказывается, что корень реагируетъ, изгибаясь въ сторону одного изъ нихъ. Такъ между KNO_3 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — изъ 11 корешковъ 9 росли въ KNO_3 и 2 оставались прямыми; между KNO_3 и MgSO_4 — изъ 11 корешковъ 10 росли въ KNO_3 и 1 въ MgSO_4 ; наконецъ между $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и MgSO_4 — 10 изъ 14 корешковъ росли въ MgSO_4 и 4 остались прямыми. Отсюда можно вывести заключеніе, что сѣрноокислый магній отталкиваетъ корешки сильнѣе, чѣмъ азотнокислый калий, а азотнокислый кальцій сильнѣе, чѣмъ обѣ другія соли.

Изъ этихъ опытовъ авторы выводятъ заключеніе, что корни *Lupinus albus* являются чувствительными къ химическимъ раздраженіямъ, такъ какъ

фосфорнокислый натрій вызываетъ въ нихъ положительный хемотропическій изгибъ. Что касается отталкиванія другими солями, то это можно разсматривать, какъ отрицательный хемотропизмъ или же, быть можетъ, можно его свести къ трауматропизму — изгибу вслѣдствіе поврежденія.

На слѣдующій годъ послѣ появленія первой работы появилась работа Sammet'a, гдѣ существованіе хемотропизма корней доказывается для значительнаго числа объектовъ, благодаря новымъ методамъ изслѣдованія.

Авторъ бралъ большой цилиндрической стеклянный сосудъ, вмѣщавшій 20 литровъ воды и въ серединѣ прикрѣплялъ небольшой цилиндръ изъ бѣлой глины, куда помѣщался растворъ испытуемаго вещества, а кругомъ въ отверстіяхъ цинковаго кружка на разномъ разстояніи отъ глинянаго сосуда помѣщались корни различныхъ растений, погруженные въ воду въ вертикальномъ положеніи. По истеченіи извѣстнаго времени частицы вещества, заключеннаго въ глиняномъ сосудѣ, проникали сквозь поры глины въ воду и вызывали въ корняхъ реакцію, такъ что можно было наблюдать изгибы корней въ сторону химическаго раздражителя (положительный хемотропизмъ) или же въ противоположную сторону (отрицательный хемотропизмъ). Положительный хемотропизмъ можно вызвать самыми разнообразными веществами, какъ спиртъ, эфиръ, камфора, глицеринъ, хлористый натрій, азотнокислый калий, тростниковый сахаръ, гипсъ и уксусная кислота; для cadaго вещества концентрація должна быть иная. Часто очень незначительное количество вещества дѣйствуетъ уже какъ раздражитель. Увеличивая концентрацію, можно всегда вызвать отрицательный хемотропизмъ.

Благодаря специально устроеннымъ аппаратамъ, автору удалось констатировать, что корни реагируютъ (положительно или отрицательно) на химическія раздраженія со стороны газовъ, какъ кислородъ, углекислота и водородъ а также паровъ летучихъ веществъ, какъ эфиръ, метиловый и этиловый спиртъ, ацетонъ, амміакъ, камфора, скипидаръ, керосинъ, уксусная кислота.

Пары летучихъ веществъ могутъ вызвать хемотропическіе изгибы также на стебляхъ проростковъ высшихъ растений, хотя газы, какъ кислородъ или углекислота, повидимому, не дѣйствуютъ.

Однако въ спорангіеносцахъ грибка *Phycomyces nitens*, который, какъ извѣстно, прекрасно реагируетъ на различныя внѣшнія воздѣйствія, какъ, нпр., на измѣненіе влажности, явленія хемотропизма нельзя было вызвать ни при помощи газовъ, ни при помощи паровъ летучихъ веществъ.

Въ корняхъ, находящихся въ землѣ, посредствомъ химическаго опыта, какъ, нпр., неодинаковый доступъ кислорода, можно было преодолѣть гидротропическое раздраженіе и заставить корень расти по направленію къ сторонѣ болѣе сухой.

Обезглавленные корешки реагировали хорошо наравнѣ съ цѣльными, какъ въ водѣ, такъ и во влажномъ воздухѣ. Такимъ образомъ явленіе это отличается кореннымъ образомъ отъ явленія гидротропизма, гдѣ способность воспринимать раздраженіе свойственно лишь кончику корня.

Самой обширной работой изъ области хемотропизма корня является почти одновременно съ предыдущей работой появившаяся работа М. Lilienfeld'a. Авторъ констатировалъ хемотропизмъ для корней 14-и видовъ растений и подвергъ испытанію дѣйствіе 180-и различныхъ химическихъ веществъ. Въ отношеніи къ методикѣ работа эта является продолженіемъ и усовершенствованіемъ методики Newcombe'a. Рядъ опытовъ авторъ продѣлалъ по тому же методу, какимъ пользовались Newcombe и Rhodes, а именно помѣщая корешки въ темной и влажной камерѣ между 2-мя блоками изъ 6-и% желатины, причемъ 1 блокъ пропитывался испытуемымъ веществомъ. Эти опыты доказали несовершенство даннаго метода для изслѣдованія хемотропической реакціи корня.

Въ виду того, что даже типичные яды при данномъ методѣ вызывали сильные положительные изгибы, вполне понятно наблюденіе Newcombe'a и Rhodes'a, что въ ихъ опытахъ всѣ корни вросли въ блокъ желатины съ фосфорнонатровой солью даже при такой сильной концентраціи, отъ которой корни погибали. Положительные изгибы, вызванные такими типичными ядовитыми веществами, какъ соли мѣди, свинца или ртути происходятъ оттого, что ростъ прилегающей къ блоку части корня является сильно задержаннымъ или даже совершенно остановленнымъ. Такимъ образомъ изгибы, наблюдаемые Newcombe'омъ и Rhodes при сильныхъ концентраціяхъ N_2HPO_4 , слѣдуетъ отнести къ изгибамъ травматическимъ, вызваннымъ поврежденіемъ корешка, а не къ явленіямъ хемотропизма; тѣмъ болѣе, что и съ біологической точки зрѣнія это трудно объяснить.

Для избѣжанія такихъ травматическихъ изгибовъ авторъ усовершенствовалъ методъ Newcombe'a слѣдующимъ образомъ. Въ круглой чашкѣ наполненной 3%-желатиной онъ вырѣзывалъ какъ разъ по срединѣ ямку емкостью около 20 см. и туда вливалъ растворъ испытуемаго вещества, а проростки втыкалъ въ желатину на различномъ разстояніи отъ середины. Еще лучшіе результаты получались, когда испытуемое вещество прибавлялось къ желатинѣ, а ямка была наполнена чистымъ пескомъ и туда былъ посаженъ проростокъ. При такомъ методѣ корень росъ въ условіяхъ болѣе близкихъ къ нормальнымъ, вслѣдствіе чего и результаты получились болѣе опредѣленные. Типичные яды, какъ соли тяжелыхъ металловъ, которые при методѣ Newcombe'a и Rhodes вызывали положительный изгибъ, у Lilienfeld'a при его методѣ заставляли корни изгибаться въ противоположную сторону и такимъ образомъ избѣгать вреднаго вліянія этихъ веществъ. Точныя измѣренія роста показали,

что методъ, избранный американскими изслѣдователями, вліяетъ въ высшей степени вредно на ростъ корней, задерживая его сильно и вызывая поврежденія.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ авторъ пользовался методомъ Kny¹⁾, употребляя стекляныя пластинки, покрытыя слоемъ влажнаго песка; въ срединѣ дѣлался желобокъ для положенія корня проростка, а песокъ, прилегающій съ одной стороны, пропитывался растворомъ испытуемой жидкости.

Благодаря усовершенствованному методу, кромѣ корней *Lupinus albus* удалось констатировать хемотропизмъ у корней *Pisum sativum*, *Vicia Faba*, *Cicer arietinum*, *Cucurbita Pepo* и *Helianthus annuus*. У всѣхъ этихъ корней химическія вещества вызываютъ отклоненіе корня отъ первоначальнаго направленія роста въ сторону, откуда происходитъ диффузія или въ противоположную, смотря по тому, какъ дѣйствуетъ вещество на корень — притягивающимъ образомъ или отталкивающимъ. Величина и направленіе отклоненія корня зависятъ отъ химическаго состава и отъ количества испытуемаго вещества. Нѣкоторыя вещества могутъ вызывать только одного рода отклоненіе въ одну или другую сторону (положительный или отрицательный хемотропизмъ); иныя дѣйствуютъ въ зависимости отъ количества — въ слабой концентраціи положительно, въ болѣе сильной отрицательно.

Наиболѣе сильно привлекаютъ къ себѣ фосфаты и соли нѣкоторыхъ легкихъ металловъ, тогда какъ хлористыя соединенія, азотнокислыя и сѣрно-кислыя и всѣ соли тяжелыхъ металловъ, какъ и нѣкоторые органическіе яды вызываютъ отрицательный изгибъ, смотря потому, въ какомъ количествѣ дѣйствуютъ на растеніе.

Въ заключеніе авторъ высказываетъ предположеніе, что, вѣроятно, корешки по мѣрѣ роста становятся чувствительнѣе къ химическимъ раздражителямъ, такъ какъ корень проростка въ первое время главной своей функціей имѣетъ механическое укрѣпленіе растенія, и послѣ того какъ эта задача исполнена, онъ, благодаря появленію боковыхъ корней и корневыхъ волосковъ, долженъ нести работу снабженія растенія питательными солями.

Такимъ образомъ, благодаря вышеназваннымъ работамъ Newcombe'a и Rhodes, Sammet'a и Lilienfeld'a, хемотропизмъ корня вышелъ изъ сферы гипотезъ и является вполне доказаннымъ фактическими данными.

Спрашивается, имѣютъ ли явленія, констатированныя мною въ изслѣдованіяхъ надъ реотропизмомъ, какое-нибудь отношеніе къ хемотропизму?

Въ моихъ опытахъ корни были погружены въ воду, въ которой находились извѣстныя вещества въ растворенномъ состояніи. Эти вещества дѣйствуютъ на корень химически со всѣхъ сторонъ одинаково; поэтому на первый

1) Kny. Der Einfluss des Lichtes auf das Wachstum der Bodenwurzeln. — Jahrbücher f. wissensch. Botanik. 1902. Bd. 38. P. 434.

взглядъ условія опыта могутъ показаться такими, что о хемотропизмѣ не можетъ быть рѣчи, такъ какъ главное условіе проявленія всякаго тропизма — это одностороннее дѣйствіе извѣстнаго раздражителя, вызывающее реакцію въ опредѣленномъ направленіи. Если же раздражитель дѣйствуетъ со всѣхъ сторонъ одинаково, тогда мы имѣемъ дѣло не съ тропизмомъ, а съ т. н. настіей; хотя и въ такихъ условіяхъ могутъ получиться движенія въ опредѣленномъ направленіи, но они уже зависятъ отъ дорсивентрального строенія органа. Примѣромъ такихъ движеній можетъ быть движеніе усиковъ подъ вліяніемъ измѣненій температуры или сонныя движенія листьевъ.

Въ хемотактическихъ движеніяхъ свободно плавающихъ организмовъ, какъ доказалъ Rother, проявляется разница въ чувствительности и мы различаемъ топотаксисъ — явленіе болѣе близкое къ тропизмамъ и фоботаксисъ — скорѣе напоминающее настическія движенія.

Такъ какъ корень является органомъ построеннымъ радіально, то отъ факта погруженія его въ вертикальномъ направленіи въ растворъ съ извѣстнымъ веществомъ, нельзя ожидать изгиба въ одномъ опредѣленномъ направленіи. Вещество можетъ повліять на приростъ — можетъ ускорить или задержать ростъ, или же можно ожидать подъ его вліяніемъ нѣкоторыхъ нутаціонныхъ движеній, направленныхъ въ разныя стороны.

Но надо замѣтить, что въ моихъ опытахъ всѣ изгибы происходили въ вертикальной плоскости теченія воды, изгибы въ сторону составляли большую рѣдкость. Съ другой стороны вода, въ которую были погружены корни, находилась не въ покоѣ, а въ постоянномъ движеніи.

Движеніе воды вызываетъ одностороннее раздраженіе; причемъ здѣсь дѣйствуютъ два фактора: 1) давленіе, вызывающее реотропическіе изгибы, 2) химическое дѣйствіе веществъ, растворимыхъ въ водѣ.

Во всякомъ растворѣ частицы или іоны раствореннаго вещества находятся въ постоянномъ движеніи и если мы представимъ себѣ тѣло, погруженное въ растворъ, частицы раствореннаго вещества будутъ производить на единицу поверхности погруженнаго тѣла въ единицу времени вполне опредѣленное число ударовъ; покаместъ вода находится въ покоѣ, количество ударовъ такихъ частицъ на единицу поверхности погруженнаго тѣла будетъ со всѣхъ сторонъ одинаково. Но если допустимъ, что вода приводится въ движеніе въ одномъ опредѣленномъ направленіи, тогда ясно, что количество ударовъ частицъ раствореннаго вещества на единицу поверхности въ единицу времени будетъ гораздо больше съ той стороны, откуда идетъ теченіе. Поэтому мы должны допустить, что и химическое дѣйствіе вещества на корень, погруженный въ растворъ, находящійся въ движеніи, съ одной стороны будетъ сильнѣе, чѣмъ съ остальныхъ сторонъ. Отсюда вытекаетъ, что, производя опыты надъ реотропизмомъ въ водѣ съ растворенными веществами, мы создаемъ условія благо-

пріятныя для проявленія хемотропизма. Такимъ образомъ большинство изученныхъ мною явленій относится къ вопросу вліянія хемотропизма на реотропизмъ.

Корень, погруженный въ растворъ, находящійся въ движеніи, попадаетъ въ такія условія, какъ еслибы на него дѣйствовалъ односторонне растворъ большей концентраціи, чѣмъ та, въ которой онъ находится.

Сопоставимъ теперь результаты, полученные другими изслѣдователями въ области хемотропизма, съ моими опытами.

Такое сравненіе возможно въ нѣкоторыхъ случаяхъ, благодаря тому, что объектомъ для опытовъ во всѣхъ 3-хъ работахъ по хемотропизму и въ моей были въ большинствѣ случаевъ корни *Lupinus albus*, и нѣкоторые опыты были произведены съ растворами тѣхъ же солей.

Общій результатъ, полученный мною надъ дѣйствіемъ водопроводной воды, Кнуповскаго раствора и растворовъ разныхъ солей, какъ нейтральныхъ, такъ и щелочныхъ былъ тотъ, что всѣ эти вещества задерживаютъ положительную реотропическую реакцію, заставляя корень въ нѣкоторыхъ случаяхъ изгибаться въ отрицательную сторону. Присутствіе названныхъ веществъ въ растворѣ вызываетъ появленіе какой-то неизвѣстной силы, дѣйствующей въ сторону прямо противоположную силѣ реотропизма. Для объясненія этого явленія мы можемъ допустить, что или 1) подъ вліяніемъ химическаго дѣйствія веществъ реотропическая чувствительность корня понижается или 2) одновременно съ положительнымъ реотропизмомъ дѣйствуетъ и отрицательный хемотропизмъ.

Если примемъ только первое предположеніе, то мы не въ состояніи объяснить отрицательныхъ изгибовъ, такъ какъ пониженіе чувствительности къ реотропизму должно бы дать лишь меньшій уголъ отклоненія, а въ крайнемъ случаѣ 0° — никакой реакціи. Въ виду этого мы должны принять второе предположеніе, что главнымъ дѣйствующимъ факторомъ въ этихъ явленіяхъ является отрицательный хемотропизмъ, хотя наравнѣ съ этимъ явленіемъ, быть можетъ, и существуетъ извѣстное пониженіе чувствительности къ тропизмамъ подъ вліяніемъ химическаго дѣйствія веществъ; но ни въ пользу этой гипотезы, ни противъ ея мы не имѣемъ никакихъ данныхъ.

Можетъ еще возникнуть вопросъ, не является ли специфическое дѣйствіе солей явленіемъ осмотического характера. Но опытъ 39 А и В даетъ ясный отвѣтъ: были взяты изосмотическіе растворы солей хлористаго калия KCl и азотнокислаго натрія NaNO₃ и реакція получилась различная въ первомъ случаѣ отрицательная, во второмъ слабая положительная.

Такимъ образомъ во всѣхъ моихъ опытахъ съ водопроводной водой, съ Кнуповскимъ растворомъ и растворами различныхъ солей изгибъ корешка являлся, вѣроятно, результатомъ дѣйствія двухъ силъ: положительнаго реотропизма и отрицательнаго хемотропизма.

Подтверждение этого мы находимъ въ работахъ изслѣдователей хемотропизма.

Newcombe и Rhodes нашли, что 0,28 % растворъ фосфорнокислаго натрія Na_2HPO_4 вызываетъ у корней *Lupinus albus* положительный изгибъ; въ то время какъ азотнокислый аммоній NH_4NO_3 , калий KNO_3 и кальцій $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и сѣрноокислый магній MgSO_4 соотвѣтствующей осмотической силы вызываютъ отрицательный изгибъ.

Въ моихъ опытахъ изъ этихъ солей изслѣдовалось 1) дѣйствіе селитры KNO_3 и получилась въ концентраціи 0,2% и 0,1% отрицательная реакція, а въ концентраціи 0,05% слабая положительная и 2) дѣйствіе слабаго раствора $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и получилась реакція почти нулевая (изъ 12-и корешковъ 7 росло прямо, 3 дали положительный изгибъ, 2 отрицательный). Такимъ образомъ и въ первомъ и во второмъ случаѣ наблюдался отрицательный хемотропизмъ, парализовавшій дѣйствіе положительнаго реотропизма.

Sammet изучалъ дѣйствіе на корни лунина 3-хъ солей неорганическихъ кислотъ, хлористаго калия, калийной селитры и гипса; послѣднія примѣнялись и въ моихъ опытахъ.

Растворъ селитры въ опытахъ Sammet'a въ глиняномъ сосудѣ былъ 25 %, 10 % и 5 %. Въ первомъ случаѣ при диффузіи соли въ воду изъ 6-и корешковъ, находящихся въ близкомъ разстояніи ($1\frac{1}{2}$ см.) отъ глинянаго сосуда, 4 дали отрицательный изгибъ и 2 положительный, всѣ остальные корешки (12 штукъ) на разстояніи 3 и 6 см. дали положительную реакцію. При концентраціи 10% только 1 ближайшій корешокъ далъ отрицательную реакцію, всѣ же остальные положительную; въ третьемъ случаѣ реакція получилась только положительная.

Этотъ результатъ, конечно, объясняется тѣмъ, что растворъ селитры, дѣйствовавшій на корни, былъ очень слабый. Нѣкоторое понятіе о концентраціи раствора въ сосудѣ съ водой мы можемъ получить изъ измѣреній автора диффузии раствора 2 % NaCl , находящагося въ глиняномъ сосудѣ.

По истеченіи 2 часовъ близъ наружной стѣнки сосуда концентрація была 0,012 %, на разстояніи 3 см. — 0,009 и на разстояніи 6 см. — 0,005 %; по истеченіи 20-и часовъ на тѣхъ же разстояніяхъ получились концентраціи 0,047 %, 0,041 % и 0,038 %.

Насколько слабыя концентраціи получились при методѣ Sammet'a, видно изъ того что, наполняя глиняный сосудъ 100 % уксусной кислотой, онъ получалъ отрицательные изгибы только въ ближайшемъ разстояніи отъ стѣнокъ сосуда, при концентраціи же въ 50 % — изъ 18-и корешковъ только 3 ближайшіе давали отрицательный изгибъ.

Мои опыты съ KNO_3 въ концентраціи 0,2% и 0,1% дали только отрицательный изгибъ; въ концентраціи 0,05% — слабый положительный, т. е. реотропизмъ вездѣ былъ задержанъ отрицательнымъ хемотропизмомъ.

Въ опытахъ Sammet'a съ гипсомъ пластинка послѣдняго погружалась въ воду на извѣстномъ разстояніи отъ корешковъ такъ, что концентрація была чрезвычайно слабая; неудивительно поэтому, что получились изгибы только положительные; въ моемъ же опытѣ корешки находились въ водѣ, почти насыщенной гипсомъ (0,2% растворъ, и не проявили совершенно реотропизма подѣ влияніемъ, повидимому, отрицательнаго хемотропизма.

Гораздо болѣе матеріала для сравненія даютъ опыты Lilienfeld'a надѣ влияніемъ различныхъ солей на тѣ же корни *Lupinus albus*, тѣмъ болѣе, что авторъ приводитъ и цифры концентраціи растворовъ. Однако надо замѣтить, что какъ въ опытахъ Sammet'a, такъ и въ опытахъ Lilienfeld'a испытуемые вещества дѣйствовали постепенно, проникая къ корню путемъ медленной диффузии, между тѣмъ условія моихъ опытовъ были таковы, что корень погружался въ данный растворъ и, слѣдовательно, вещество дѣйствовало на корень сразу.

Слѣдовательно, при условіяхъ моего опыта данная концентрація должна вызывать эффектъ болѣе сильный. Отсюда понятно, что концентрація, которая въ опытахъ Lilienfeld'a могла вызывать положительный изгибъ, въ моихъ опытахъ могла дѣйствовать отрицательно.

Выпишемъ изъ таблицъ Lilienfeld'a тѣ данныя, которыя даютъ матеріалъ для сравненія съ моими опытами.

Таблица XV.

Вещество.	Концентрація %	Число изслѣдов. корней.	Р е а к ц і я.		
			+	—	0
Кноповскій растворъ . . .	5	12	—	12	—
” ” . . .	2,5	12	—	12	—
” ” . . .	1	12	—	12	—
” ” . . .	0,5	12	—	12	—
” ” . . .	0,25	12	—	7	5
” ” . . .	0,1	12	—	4	8
” ” . . .	0,01	12	—	3	9
NaNO_3	0,5	18	—	7	11 (среди нихъ 8 со слаб. отриц. изгиб.)
KCl	1 или 0,1	20	—	18	2
KNO_3	1	50	10	14	26
”	0,1	12	8	—	4
K_2CO_3	1	20	18	—	2
”	0,1	12	11	—	1
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,1	16	—	16	—
”	1	12	—	12	—

Слѣдующая таблица позволитъ намъ сравнить эти данныя съ результатами моихъ опытовъ, произведенныхъ надъ тѣмъ же объектомъ — корнями *Lupinus albus*.

Таблица XVI.

Вещество.	Концентрація солей %	Реакція. Средн. уголъ изгиба.
Кноповскій растворъ . .	0,1	—18°
” ” . .	”	—22°
” ” . .	”	0 и —
NaNO ₃	0,085	+12°
KCl	0,1	0
”	0,074	—17°
KNO ₃	0,1	—32°
”	”	—2°
”	”	—1°
”	0,2	—3°
”	0,05	+12°
”	”	+5°
K ₂ CO ₃	0,1	0
”	0,033	0
”	0,011	+
Ca(NO ₃) ₂		7 корн. 0; 3+; 2—

Изъ сравненія данныхъ Lilienfeld'a съ моими мы видимъ, что они въ большинствѣ случаевъ не противорѣчатъ другъ другу. Кноповскій растворъ въ опытахъ Lilienfeld'a былъ очень слабый, такъ какъ онъ бралъ извѣстные проценты нормального раствора, содержащаго около 0,2% солей; такъ что всѣ концентрации, при которыхъ онъ получилъ отрицательные изгибы, были слабѣе моей (0,1%) солей; ясно поэтому, почему у меня въ Кноповскомъ растворѣ получались такіе сильные отрицательные изгибы.

Результаты дѣйствія растворовъ NaNO₃, KCl и Ca(NO₃)₂ совпадаютъ съ моими данными. Единственное сомнѣніе могутъ вызывать растворы KNO₃ и K₂CO₃, которые въ опытахъ Lilienfeld'a въ концентраціи 0,1% давали положительную реакцію, у меня же при той же концентраціи обнаруживали присутствіе отрицательнаго хемотропизма, но это объясняется, какъ я уже выше говорилъ, просто непосредственнымъ болѣе сильнымъ воздѣйствіемъ вещества на корень. И дѣйствительно, если взять ту же селитру растворъ 0,05% то, какъ видно изъ опытовъ 35-го и 36-го, отрицательный хемотропизмъ обнаруживается слабо, точно также въ опытахъ 54-мъ, 59-мъ и 60-мъ съ растворами KHCO₃ 0,02%

и K₂CO₃ 0,011% получается вполне хорошая реотропическая реакція. Быть можетъ, что если бы мы взяли болѣе слабые растворы солей и точно измѣрили бы углы отклоненій по сравненію съ дистиллированной водой, то обнаружился бы и положительный хемотропизмъ, т. е. въ чрезвычайно разбавленныхъ растворахъ извѣстныхъ солей уголъ реотропическаго отклоненія былъ бы больше, чѣмъ въ дистиллированной водѣ, если, конечно, данная соль не дѣйствуетъ специфически на ослабленіе чувствительности корня по отношенію къ реотропизму.

Дальше выдвигается вопросъ о дѣйствіи кислотъ.

Въ опытахъ Lilienfeld'a изслѣдовались слѣдующія кислоты: соляная 0,0001—0,1%, азотная 0,0001—0,1%, сѣрная 0,0001% и 0,001—0,1%, фосфорная 0,0001% и 0,001—0,1%, муравьиная 0,001% и 0,0001%, уксусная 0,001% и 0,0001%, винная 0,005% и 0,01%, лимонная 0,01% и яблочная 0,01%. Почти во всѣхъ этихъ опытахъ для всѣхъ взятыхъ корешковъ лупина получились отрицательные изгибы. Исключеніе составляютъ только фосфорная к. въ концентраціи 0,0001% и сѣрная въ такой же концентраціи, гдѣ около половины корешковъ реагировало положительно.

Спрашивается теперь, какъ объяснить „специфическое“ дѣйствіе кислотъ въ моихъ опытахъ, гдѣ получались чрезвычайно рѣзкіе положительные изгибы. Если мы рассмотримъ эти опыты: 43-й, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50 и 51-й и сопоставленіе результатовъ на таблицѣ XIV-ой, то замѣтимъ, что во всѣхъ этихъ опытахъ приростъ или былъ равнымъ 0 или былъ крайне задержанъ, и корешки въ большинствѣ случаевъ отмирали. Подобный случай мы видѣли у Newcombe'a и Rhodes, гдѣ корешокъ давалъ положительный изгибъ въ желатинѣ, содержащей 1,5% и даже 2% Na₂SO₄, отмирая затѣмъ. Lilienfeld доказалъ, что примѣняя методику Newcombe'a, мы получаемъ положительные изгибы даже подъ вліяніемъ типичныхъ ядовъ, какъ соли тяжелыхъ металловъ, но въ виду того, что здѣсь ростъ является задержаннымъ, такихъ изгибовъ мы не можемъ причислять къ области хемотропизма, такъ какъ они сопровождаются поврежденіемъ корня. Такимъ же образомъ, повидимому, придется объяснить и положительные изгибы, вызванные дѣйствіемъ кислотъ, такъ какъ они сопровождаются сильною задержкою роста и отмираніемъ корней.

Поэтому, если концентрація кислоты настолько слаба, что корень обнаруживаетъ значительный приростъ, мы можемъ ожидать тамъ проявленія отрицательнаго хемотропизма и это мы, дѣйствительно, видимъ въ опытѣ 45-мъ съ яблочной кислотой въ концентраціи 0,001%, гдѣ изъ 6 корешковъ 3 реагировали положительно, а 3 отрицательно. Точно также въ опытѣ 48-мъ съ водопроводной водой, къ которой прибавлено нѣсколько капель HCl, приростъ получился значительный, но и реакція отрицательная, вызванная сильнымъ проявленіемъ отрицательнаго хемотропизма.

Изъ опытовъ Sammet'a и Lilienfeld'a слѣдуетъ, что обезглавленные корни чувствительны къ хемотропизму. Мои опыты, если отбросимъ не относящееся къ этой области дѣйствіе кислотъ, показываютъ то же самое. Что касается вопроса, не является ли верхушка корня болѣе чувствительной, чѣмъ остальная часть, то для точнаго рѣшенія его у насъ покаместъ нѣтъ данныхъ. Можно бы ожидать, что обезглавленные корни должны реагировать хемотропически скорѣе и лучше, такъ какъ растворенныя въ водѣ вещества имѣютъ лучший доступъ къ внутреннимъ клѣткамъ корня.

Sammet доказалъ, что и слѣдовало ожидать, что если корень будетъ погруженъ въ воду, въ которой уже растворено немного испытываемаго вещества, то чувствительность его къ данному веществу значительно ослабляется и, чтобы вызвать такую же хемотропическую реакцію, нужно взять концентрацію значительно больше прежней. Для хемотропическихъ реакцій свободно движущихся микроорганизмовъ, какъ нпр. для живчиковъ папоротниковъ, привлекаемыхъ яблочной кислотой, доказано подчиненіе реакцій извѣстному закону Вебера. Вѣроятно, тотъ же законъ можетъ быть примѣненъ и къ реакціи хемотропизма корня.

Въ моихъ опытахъ корень былъ всегда погруженъ въ извѣстный растворъ. Дѣйствующимъ факторомъ, которымъ въ другихъ случаяхъ является болѣе крѣпкая концентрація, являлось движеніе воды. Поэтому можно ожидать, что при ускореніи движенія эффектъ хемотропической реакціи долженъ получиться болѣе сильный. Но онъ можетъ обнаружиться лишь при одномъ условіи, если чувствительность къ реотропизму не будетъ возрастать одинаково быстро. Хотя Newcombe вообще констатировалъ усиленіе реакціи съ увеличеніемъ скорости теченія до извѣстныхъ предѣловъ, но, къ сожалѣнію, точныхъ измѣреній угловъ отклоненія для разныхъ скоростей мы не имѣемъ. Было бы интересно поставить точные опыты надъ измѣненіемъ реотропической реакціи въ дистиллированной водѣ и съ другой стороны въ растворѣ какой-нибудь соли при постепенномъ увеличеніи скорости движенія.

Что съ увеличеніемъ скорости можетъ увеличиваться отрицательный хемотропизмъ, слѣдуетъ, повидимому, изъ моихъ опытовъ въ водопроводной водѣ. При средней скорости, развиваемой клиностатомъ, корешки *Lupinus albus* давали вообще отрицательную реакцію, но не всегда рѣзко выраженную, иногда очень слабую, между тѣмъ въ 2-хъ опытахъ съ примѣненіемъ большой скорости, изъ которыхъ одинъ приведенъ на стр. 64-ой (опытъ 62) всѣ корни дали ясно выраженную отрицательную реакцію.

Аэротропизмъ.

Эти явленія относятся, собственно говоря, къ области хемотропизма. Они были впервые изслѣдованы Molisch'емъ¹⁾ и отъ него же получили свое названіе. Molisch понималъ подъ понятіемъ аэротропизма способность растений извѣстнымъ образомъ реагировать на неравномѣрное распредѣленіе воздуха или газовъ въ окружающей средѣ. Существованіе такого рода чувствительности у корней подтверждено опытами Sammet'a²⁾, который изслѣдовалъ воздѣйствіе газовъ кислорода O, углекислоты CO₂, водорода H и разныхъ летучихъ веществъ.

Результаты, полученные Sammet'омъ относительно появленія положительныхъ и отрицательныхъ изгибовъ, не совпадаютъ съ показаніями Molisch'a, какъ для CO₂, такъ и для кислорода. Такъ нпр. Sammet нашелъ, что на неравномѣрное распредѣленіе кислорода корни отвѣчаютъ только положительнымъ изгибомъ, по Molisch'у же корни или сразу отворачиваются отъ сосуда, изъ котораго пропеходитъ на корни диффузія кислорода или даютъ легкое движеніе по направленію къ сосуду, но въ концѣ все-таки уходятъ отъ него прочь.

Почти одновременно съ работой Sammet'a появилась работа Miss M. E. Bennet³⁾, которая стремится свести аэротропические изгибы Molisch'a къ гидротропическимъ, но постановка этихъ опытовъ, какъ показали Sammet и В. Половцова⁴⁾ не выдерживаетъ критики.

В. Половцова, занявшись экспериментальными изслѣдованіями въ области аэротропизма, вводитъ новый терминъ „аэроидотропизмъ“ для обозначенія способности реагировать на неравномѣрное распредѣленіе въ окружающей средѣ того или другого газа, оставляя старый терминъ для явленій движенія растений подъ вліяніемъ недостатка воздуха съ одной стороны и притока съ другой.

Изслѣдованіе это касается только реакціи стеблей, но нѣкоторые общіе выводы должны касаться и корней. Такъ констатировано, что изслѣдуемое движеніе есть явленіе роста и что условія хорошаго роста, въ смыслѣ воздуха,

1) Molisch H. Ueber Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aërotropismus). — Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 90. 1884. P. 111 (21).

2) Sammet R. Untersuchungen über Chemotropismus und verwandte Erscheinungen bei Wurzeln, Sprossen und Pilzfäden. — Jahrbücher f. wiss. Botanik. Bd. 41. 1905. P. 611—649 (18).

3) Bennet M. E. Are roots aerotropic? — Botanical Gazette. Vol. XXXVII. 1904.

4) Половцова В. Н. Экспериментальныя изслѣдованія въ области тропизмовъ. — Ботаническій журналъ. 1907. № 516. Стр. 107—137. Polowzow Warszawa. Experimentelle Untersuchungen über die Reizerscheinungen der Pflanzen mit besonderer Berücksichtigung der Einwirkung von Gasen. — Berichte der deutsch. bot. Gesellschaft. 1908. B. XXVIa. H. 1. P. 50—69.

температуры, влажности являются необходимыми условиями и для хорошей реакции. Для воздействия газов сначала Molisch'емъ, затѣмъ Sammet'омъ было установлено путемъ обезглавливанія, что раздраженіе воспринимается тѣми же частями, которыя и реагируютъ, или обратно — реагируютъ тѣ части, которыя воспринимаютъ раздраженіе. Тотъ же результатъ полученъ и В. Половцовой для стеблей, но кромѣ того ей удалось констатировать при помощи метода локализации, что въ стеблѣ нѣтъ специфическаго органа или опредѣленно локализованной области для аэродотропизма.

Такимъ образомъ характеръ чувствительности здѣсь, какъ и слѣдовало ожидать, такой-же, какъ и вообще для хемотропизма и не отличается отъ реакции реотропизма, однако на ходъ послѣдняго аэродотропизмъ, повидимому, не оказываетъ никакого вліянія.

Гальванотропизмъ.

Въ 1882 году Elfving¹⁾ впервые констатировалъ фактъ, что гальванический токъ, подобно свѣту и силѣ земного притяженія, оказываетъ вліяніе на направленіе роста корней, погруженныхъ въ воду, вызывая въ нихъ изгибы. Въ большинствѣ случаевъ изгибы эти оказались положительными, но въ нѣкоторыхъ и отрицательными; Elfving объяснялъ это природой объекта. Müller-Hettlingen²⁾ производилъ опыты по методу Elfving'a, но получалъ изгибы только положительные; при иномъ методѣ получились и положительные и отрицательные изгибы.

Первые вызваны явленіями отмиранія корня и съ тропизмомъ ничего общаго не имѣютъ, вторые же, при которыхъ корень развивается нормально, слѣдуетъ считать гальванотропическими. Brunchorst³⁾ положительные изгибы корня выясняетъ поврежденіемъ электролитами, выделяющимися на положительномъ электродѣ. Эти вещества повреждаютъ корень и замедляютъ его ростъ, однако не кругомъ одинаково, но особенно сильно на той сторонѣ, которая обращена къ положительному электроду; здѣсь въ крайнемъ случаѣ ростъ можетъ прекратиться совершенно, на противоположной же сторонѣ онъ продолжается болѣе или менѣе сильно и потому корень изгибается, иногда очень круто. Если токъ силенъ, то это одностороннее повреждающее дѣйствіе его также сильно, оно преодолеваетъ гальванотропическое раздраженіе и корни

1) Elfving. Ueber eine Wirkung des galvanischen Stromes auf wachsende Wurzeln. — Botanische Zeitung. 1882. P. 267.

2) Müller-Hettlingen. Ueber galvanische Erscheinungen an keimenden Samen. — Pflüger's Archiv für Physiologie. 1883. Bd. 31. P. 193.

3) Brunchorst J. Die Funktion der Spitze bei den Richtungsbewegungen der Wurzeln. II. Galvanotropismus. — Berichte d. deutsch. Bot. Gesellsch. 1884. B. 2. S. 204.

изгибаются „положительно“ (т. е. въ сторону анода). При слабыхъ токахъ, напротивъ, это механическое дѣйствіе слабѣе гальванотропическаго раздраженія и подъ вліяніемъ послѣдняго корни изгибаются „отрицательно“ (т. е. къ отрицательному электроду). Brunchorst доказалъ, что положительное изгибаніе совершается и у обезглавленныхъ корней, отрицательные же, т. е. гальванотропическіе изгибы въ собственномъ смыслѣ, послѣ декапитации прекращаются. Корни изгибаются, если только ихъ кончики погружены въ воду, черезъ которую пущенъ токъ, что доказываетъ, что верхушка способна воспринимать гальванотропическое раздраженіе и передавать его дальше по корню.

Ришави¹⁾ полагаетъ, что между отрицательными и положительными гальванотропическими изгибами не существуетъ принципиальнаго различія и старается свести эти изгибы къ т. н. катафорическому дѣйствію гальваническаго тока, исходя изъ опытовъ Du Bois-Reymond'a надъ электролитическимъ эндосмозомъ въ бѣлковомъ цилиндрѣ.

Если помѣщать такой цилиндръ въ водѣ, гдѣ проходитъ токъ, то онъ изгибается въ сторону анода; явленіе это является результатомъ передвиженія воды, находившейся въ цилиндрѣ, подъ вліяніемъ тока отъ анода къ катоду и скопленія ея у послѣдняго. Отрицательные изгибы Ришави старается объяснить тѣмъ, что вода при слабомъ токѣ сначала скопляется на сторонѣ обращенной къ положительному полюсу.

Гипотеза Ришави не оправдывается послѣдующими изслѣдованіями Brunchorst'a²⁾ и Gassner'a³⁾. Gassner доказалъ точно, что между положительными и отрицательными изгибами существуетъ, дѣйствительно, существенное различіе. Положительные изгибы происходятъ вслѣдствіе пониженія тургора на положительной сторонѣ въ верхней части корня и задержки роста въ нижней его части; они вызываются одностороннимъ поврежденіемъ корня со стороны анода; изгибы эти съ тропизмами ничего общаго не имѣютъ.

Что касается отрицательныхъ изгибовъ, то Gassner подтвердилъ гипотезу Brunchorst'a, что это настоящіе изгибы подъ вліяніемъ раздраженія. Они не исчезаютъ въ плазмолизирующихъ жидкостяхъ, они не появляются при температурахъ ниже температуры роста, и по способу образованія напоминаютъ геотропическіе изгибы, такъ что гальванотропизмъ представляетъ аналогичное геотропизму паратропическое движеніе.

1) Rischawil L. Zur Frage über den sogenannten Galvanotropismus. — Bot. Centralbl. 1885. XII. P. 121—128 (58). Ришави. Къ вопросу о такъ называемомъ гальванотропизмѣ. — Одесса. 1885. 45 стр. (58a).

2) Brunchorst J. Zur Frage über den sogenannten Galvanotropismus. — Botan. Centralbl. 1885. Bd. XXIII. № 33. P. 192—198 (59).

3) Gassner G. Der Galvanotropismus der Wurzeln. — Botanische Zeitung 64. 1906. P. 150—222 (63).

Gassner доказалъ дальше значеніе плотности тока, зависящей отъ силы тока и величины поперечнаго сѣченія жидкости.

Погружая корешки въ желатинъ, изъ котораго кончики торчали свободно въ воздухѣ, при пропусканіи тока Gassner не получалъ никакихъ отрицательныхъ изгибовъ; это доказываетъ, что верхушка корня является единственнымъ чувствительнымъ органомъ для раздраженій гальванотропизма. Авторъ видитъ полную аналогію между трауматропизмомъ и гальванотропизмомъ. Въ пользу этой гипотезы, по мнѣнію автора, говорятъ 2 факта: 1) несомнѣнное поврежденіе положительной стороны корня и 2) точно также неподлежащая сомнѣнію перцепція раздраженія корневой верхушкой. Прибавляя къ раствору метиленовой сини, авторъ убѣдился, что краска глубже проникаетъ съ положительной стороны, и что это поврежденіе корня растягивается и на верхушку.

Другіе авторы однако стараются свести гальванотропизмъ къ хемотропизму, какъ нпр. Н. С. Schellenberg¹⁾. Послѣдній работалъ съ очень слабыми токами и съ разбавленнымъ растворомъ KCl (0,025 %) и нашелъ, что при одинаковой силѣ тока, направленіе изгиба зависитъ отъ концентраціи раствора. Корни, изгибающіеся въ слабыхъ концентраціяхъ по направленію къ катоду, при болѣе сильной концентраціи изгибаются къ аноду; такое измѣненіе реакціи для KCl происходило при концентраціи 0,2—0,4 %. Основываясь на этихъ опытахъ, авторъ старается свести гальванотропизмъ къ хемотропизму.

Въ гомогенномъ растворѣ соли, рассуждаетъ Schellenberg, въ корнѣ мы не замѣчаемъ никакихъ отклоненій отъ направленія роста. Но лишь только появляются (хотя бы слабыя) разницы въ концентраціи, обнаруживается отклоненіе отъ вертикальнаго направленія. Въ этомъ случаѣ кончикъ корня обращается въ сторону большей концентраціи. Отъ гомогеннаго раствора растворъ съ разницей въ концентраціи отличается передвиженіемъ іоновъ, которое происходитъ съ различной скоростью. Это и вызываетъ отклоненіе корня. Слѣдствіемъ передвиженія іоновъ является появленіе электрическихъ токовъ (токи концентраціи). Эти токи протекаютъ такимъ образомъ, что токъ идущій отъ болѣе слабой къ болѣе крѣпкой концентраціи несетъ положительный зарядъ, въ то время какъ токъ противоположный является отрицательнымъ. Если по-этому при слабыхъ разницахъ концентраціи кончикъ обращается въ сторону большей концентраціи, то это является вполне равнозначнымъ съ изгибомъ по направленію къ катоду, какъ показываетъ опытъ съ примѣненіемъ электрическаго тока. На основаніи этого Schellenberg принимаетъ, что хемотропизмъ и гальванотропизмъ явленія вполне идентичныя. Оба происходятъ отъ

1) Schellenberg H. C. Untersuchungen über den Einfluss der Salze auf die Wachstumsrichtung der Wurzeln, zunächst an der Erbsenwurzel. — Flora 96. 1906. P. 474 bis 499 (62).

передвиженія іоновъ и связанныхъ съ нимъ до сихъ поръ неизвѣстныхъ измѣненій въ протоплазмѣ корневыхъ клѣтокъ. Единственное существенное отличіе, состоитъ, по мнѣнію автора, въ томъ, что въ хемотропизмѣ передвиженіе іоновъ вызвано разницей концентраціи, въ гальванотропизмѣ же электрическимъ токомъ.

Эта гипотеза не можетъ объяснить одного факта. Опытами Brunchorst'a и Gassner'a установлено, что для гальванотропическихъ отрицательныхъ изгибовъ чувствительностью обладаетъ только верхушка корня, точно также и въ опытахъ Schellenberg'a при слабомъ токѣ обезглавленные корни не давали никакихъ изгибовъ, ни положительныхъ ни отрицательныхъ; изъ опытовъ же надъ хемотропизмомъ извѣстно, что обезглавленные корни даютъ реакцію (Sammet, Lilienfeld). На основаніи этого факта отрицательнаго гальванотропическаго изгиба мы никакъ не можемъ отнести къ реакціи хемотропизма, а какъ мы видѣли, Gassner привелъ весьма вѣскія данныя, говоряція въ пользу того, что мы здѣсь имѣемъ дѣло съ трауматропизмомъ.

Schellenberg'у, благодаря тому, что онъ производилъ опыты съ чрезвычайно слабыми токами удалось открыть, какъ замѣчаетъ Ротертъ¹⁾ въ своемъ критическомъ рефератѣ о гальванотропизмѣ, новую область явленій. Положительные изгибы, какіе онъ получалъ при усиленіи концентраціи соли, не имѣютъ ничего общаго съ изгибами Elfvig'a и являются настоящими гальванотропическими изгибами. Такъ какъ съ повышеніемъ концентраціи соли уменьшается плотность тока, то Ротертъ полагаетъ, что въ положительныхъ изгибахъ Schellenberg'a можно видѣть первую стадію гальванотропической реакціи при токахъ очень слабой плотности; съ усиленіемъ плотности тока положительные изгибы исчезаютъ; при извѣстной средней плотности (optimum) нѣтъ никакой реакціи и затѣмъ съ увеличеніемъ плотности появляются отрицательные гальванотропическіе изгибы, которые подъ вліяніемъ вреднаго вліянія химическихъ веществъ, задерживающихъ приростъ корня съ одной стороны, переходятъ въ такъ наз. изгибы Elfvig'a въ положительную сторону.

Такимъ образомъ по этой схемѣ въ зависимости отъ плотности тока гальванотропизмъ долженъ протекать въ 3-хъ фазахъ: 1) фаза положительнаго гальванотропизма, 2) фаза отрицательнаго гальванотропизма, 3) изгибы Elfvig'a. — Послѣдніе изгибы по изслѣдованіямъ Gassner'a складываются изъ 2-хъ изгибовъ: одного въ верхней части корня на разстояніи 6—16 см. и второго въ нижней части на разстояніи 2—6 mm. Первый изгибъ начинается немедленно и достигаетъ maximum'a по истеченіи 2—3 часовъ; онъ сводится къ измѣненію тургора клѣтокъ. Что касается второго изгиба въ нижней зонѣ, то онъ появляется позже (не раньше 1 часа) и зависитъ по Gassner'у отъ односторонняго замедленія роста на вогнутой сторонѣ.

1) W. Rothert. Die neuen Untersuchungen über den Galvanotropismus der Pflanzenwurzeln. — Zeitschr. f. allgem. Physiologie. B. VII. 1907. P. 142—164 (64).

Хотя эти изгибы въ окончательной фазѣ не относятся къ явленіямъ тропизмовъ, но такъ какъ они вызваны, вѣроятно, вреднымъ одностороннимъ дѣйствіемъ химическихъ веществъ, то я думаю, ихъ появленіе, быть можетъ, связано съ хемотропизмомъ. При непосредственномъ воздѣйствіи какого-нибудь вещества мы должны отличать двѣ фазы: 1) вещество дѣйствуетъ раздражающимъ образомъ на протоплазму клѣтокъ, вызывая хемотропическіе изгибы, и 2) послѣ болѣе продолжительнаго времени оно можетъ дѣйствовать разрушающимъ образомъ, вызывая явленія патологическаго характера. Интересно указаніе Brunchorst'a, что даже въ слабомъ токъ, когда для цѣльныхъ корней реакція получается только отрицательная, корни обезглавленные реагируютъ положительно.

Значитъ какъ будто въ корни есть уже стремленіе къ положительному изгибу, но мѣшаетъ ему дѣйствіе корневой верхушки, обусловливающей отрицательный изгибъ.

Извѣстную аналогію можно видѣть между этимъ положительнымъ изгибомъ и тѣми изгибами, какіе получали Newcombe и Rhodes подѣ влияніемъ Na_2HPO_4 : сначала при слабой концентраціи получался изгибъ подѣ влияніемъ положительнаго хемотропизма; такой же изгибъ получался дальше подѣ влияніемъ сильной концентраціи (1,5% и 2%), отъ которой корень погибалъ, такъ что дальше мы уже имѣемъ дѣло не съ явленіемъ хемотропизма, а съ явленіемъ, зависящимъ отъ поврежденія корня.

Нѣкоторую аналогію представляютъ также явленія сильнаго положительнаго изгиба въ моихъ опытахъ надѣ реотропизмомъ подѣ влияніемъ кислотъ; этотъ изгибъ тоже зависитъ, вѣроятно, отъ поврежденія.

Такимъ образомъ новѣйшія изслѣдованія надѣ гальванотропизмомъ приводятъ нѣкоторыхъ авторовъ къ отрицанію существованія подобнаго рода чувствительности; изгибы подѣ влияніемъ электрическаго тока сводятся къ трауматропизму или къ хемотропизму. Покаместъ однако вопросъ нельзя считать рѣшеннымъ.

Трауматропизмъ.

Отъ односторонняго пораненія кончика корня посредствомъ порѣза, дѣйствія химическаго вещества, нпр. ляписа, прижиганія и т. д. получается изгибъ въ обратную сторону, появляющійся приблизительно съ такою же скоростью, какъ и реакція геотропизма. Это явленіе впервые подмѣтилъ Ch. Darwin¹⁾ и оно было затѣмъ подтверждено опытами Wiesner'a²⁾, Kirchner'a¹⁾, Detlefsen'a²⁾ Burgerstein'a³⁾ и въ особенности Spalding'a⁴⁾.

1) Darwin Ch. I. c. p. 127 (1).

2) а) Wiesner J. 1881. I. c. p. 141 (2). б) Wiesner J. Untersuchungen über die Wachstumbewegungen der Wurzeln. — Sitzungsberichte d. Kais. Akademie d. Wiss. Wien. Bd. 89. Abt. I. P. 223 (50).

ner'a¹⁾, Detlefsen'a²⁾ Burgerstein'a³⁾ и въ особенности Spalding'a⁴⁾. Послѣдній доказалъ, что только верхушка на разстояніи 1,5 mm. чувствительна къ такому раздраженію, и отъ нея идетъ импульсъ къ растущей зонѣ. То же самое подтверждаетъ и Pollock⁵⁾. Однако есть въ литературѣ указанія на возможность чувствительности и остальной части корня. Такъ Detlefsen получилъ реакцію, когда сдѣлалъ порѣзъ на разстояніи 5 mm. отъ конца. Также Mac Dougal⁶⁾ предполагаетъ, что не только верхушка чувствительна. То же самое замѣчаетъ и Fitting⁷⁾.

Надо отличать однако, какъ указываетъ Pfeffer⁸⁾, типичный трауматропизмъ отъ односторонняго дѣйствія химическихъ агентовъ, которые, задерживая ростъ или измѣняя тургоръ, вызываютъ изгибы, не имѣющіе ничего общаго съ тропизмами.

Спрашивается, не были ли нѣкоторые изгибы въ моихъ опытахъ надѣ реотропизмомъ въ тѣхъ случаяхъ, когда получалась отрицательная реакція, трауматропическаго характера, въ зависимости отъ поврежденія верхушки со стороны тока воды. Какъ мы видѣли, въ реакціи корней цѣльныхъ и обезглавленныхъ въ качественномъ отношеніи не было никакой разницы; поэтому и нельзя ихъ объяснить трауматропизмомъ, такъ какъ въ такихъ случаяхъ корни обезглавленные не реагировали бы вовсе. Однако изъ факта, что вездѣ, гдѣ получились отрицательные изгибы, уголъ отклоненія у цѣльныхъ корней былъ немного болѣе, чѣмъ у обезглавленныхъ, можно предположить, что и трауматропизмъ сыгралъ въ этомъ изгибѣ извѣстную роль, хотя далеко не главную.

Положительные же изгибы, вызванные дѣйствіемъ кислотъ, слѣдуетъ отнести къ чисто механическимъ поврежденіямъ, вызваннымъ сильнымъ одностороннимъ поврежденіемъ корня.

1) Kirchner. Ueber die Empfindlichkeit der Wurzelspitze für die Einwirkung der Schwerkraft. Stuttgart. 1882.

2) Detlefsen E. I. c. p. 642 (3).

3) Burgerstein A. Ueber das Empfindungsvermögen der Wurzelspitze. — 18. Jahresber. d. Leopoldstäd. Komunal-Real- und Obergymnasium. Wien. 1882. S. 16 (48).

4) Spalding V. M. The traumatropic curvature of roots. — Annals of Botany. Bd. 8. 1894. P. 423 (52).

5) Pollock J. B. The mechanism of root curvature. — Botanical Gazette. 1900. 29. P. 1 (54).

6) Mac Dougal D. T. The curvature of roots. — Botanical Gazette. 1897. 23. P. 307 (53).

7) Fitting H. Die Reizleitungsvorgänge bei den Pflanzen. — Wiesbaden. 1907. P. 27 (11).

8) Pfeffer W. Pflanzenphysiologie. II. Bd. 2. Aufl. Leipzig. P. 591 (9).

Тигмотропизмъ.

Раздражимость, вызванная прикосновением твердаго тѣла, ясно и рѣзко выступающая особенно у усиковъ, у спорангіеносцевъ гриба *Phycomyces* и у щупальцевъ росянки (*Drosera*), въ подземныхъ корняхъ проявляется въ весьма слабой степени.

Существованіе такой раздражимости для воздушныхъ корней было доказано изслѣдованіями Mohl'a¹⁾, Darwin'a²⁾, Treub'a³⁾, Went'a⁴⁾ и Ewart'a⁵⁾; естественно, поэтому можно было полагать, что она существуетъ и у подземныхъ корней. Единственнымъ фактомъ, на который ссылались всѣ, это были опыты Sachs'a⁶⁾, который, укрѣпляя возлѣ растущаго корня булавки или куски дерева такъ, чтобы они прикасались къ растущей зонѣ, получали положительные изгибы.

Darwin⁷⁾ предполагалъ, что существуетъ и отрицательный тигмотропизмъ, основываясь на опытахъ сънаклеиваніемъ кусковъ картона на кончикахъ корня, однако Wiesner⁸⁾, который это явленіе назвалъ „Дарвиновскимъ изгибомъ“ показалъ, что оно вызвано химическимъ дѣйствіемъ клея (шеллакъ въ спиртовомъ растворѣ) на кончикъ. Прикладывая песчинки или кусочки дерева къ кончику корня такъ, чтобы они только прикасались безъ всякаго клея, онъ не получалъ никакихъ изгибовъ. Если смочимъ съ одной стороны кончикъ корня каплей спирта, то получимъ отрицательный изгибъ. Что эти изгибы вызваны поражениемъ кончика при приклеиваніи подтвердили дальше опыты Detlefsen'a⁹⁾ и Burgerstein'a¹⁰⁾. Tomaschek¹¹⁾ пытался доказать по-

1) Mohl H. Ueber den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen. Tübingen. 1827. (39).

2) Darwin Ch. The movements and habits of climbing plants. II. Edit. — London. 1875. P. 185—138 (40).

3) Treub M. Sur une nouvelle catégorie des plantes grimpantes. — Annales du Jardin Botan. de Buitenzorg. Vol. III. 1882. P. 177 (41).

4) Went. Ueber die Haft- und Nährwurzeln bei Kletterpflanzen und Epiphyten. — Annales du Jardin Bot. de Buitenzorg. XII. 1894. P. 1 (42).

5) Ewart A. J. On contact irritability. — Annales du Jardin Bot. de Buitenzorg. XV. 1898. P. 234 (43).

6) Sachs J. Ueber das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. I. — Arbeiten des Botan. Instituts Würzburg. I. P. 437—439 (44).

7) Darwin Ch. u. Fr. I. c. (1).

8) Wiesner J. I. c. (2).

9) Detlefsen E. I. c. (3).

10) Burgerstein. I. c. (48).

11) Tomaschek A. Zu Darwins „Bewegungsvermögen“ der Pflanzen. I. Ueber die Darwin'sche Wurzelkrümmung. — Oest. Bot. Zeitschr. XXXII. 1882. № 11. P. 353 bis 357 (49).

ложение Darwin'a, приклеивая къ кончику корня куски бумаги посредствомъ вещества, по его мнѣнію, индифферентнаго, какъ глина, но Burgerstein¹⁾ доказалъ, что при высыханіи глины происходитъ сильное сжатіе, дѣйствующее на прилегающую ткань корня, и вызываетъ реакцію вслѣдствіе поврежденія кончика. Существованія отрицательнаго тигмотропизма не могъ подтвердить и Spalding²⁾, сводя „изгибъ Дарвина“ къ явленіямъ трауматропизма.

Такимъ образомъ въ пользу существованія тигмотропизма корня, долго говорили только опыты Sachs'a. Но въ послѣднее время Newcombe³⁾ доказалъ, что эти изгибы трауматического характера, такъ какъ зависятъ отъ химическаго свойства тѣла, прикасающагося къ корню. Это химическое дѣйствіе влечетъ за собою задержку роста, и положительный изгибъ появляется въ силу чисто механическихъ причинъ.

Повторяя опыты Sachs'a, Newcombe нашелъ, что если при всѣхъ равныхъ условіяхъ къ корню прикасается палочка стекла или тюльпаннаго дерева (*Liriodendron tulipifera*) или бѣлой сосны (*Pinus Strobus*), то изгиба не бываетъ; напротивъ, получается ясный положительный изгибъ, какъ въ опытахъ Sachs'a, если къ корню прикасается булавка, латунная проволока или кусокъ дерева желтой сосны (*Pinus palustris*) или бѣлаго дуба (*Quercus alba*). Кромѣ опытовъ Sachs'a, опровергнутыхъ Newcombe'омъ, единственное доказательство въ пользу существованія положительнаго тигмотропизма мы еще находимъ у Némec'a⁴⁾ для корней *Vicia Faba*. Но Newcombe⁵⁾ со своей стороны приводитъ доказательство существованія тигмотропизма корня на основаніи опытовъ, о которыхъ мы уже выше говорили⁶⁾. Такого рода чувствительностью, хотя весьма слабою, обладаетъ какъ кончикъ, такъ и зона роста и явленіе реотропизма, по мнѣнію Newcombe'a, вызывается только давленіемъ на корень и сводится къ тигмотропизму. Главнымъ доказательствомъ для этого вывода служить опытъ съ корешками, реагировавшими реотропически, несмотря на то, что были снабжены на концѣ чехликами изъ коллодіума. Изъ условій опыта однако является весьма возможнымъ, что вода могла проникать къ корнямъ и

1) Burgerstein A. Einige Bemerkungen zu Darwin'schen Wurzelkrümmung. — Oester. Bot. Zeitschr. 1882. XXXII. № 12. P. 386—387 (50).

2) Spalding. I. c. (52).

3) Newcombe F. C. Sachs angebliche thigmotropische Kurven an Wurzeln waren traumatisch. — Beihefte zum Botanischen Centralblatt. Bd. XII. H. 2. P. 243 bis 247 (47).

4) Némec B. Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — Jahrbücher f. wissensch. Botanik. XXXVI. 1901. P. 87 (46).

5) Newcombe F. C. Thigmotropism of terrestrial roots. — Beihefte zum Bot. Centralbl. 1904. Bd. XVII. H. 1. P. 61—84 (18).

6) Стр. 19 и 20.

сквозь коллоидальные чехлики. Съ другой стороны противъ вывода, сдѣланнаго Newcombe'омъ, говорятъ его собственные опыты, приведенные въ работѣ о реотропизмѣ¹⁾. Если реотропизмъ, дѣйствительно, сводится къ тигмотропизму, то можно ожидать, что въ водѣ, въ которой подвѣшены частицы твердаго вещества, реакція будетъ наступать скорѣе и углы изгибовъ будутъ больше. Newcombe произвелъ 2 подобнаго рода опыта съ *Helianthus annuus*: въ одномъ къ движущейся водѣ была подсыпана тончайшая пшеничная мука, въ другомъ — глина. Вода, взятая для контрольных опытовъ, была профильтрована черезъ фильтръ Berkefeld'a. Въ первомъ случаѣ корешки въ фильтрованной водѣ дали болѣе ясный изгибъ, чѣмъ въ водѣ, содержащей муку; во второмъ случаѣ реакція въ обѣихъ средахъ наступила одновременно, и углы изгибовъ были приблизительно одинаковы.

Если бы даже принять, какъ доказанный фактъ, что въ реотропическомъ раздраженіи дѣйствующимъ факторомъ является давленіе воды, то и такъ отождествлять реотропизма съ тигмотропизмомъ, по моему мнѣнію, нельзя, такъ какъ съ послѣднимъ словомъ связано уже вполне опредѣленное понятіе раздражимости подъ вліяніемъ прикосновенія твердаго тѣла, какъ это мы видимъ у усиковъ. Послѣдніе, какъ доказалъ Pfeffer²⁾, дѣйствіемъ жидкости совершенно не раздражаются; если же дѣйствовать жидкостью, содержащею подвѣшенныя твердыя частицы, тогда наступаетъ реакція — явленіе какъ разъ совершенно другого рода, чѣмъ въ реотропизмѣ, гдѣ, какъ видно изъ опытовъ Newcombe'a, примѣсь твердыхъ частицъ нисколько не усиливала, и въ одномъ случаѣ даже задерживала реакцію.

Такимъ образомъ приходится оставить терминъ „реотропизмъ“ за особой группой явленій раздражимости подъ вліяніемъ движущейся воды, оставляя открытымъ вопросъ, что является дѣйствующимъ факторомъ: давленіе воды или же вода, какъ вещество. Мои опыты надъ вліяніемъ незначительныхъ примѣсей на ходъ реакціи реотропизма указали во всякомъ случаѣ на весьма тѣсную связь реотропизма съ хемотропизмомъ.

Связь между этими двумя тропизмами бросается также въ глаза, если будемъ группировать всѣ тропизмы корня съ точки зрѣнія протяженія полосы чувствительности, такъ какъ въ обоихъ случаяхъ чувствительной является не только верхушка, но и зона роста. Въ этомъ отношеніи къ этимъ тропизмамъ примыкаетъ еще азотропизмъ, термотропизмъ, да такъ наз. „изгибы Elfving'a“ въ явленіи гальванотропизма, въ то время какъ въ другую группу, гдѣ чувствительность сосредоточена главнымъ образомъ въ верхушкѣ корня, слѣдуетъ при-

1) l. c. p. 356.

2) Untersuchungen aus d. Botanisch. Institut zu Tübingen. 1835. Bd. I. p. 483.

числить остальные тропизмы, а именно: геотропизмъ, гелиотропизмъ, гальванотропизмъ, гидротропизмъ и трауматропизмъ.

Не совсѣмъ понятнымъ съ біологической точки зрѣнія является тотъ фактъ, что вещество совершенно индифферентное по отношенію къ физиологическому питанію, какъ чистая дистиллированная вода, въ опытахъ надъ реотропизмомъ является средой, въ которой явленіе реотропической раздражимости выступаетъ особенно рѣзко. Въ литературѣ мы встрѣчаемъ однако указаніе на фактъ подобнаго рода, а именно въ опытахъ Correns'a¹⁾ подъ щупальцами росянки (*Drosera*), гдѣ точно также подъ вліяніемъ дистиллированной воды получалась реакція. Быть можетъ, что чувствительность нѣкоторыхъ объектовъ къ химическимъ раздражителямъ настолько велика, что она можетъ проявиться даже подъ вліяніемъ тѣхъ ничтожныхъ примѣсей, какія могутъ находиться и въ дистиллированной водѣ.

3) Botanische Zeitung. 1896. Bd. 54. p. 25.

Резюме.

I часть. Исторія вопроса представляет сводку свѣдѣній о реотропизмѣ — рефераты работъ В. Jönnson'a, А. Berg'a, Н. О. Juel'a и F. C. Newcombe'a.

II часть. Опыты съ водяной пылью. Пользуясь специальнымъ аппаратомъ, изображеннымъ на стр. 26-й, рис. 3, авторъ подвергалъ корни проростковъ дѣйствию водяной пыли, выдуваемой посредствомъ насоса изъ пульверизатора. Результаты получились слѣдующіе.

1. Корни проростковъ нѣкоторыхъ растений обнаруживаютъ известную чувствительность по отношенію къ струѣ распыленной воды, производя изгибы въ сторону, откуда ударяетъ водяная пыль. Наиблучшую реакцію давали корни *Lupinus albus*: кромѣ того подобнаго рода чувствительностью обладаютъ корни *Zea Mays*, *Ricinus communis*, *Phaseolus multiflorus*, *Helianthus annuus* и *Vicia Faba* (табл. IX, на стр. 30-ой).

2. Чтобы реакція обнаружилась, нужно, чтобы водяная пыль ударяла со значительной силой и дѣйствовала болѣе продолжительное время (минимумъ 5—6 часовъ, но вполне ясная реакція получалась только по истеченіи сутокъ). Нѣжная водяная пыль, а равнымъ образомъ и движеніе насыщеннаго паромъ воздуха не производятъ на корни никакого дѣйствія.

3. Обнаруженная чувствительность присуща всей растущей части корня: кончикъ корня, вѣроятно, одинаково чувствителенъ, какъ и остальная часть, такъ какъ декапитация на реакцію не оказываетъ никакого вліянія.

4. Стебли проростковъ подобнаго рода чувствительностью не обладаютъ.

5. По условіямъ опыта и способу проявленія реакціи названную чувствительность можно причислить къ явленіямъ реотропизма, хотя лучше всего реагирующие реотропически объекты, какъ *Vicia sativa*, *Brassica Napus*, *Avena sativa* и *Fagopyrum esculentum* не дали никакой реакціи.

III часть. Опыты въ движущейся водѣ. Авторъ подвергъ испытанію вліяніе среды на ходъ реакціи реотропизма. Исслѣдованія велись при вращеніи сосуда съ водою на клиностатѣ по методу Pfeffer'a и Juel'a при скорости вращенія отъ 50 до 70 см. въ 1 минуту. Объектами служили главнымъ образомъ корни проростковъ *Lupinus albus*, *Vicia sativa*, *Phaseolus multiflorus*, а въ одномъ случаѣ и *Ricinus communis*.

Опыты производились въ дистиллированной водѣ, въ водопроводной водѣ, въ Кноповскомъ растворѣ, въ растворахъ солей: KNO_3 , KCl , NaNO_3 , $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KHCO_3 и K_2CO_3 и кислотъ: лимонной, яблочной и соляной. Опыты производились параллельно по сравненію съ реакціей въ дистиллированной водѣ. Реакція отмѣчалась по

истеченіи 24-хъ часовъ, причемъ въ большинствѣ случаевъ измѣрялся приростъ и углы отклоненія отъ вертикальной линіи. Одна половина корешковъ, взятыхъ для опыта, была обезглавлена. Часть опытовъ производилась при температурѣ воды отъ 16—19° С., часть при болѣе низкой отъ 10°—15° С.

Результаты, сведенные на табл. XIII и XIV, на стр. 90-й и 91-й, получились слѣдующіе:

1. Незначительныя примѣси въ водѣ могутъ измѣнять ходъ реотропической реакціи, вслѣдствіе чего въ опытахъ надъ реотропизмомъ мы должны обращать вниманіе на среду, чего не дѣлали предыдущіе изслѣдователи этого явленія.

2. Реакція реотропизма для всѣхъ объектовъ лучше всего протекаетъ въ дистиллированной водѣ. Въ параллельныхъ опытахъ съ дистиллированной и водопроводной водой тѣ же самые объекты реагировали различно:

a) Корни *Lupinus albus* въ дистиллированной водѣ давали хорошіе положительные изгибы, въ водопроводной же водѣ или не было реакціи или была реакція отрицательная.

b) Подобную отрицательную реакцію въ водопроводной водѣ дали и корни *Ricinus communis*.

c) Корни *Vicia sativa* въ дистиллированной водѣ гораздо скорѣе давали положительный реотропическій изгибъ, чѣмъ въ водопроводной. По истеченіи сутокъ, какъ въ первой, такъ и во второй средѣ обыкновенно получалась уже одинаковая реотропическая реакція, но часто въ дистиллированной водѣ реакція была гораздо лучше, чѣмъ въ водопроводной.

d) На исходъ реакціи у корней *Vicia sativa* сильное вліяніе имѣетъ раса, съ какою производится опытъ, подобно тому, какъ это доказано Newcombe'омъ для различныхъ расъ *Zea Mays*.

e) Корни *Phaseolus multiflorus*, признанные Newcombe'омъ нечувствительными къ реотропизму, въ дистиллированной водѣ даютъ вполне ясные положительные реотропическіе изгибы.

3. Присутствіе въ дистиллированной водѣ раствора нейтральныхъ солей, какъ KNO_3 , NaNO_3 , KCl , CaSO_4 , кислыхъ, какъ KHCO_3 или щелочныхъ, какъ K_2CO_3 въ концентраціи около 0,1 % (отъ 0,2 % до 0,05 %) въ большинствѣ случаевъ парализуетъ ходъ реотропической реакціи, заставляя иногда корни *Lupinus albus* изгибаться въ отрицательную сторону; причемъ замѣчается задержка прироста по сравненію съ дистиллированной водой.

4. При болѣе слабыхъ концентраціяхъ солей, нпр. KHCO_3 0,02 % или K_2CO_3 0,01 % уже получается ясная положительная реотропическая реакція.

5. Въ Кноповскомъ растворѣ (1 grm. солей на 1 литръ воды), несмотря на лучший приростъ по сравненію съ дистиллированной водой, положительная реотропическая реакція является весьма слабой, иногда же, какъ нпр. у корней *Lupinus albus* получаютъ отрицательные изгибы.

6. Въ слабыхъ растворахъ кислотъ, какъ лимонная (0,01 %), яблочная (0,002 %, 0,001 %) или соляная (0,0002 %, 0,00015 %) положительный реотропическій изгибъ, несмотря на сильную задержку роста, появляется гораздо скорѣе, чѣмъ въ дистиллированной водѣ. Въ виду отсутствія дальнѣйшаго роста у такихъ корней, изгибы эти не могутъ быть причислены къ явленіямъ тропизмовъ; они, вѣроятно, вызваны одностороннимъ поврежденіемъ корня подъ вліяніемъ кислоты.

7. Различіе въ реакціи въ дистиллированной и водопроводной водѣ для корней *Lupinus albus* выступаетъ ясно и при весьма различной скорости движенія воды.

8. Для избранныхъ объектовъ — *Lupinus albus*, *Vicia sativa* и *Phaseolus multiflorus* — даже при болѣе низкой температурѣ 10—15° C. въ дистиллированной водѣ получалась ясная положительная реакція. При болѣе высокой температурѣ въ 28° C. разница въ реакціи въ дистиллированной и водопроводной водѣ особенно для корней *Lupinus albus* дѣлалась незамѣтной, вѣроятно, вследствие усиленія путаціонныхъ движеній.

9. Между приростомъ корня и реотропической реакціей нѣтъ никакой пропорціональной зависимости; въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ въ растворахъ солей, съ задержкой роста связана задержка положительной реотропической реакціи; въ другихъ же случаяхъ, какъ нпр. въ Кноповскомъ растворѣ при усиленномъ приростѣ замѣчается задержка реотропической реакціи.

10. Корни, обезглавленные на разстояніи 1 mm. отъ конца, въ дистиллированной водѣ реагируютъ лучше (отклоняются больше отъ вертикали), чѣмъ цѣльные, что зависитъ отъ вліянія геотропизма и является однимъ изъ косвенныхъ доказательствъ въ пользу большей чувствительности къ геотропизму кончика корня по сравненію съ растущей зоной.

Изъ сопоставленія всѣхъ тропизмовъ корня, сдѣланнаго въ IV части, можно сдѣлать слѣдующіе выводы.

1. Вышеприведенныя явленія изгибовъ корня въ различной средѣ могутъ быть объяснены явлениями хемотропизма корня, доказанными изслѣдованіями Newcombe'a и Rhodes, Sammet'a и Lilienfeld'a. Необходимая для проявленія тропизма разница въ концентраціи съ 2-хъ сторонъ корня въ опытахъ надъ реотропизмомъ замѣняется движеніемъ среды, вследствие чего іоны, движущіеся въ растворѣ, должны производить съ одной стороны корня болѣе сильное химическое дѣйствіе, чѣмъ съ другой.

2. Отождествлять реотропизмъ корня съ тигмотропизмомъ, какъ это дѣлаетъ Newcombe, нѣтъ достаточныхъ основаній.

Работа эта исполнена въ Лейпцигѣ въ ботанической лабораторіи проф. W. Pfeffer'a, которому я выражаю глубокую благодарность за предоставленіе всѣхъ средствъ Института, за живой интересъ къ моей работѣ и руководство; точно также выражаю сердечную признательность д-ру A. Nathansohn'у за помощь во время работы.

Кромѣ того считаю пріятнымъ долгомъ выразить свою искреннюю благодарность 1) Краковской Академіи Наукъ, присудившей мнѣ стипендію имени Ендржея Снядецкого и этимъ доставившей мнѣ возможность болѣе продолжительное время работать за границей и 2) Обществу Естествоиспытателей при Императорскомъ Юрьевскомъ Университетѣ, принявшему на себя печатаніе этой работы.

Resumé.

I. Teil. Die Geschichte der Frage stellt eine Zusammenfassung der Kenntnisse über den Rheotropismus dar — Referate der Arbeiten von B. Jönirson, A. Berg, H. O. Juel und Newcombe.

II. Teil. Versuche mit dem Wasserstrahlgebläse. Mit Hilfe eines speziellen Apparates, dessen Abbildung Seite 26 Fig. 3 zeigt, setzte der Autor Wurzeln von Keimlingen der Wirkung des Wasserstaubes, der mittels eines Wasserstrahlgebläses aus dem Pulverisator erhalten wurde, aus. Die Resultate waren folgende:

1. Die Wurzeln der Keimlinge einiger Pflanzen weisen der Wasserstreu gegenüber eine gewisse Empfindlichkeit auf, indem sie sich nach der Seite, woher die Wasserstreu kommt, krümmen. Die beste Reaktion zeigten die Wurzeln von *Lupinus albus*; eine ähnliche Reizbarkeit besitzen ausserdem die Wurzeln von *Zea Mays*, *Ricinus communis*, *Phaseolus multiflorus*, *Helianthus annuus* und *Vicia Faba* (Tab. IX, S. 30).

2. Um das Hervortreten der Reaktion zustande zu bringen, ist erforderlich, dass die Wasserstreu mit beträchtlicher Kraft und längere Zeit einwirke (minimum 5—6 Stunden, ein ganz klares Hervortreten der Reaktion konnte jedoch erst nach Verlauf von 24 Stunden erzielt werden). Eine zarte Wasserstreu, sowie die Bewegung der mit Dampf gesättigter Luft, wirkt auf die Wurzeln in keiner Weise ein.

3. Die zu Tage getretene Reizbarkeit ist dem ganzen wachsenden Teil der Wurzel eigen; die Spitze der Wurzel ist wahrscheinlich ebenso empfindlich, wie der übrige Teil, da eine Dekapitation auf die Reaktion keinen Einfluss ausübt.

4. Die Stengel der Keimlinge besitzen keine derartige Empfindlichkeit.

5. Nach den Bedingungen des Versuches und der Art der Reagierung kann man genannte Empfindlichkeit zu den Erscheinungen des Rheotropismus zählen, obgleich die sonst rheotropisch am besten reagierenden Objekte, als *Vicia sativa*, *Brassica Napus*, *Avena sativa* und *Fagopyrum esculentum* keinerlei Reaktion ergaben.

III. Teil. Versuche im Wasserstrom. Autor prüfte den Einfluss des Mediums auf den Verlauf der rheotropischen Reaktion. Die Untersuchungen wurden nach der Methode von Pfeffer und Juel an einem mit Wasser gefüllten, auf dem Klinostat rotierenden, Gefäss angestellt, wobei die Umdrehungsgeschwindigkeit 50—70 cm. in der Minute betrug. Als Objekte dienten hauptsächlich Keimwurzeln von *Lupinus albus*, *Vicia sativa*, *Phaseolus multiflorus* und in einem Fall auch von *Ricinus communis*. Die Versuche wurden ausgeführt in destilliertem Wasser, Leitungswasser, in der Knop'schen Lösung, in Lösungen von Salzen: KNO_3 , KCl , NaNO_3 , $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca(NO}_3)_2$, KHCO_3 und K_2CO_3 .

und Säuren: Citronen-, Apfel- und Salzsäure. Die Versuche wurden parallel im Vergleich mit der Reaktion in destilliertem Wasser angestellt. Die Reaktion wurde nach Verlauf von 24 Stunden notiert, wobei in den meisten Fällen der Zuwachs und der Deklinationswinkel von der Vertikalen gemessen wurden. Die Hälfte der zum Versuch verwandten Wurzeln war dekapitiert. Ein Teil der Versuche wurde bei einer Wassertemperatur von 16—18° C. ausgeführt, der andere bei einer niedrigeren von 10°—15° C. Es wurden dabei folgende, auf Tab. XII und XIV, Seite 90 und 91, zusammengefasste Resultate erzielt.

1. Unbedeutende Beimengungen zum Wasser können den Verlauf der rheotropischen Reaktion verändern, weshalb man bei Versuchen über Medium zu achten hat, was die bisherigen Untersucher dieser Erscheinung unterlassen haben.

2. Die Reaktion des Rheotropismus verläuft für alle Objekte am besten in destilliertem Wasser. Bei Parallelversuchen mit destilliertem Wasser und Leitungswasser reagierten dieselben Objekte verschieden:

a) Die Wurzeln von *Lupinus albus* ergaben in destilliertem Wasser gute positive Krümmungen, in Leitungswasser dagegen erfolgte entweder gar keine Reaktion oder eine negative.

b) Eine ähnliche negative Reaktion in Leitungswasser ergaben auch die Wurzeln von *Ricinus communis*.

c) Die Wurzeln von *Vicia sativa* ergaben in destilliertem Wasser viel schneller eine positive rheotropische Krümmung, als in Leitungswasser. Nach Verlauf von 24 Stunden ergab sich gewöhnlich, wie im ersten, so auch im zweiten Medium, schon eine gleiche rheotropische Reaktion, in destilliertem Wasser jedoch war die Reaktion oft eine viel bessere, als in Leitungswasser.

d) Von grosser Bedeutung für das Ergebnis der Reaktion bei Wurzeln von *Vicia sativa* ist die Rasse, mit der die Versuche angestellt werden, so wie das auch nach Newcombe's Beweisen für verschiedene Rassen von *Zea Mays* der Fall ist.

e) Wurzeln von *Phaseolus multiflorus*, die von Newcombe als rheotropisch unreizbar bezeichnet wurden, ergeben in destilliertem Wasser ganz deutliche positive rheotropische Krümmungen.

3. Das Vorhandensein in destilliertem Wasser einer Lösung neutraler Salze, als KNO_3 , NaNO_3 , KCl , CaSO_4 , saurer, als KHCO_3 oder alkalischer Salze, als K_2CO_3 in einer Konzentration von etwa 0,1% (von 0,2% bis 0,05%), paralyisiert in den meisten Fällen den Verlauf der rheotropischen Reaktion, wobei die Wurzeln von *Lupinus albus* mitunter eine negative Krümmung annehmen; hierbei ist eine Zuwachshemmung im Vergleich mit jenem in destilliertem Wasser zu beobachten.

4. Bei schwächeren Konzentrationen der Salze, z. B. KHCO_3 0,02% oder K_2CO_3 0,01% ergibt sich schon eine deutliche positive rheotropische Reaktion.

5. In der Knop'schen Lösung (1 grm. der Salze auf 1 Liter Wasser) ist, abgesehen von einem besseren Zuwachs im Vergleich mit jenem in destilliertem Wasser, die positive rheotropische Reaktion sehr gering; mitunter ergeben sich sogar, wie z. B. bei Wurzeln von *Lupinus albus* negative Krümmungen.

6. In schwachen Lösungen von Säuren, als Citronen- (0,01%), Apfel- (0,002%, 0,001%) oder Salzsäure (0,0002%) tritt die positive Krümmung, abgesehen vom starken Zurückbleiben des Wachstums, viel schneller ein, als in destilliertem Wasser. Diese Krümmungen können, in Ermangelung eines ferneren Wachstums solcher Wurzeln, nicht zu den

rheotropischen Erscheinungen gezählt werden; sie werden wahrscheinlich durch einseitige Beschädigung der Wurzel unter dem Einfluss der Säure hervorgerufen.

7. Der Unterschied in der Reaktion in destilliertem und Leitungswasser tritt für die Wurzeln von *Lupinus albus* auch bei sehr verschiedener Schnelligkeit in der Strömung des Wassers deutlich hervor.

8. Die gewählten Objekte — *Lupinus albus*, *Vicia sativa* und *Phaseolus multiflorus* — ergaben sogar bei niedrigerer Temperatur von 10—15° C. in destilliertem Wasser eine deutliche positive Reaktion. Bei einer höheren Temperatur von 25° C. wurde der Unterschied in der Reaktion in destilliertem und Leitungswasser besonders für die Wurzeln von *Lupinus albus* ein unmerkbarer, wahrscheinlich infolge einer Verstärkung der Nutationsbewegungen.

9. Zwischen dem Zuwachs der Wurzel und der rheotropischen Reaktion besteht keine proportionelle Abhängigkeit; in einigen Fällen, wie in Lösungen von Salzen, ist mit dem Zurückbleiben des Wachstums eine Hemmung der positiven rheotropischen Reaktion verbunden; in anderen Fällen dagegen, wie z. B. in der Knop'schen Lösung ist bei verstärktem Zuwachs eine Hemmung der rheotropischen Reaktion zu beobachten.

10. Die auf 1 mm. Entfernung von der Spitze dekapitierten Wurzeln reagieren in destilliertem Wasser besser (weichen mehr von der Vertikalen ab) als heile, was mit dem Geotropismus zusammenhängt und einer von den indirekten Beweisen dafür ist, dass die Wurzelspitze im Vergleich mit der Wachstumszone eine grössere Reizbarkeit aufweist.

Aus dem, im IV. Teil durchgeführten, Vergleich aller Tropismen der Wurzel lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Die oben angeführten Krümmungserscheinungen der Wurzel in verschiedenen Medien können durch die chemotropischen Erscheinungen der Wurzel, die durch die Untersuchungen von Newcombe und Rhodes, Sammet und Lilienfeld bewiesen sind, erklärt werden. Der zum Hervorrufen eines Tropismus erforderliche Unterschied in der Konzentration von 2 Seiten einer Wurzel wird in den Versuchen über Rheotropismus durch die Bewegung des Mediums ersetzt, infolgedessen die in der Lösung sich bewegenden Ionen von der einen Seite der Wurzel eine stärkere chemische Wirkung ausüben müssen, als von der anderen.

2. Den Rheotropismus der Wurzel mit dem Thigmotropismus zu identifizieren, wie Newcombe es tut, sind keine genügenden Gründe vorhanden.

Diese Arbeit ist in Leipzig im botanischen Laboratorium Prof. W. Pfeffer's ausgeführt, dem ich hiermit meinen tiefempfundenen Dank dafür ausdrücke, dass mir alle Mittel des Instituts zur Disposition gestellt wurden, sowie für das lebhafteste Interesse für meine Arbeit und seine Anleitung; gleicherweise drücke ich meine herzlichste Erkenntlichkeit Dr. A. Nathanson für die Hilfe während der Arbeit aus. Ausserdem halte ich es für eine angenehme Pflicht, meinen aufrichtigsten Dank abzustatten: 1) der Krakauer Akademie der Wissenschaften, welche mir das Stipendium auf den Namen J. Śniadecki zugesprochen und dadurch die Möglichkeit, längere Zeit im Auslande zu arbeiten, geboten hat und 2) der Naturforscher-Gesellschaft an der Kaiserlichen Jurjewer Universität, die den Druck dieser Arbeit übernommen hat.

Литература¹⁾.

Общая.

1. 1880. Darwin Charles and Francis. The power of movement in plants. John Murray. 1880. — Deutsche Uebersetzung von J. Victor Carus. Stuttgart. 1881.
2. 1881. Wiesner Julius. Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Eine kritische Studie über das gleichnamige Werk von Ch. Darwin nebst neuen Untersuchungen. Wien. 1881.
3. 1882. Detlefsen Emil. Ueber die von Darwin behauptete Gehirnfunktion der Wurzelspitze. — Arbeiten aus dem Botan. Institut in Würzburg. 1882. Bd. II. P. 627—647.
4. 1887. Sachs Julius. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Auflage. Leipzig. 1887.
5. 1892. Frank. Lehrbuch der Botanik. Bd. II. Leipzig. 1892.
6. 1893. Ротертъ В. О послѣдствіяхъ обезглавливанія (отрѣзыванія верхушки) у нѣкоторыхъ органовъ растений. Съ 2 рисунками въ текстѣ. — Труды Общ. Естеств. при Имп. Казан. Ун. Т. XXVI, вып. 5. 77 стр.
- 6a 1894. Rothert W. Die Streitfrage über die Funktion der Wurzelspitze. Eine kritische Literaturstudie. — Flora. Ergänzungsband. 1894. Bd. 79. P. 179—218.
7. 1894. Kohl F. G. Die Mechanik der Reizkrümmungen. — Marburg. 1894.
8. 1902. Massart J. Sur l'irritabilité des plantes supérieures. I, II, III. — Mémoires publ. par l'Acad. roy. de Belgique. 62. 1902.
9. 1904. Pfeffer W. Pflanzenphysiologie. 2. Auflage. Bd. II. Leipzig. 1904.
10. 1907. Fitting H. Die Reizleitungsvorgänge bei den Pflanzen. Eine physiologische Monographie. — S. aus Ergebnisse der Physiologie. IV. u. V. J. 1907.
11. 1908. Jost L. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Jena. 1908.

1) Литература всѣхъ тропизмовъ корня болѣе близкихъ къ реотропизму собрана, по возможности, полностью; въ виду обширности литературы по геотропизму, приведены только важнѣйшія работы, въ особенности касающіяся роли кончика корня, какъ имѣющія болѣе близкое отношеніе къ разбираемому вопросу.

Спеціальная.

Реотропизмъ.

12. 1883. Jönsson Bengt. Der richtende Einfluss strömenden Wassers auf wachsende Pflanzen und Pflanzenteile (Rheotropismus). — Berichte d. deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. I. 1883. P. 512—521.
13. 1896. Newcombe Frederick F. Rheotropism and the relation of response to stimulus. — Botanical Gazette. Vol. 22. 1896. P. 242. — Proceedings of American Association for the Advancement of Science. 1896.
14. 1899. Berg Alfred. Studien über Rheotropismus bei den Keimwurzeln der Pflanzen. I. Allgemeine Untersuchungen. — Lunds Universitets Årskrift (Acta Univ. Lundensis). Bd. XXXV. 1899. Af. 2. № 6. 35 pp.
15. 1900. Juel H. O. Untersuchungen über den Rheotropismus der Wurzeln. — Pringsheim's Jahrbücher f. wissenschaft. Botanik. Bd. 34. 1900. 507—538.
16. 1902. Newcombe Frederick C. The rheotropism of roots. — Botanical Gazette. Vol. XXXIII. 1902. I. P. 177—198; 263—283; 341—362.
17. 1902. Newcombe Frederick C. The sensory zone of roots. — Annals of Botany. V. 16. 1902. P. 429—447.
18. 1904. Newcombe Frederick C. Thigmotropism of terrestrial roots. — Beihefte zum Botanischen Centralblatt. Bd. XVII. H. 1. 1904. P. 61—84.

Хемотропизмъ.

19. 1904. Newcombe Fr. C. and Rhodes Anna L. Chemotropism of roots. — Botanical Gazette. Vol. XXXVII. 1904. № 1. P. 23—35.
20. 1905. Sammet Robert. Untersuchungen über Chemotropismus und verwandte Erscheinungen bei Wurzeln, Sprossen und Pilzfäden. — Pringsheim's Jahrbücher f. wissenschaft. Botanik. Bd. 41. 1905. P. 611—649.
21. 1905. Lilienfeld Maurice. Ueber den Chemotropismus der Wurzel. — Beihefte zum Botanisch. Centralblatt. Bd. XIX. Abt. 1. H. 1. P. 131—212.
- 21a 1905. Lilienfeld M. Dasselbe. (Vorläuf. Mitteil.) — Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. 1905. Bd. XXIII. P. 91—96.

Аэротропизмъ.

22. 1884. Molisch H. Ueber Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aërotropismus). — Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 2. 1884. P. 160.
- 22a 1884. Molisch H. Ueber Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aërotropismus). — Sitzungsberichte d. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien. Math.-nat. Kl. Bd. 90. 1884. Abt. 1. P. 111.
23. 1904. Bennet M. E. Are roots aerotropic? — Botanical Gazette. Vol. XXXVII. 1904.

24. 1907. Половцова В. Н. Экспериментальные изслѣдованія въ области тропизмовъ. — Ботанический Журналъ, издав. отд. Ботаники Имп. С.-Петербург. Общ. Ест. 1907. № 5/6. P. 107—137 (изслѣд. надъ стеблемъ).
- 24a 1908. Polowzow Warwara. Experimentelle Untersuchungen über die Reizerscheinungen der Pflanzen, mit besonderer Berücksichtigung der Einwirkung von Gasen. — Berichte d. deutsch. Botan. Gesellsch. 1908. Bd. XXVla. H. 1. P. 50—69.

Гидротропизмъ.

25. 1754. Bonnet C. Untersuchungen über den Nutzen der Blätter bei den Pflanzen und einige andere zur Geschichte des Wachstums der Pflanzen gehörige Gegenstände; nebst dessen Versuchen und Beobachtungen über das Wachstum der Pflanzen in anderen Materien als Erde. — II. Aufl. nach der neuesten franz. Originalausgabe verbessert und mit Zusätzen vermehrt von Christian Friedrich Boeckh. Ulm. 1803. II. Abt. P. 35.
26. 1758. Duhamel du Monceau. La physique des arbres; où il est traité de l'anatomie des plantes et de l'économie végétale; pour servir d'instruction au traité complet des bois et des forests; avec une dissertation sur l'utilité des méthodes de botanique et une explication des termes propres à cette science et qui sont en usage pour exploitation des bois et des forêts. — Paris. 1758. Partie II. Chap. VI. P. 141.
27. 1800. Darwin Erasmus. Phytologia; or the philosophy of agriculture and gardening. 4^o. London. 1800. P. 144.
28. 1801. Lefebure. Experiences sur la germination des plantes. — Strasbourg. 1801. P. 50.
29. 1811. Knight Thomas Andrew. On the causes which influence the direction of the growth of roots. — Philosophical Transactions 1811. P. 252. — Deutsche Uebersetzung. Ueber die Ursachen, die auf Richtung und Wachstum der Wurzeln einwirken. — Sechs pflanzenphysiologische Abhandlungen von Th. A. Knight (1803—1812). Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaft. № 62. Leipzig. 1895. P. 12—26.
30. 1815. Keith Patrick. On the developement of the seminal germ. — Trans. of the Linn. Soc. XI. 1815. P. 252—269.
31. 1829. Johnson Henry. The unsatisfactory nature of the theories proposed to account for the radicles in the germination of seedshewn by experiments. — Edinburgh new philosophical journal 1829. P. 312—317.
32. 1837. Dutrochet M. H. De la direction opposée des tiges et des racines. — Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux. T. II. Paris. 1837. P. 2—5.
33. 1858. Duchartre P. Influence de l'humidité sur la direction des racines. — Bulletin de la Société botanique de France. 1856. T. III. P. 583—591.
34. 1871. Ciesielski Theophil. Untersuchungen über Abwärtskrümmung der Wurzel. — Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 1871. I. H. 2. P. 1—20.
35. 1872. Sachs Julius. Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch feuchte Körper. — Arbeiten d. Botan. Instituts in Würzburg. Bd. I. 1872. P. 209—222.

36. 1879. Sachs Julius. Ueber Ausschliessung der geotropischen und heliotropischen Krümmung während des Wachsens. — Arbeiten des Botan. Instituts in Würzburg. Bd. II. 1879. P. 209—225.
1880. Darwin № 1. I. c.
1881. Wiesner № 2. I. c.
37. 1881. Mer E. De l'hydrotropisme des racines. — Bull. Soc. bot. de France. XVIII. 1881. № 3. P. 115—121.
1882. Detlefsen № 3. I. c.
38. 1883. Molisch Hans. Untersuchungen über den Hydrotropismus. — Sitzungsberichte d. K. Akademie d. Wissenschaften. Wien. Bd. 88. Abt. I. 1883. P. 897—942.
1894. Rothert W. № 6. I. c.

Тигмотропизмъ.

Воздушные корни.

39. 1827. Mohl H. Ueber den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen. — Tübingen. 1827.
40. 1865. Darwin Ch. The movements and habits of climbing plants. II edit. London. 1875. P. 185—188.
41. 1882. Treub M. Sur une nouvelle catégorie des plantes grimpantes. — Annales du Jardin Botan. de Buitenzorg. Vol. III. 1882. P. 177.
42. 1894. Went. Ueber die Haft- und Nährwurzeln bei Kletterpflanzen und Epiphyten. — Annales du Jardin Bot. de Buitenzorg. XII, 1.
43. 1898. Ewart A. E. On contact irritability. — Annales du Jardin Botan. de Buitenzorg. XV. 1898. P. 234.

Подземные корни.

44. 1874. Sachs J. Ueber das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. I. — Arbeiten des Botan. Instituts. Würzburg. I. P. 437—439.
45. 1900. Newcombe F. Thigmotropism of roots. — Science. New series. XIII. P. 250.
46. 1901. Němec B. Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — Jahrbücher f. wissensch. Botanik. XXXVI. 1901. P. 87.
47. 1902. Newcombe F. C. Sachs' angebliche thigmotropische Kurven an Wurzeln waren traumatisch. — Beihefte zum Botanischen Centralblatt. Bd. XII, H. 2. 243—247.
1904. Newcombe, № 18. I. c.

Трауматропизмъ.

1881. Darwin Ch. № 1.
1881. Wiesner J. № 2.
1882. Detlefsen. № 3.

48. 1882. Burgerstein A. Ueber das Empfindungsvermögen der Wurzelspitze mit Rücksicht auf die Untersuchungen von Ch. Darwin. — Sep. Abdr. aus XVIII. Jahresber. d. Leopoldstädter Real-Obergymn. Wien. 1882. 24 pp.
49. 1882. Tomaschek A. Zu Darwin's „Bewegungsvermögen“ der Pflanzen. I. Ueber Darwin'sche Wurzelkrümmung. — Oester. Bot. Zeitschr. 1882. XXXII. № 11. P. 353—387.
50. 1882. Burgerstein A. Einige Bemerkungen zur Darwin'schen Wurzelkrümmung. — Oesterreich. Botan. Zeitsch. 1882. XXXII. № 12. P. 386—387.
51. 1884. Wiesner J. Untersuchungen über die Wachstumsbewegungen der Wurzeln. — Sitzungsberichte d. K. Akademie d. Wiss. Wien. Bd. 89. Abt. I. P. 223.
52. 1894. Spalding V. M. The traumatropic curvature of roots. — Annals of Botany. Bd. 8. 1894. P. 423.
53. 1897. Mac Dougal D. T. The curvature of roots. — Botanical Gazette. 1897. 23. P. 307.
54. 1900. Pollock J. B. The mechanism of root curvature. — Botanical Gazette. 1900. 29.

Гальванотропизмъ.

55. 1882. Elfving F. Ueber eine Wirkung des galvanischen Stromes auf wachsende Wurzeln. — Botanische Zeitung. 1882. 40. P. 257.
56. 1883. Müller-Hettlingen J. Ueber galvanische Erscheinungen an keimenden Samen. — Archiv f. d. gesamte Physiologie. 1883. 31. 193.
57. 1884. Brunchorst J. Ueber die Funktion der Spitze bei den Richtungsbewegungen der Wurzeln. II. Galvanotropismus. — Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 2. 1884. P. 204.
58. 1885. Rischawi L. Zur Frage über den sogenannten Galvanotropismus. — Botanisches Centralblatt. 1885. XXII. P. 121—126.
- 58a 1885. Ришави Л. Къ вопросу о такъ называемомъ гальванотропизмъ. — Одесса. 1885. 45 стр.
59. 1885. Brunchorst J. Zur Frage über den sogenannten Galvanotropismus. — Botanisches Centralblatt. 1885. Bd. 23. № 33. P. 192—198.
60. 1889. Brunchorst J. Notizen über den Galvanotropismus. — S. A. aus „Bergens Museum Aarsberetning 1888“ Bergen. 1889.
61. 1905. Coehn A. u. Baratt W. Ueber Galvanotaxis vom Standpunkt der physikalischen Chemie. — Zeitschr. f. allgem. Physiologie. 1905. Bd. 5. H. 1. P. 7—8.
62. 1906. Schellenberg H. C. Untersuchungen über den Einfluss der Salze auf die Wachstumsrichtung der Wurzeln, zunächst an der Erbsenwurzel. — Flora. 1906. 96. P. 474—499.
63. 1906. Gassner Gustav. Der Galvanotropismus der Wurzeln. — Botanische Zeitung 64. 1906. P. 150—222.
64. 1907. Rothert W. Die neuen Untersuchungen über den Galvanotropismus der Pflanzenwurzeln. — Zeitschrift f. allgemeine Physiologie. 1907. VII. P. 142 bis 164.

Термотропизмъ.

65. 1885. Wortmann J. Ueber den Thermotropismus der Wurzeln. — Botanische Zeitung. Bd. 43. 1885. P. 193.
66. 1891. Klercker J. af. Die caloritropischen Erscheinungen bei einigen Keimwurzeln. — Sep. a. Öfversigt af K. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar. № 10. 1891.

Гелиотропизмъ.

67. 1843. Payer J. Compt. rend. T. XVII. 1843.
68. 1843. Dutrochet. Compt. rend. T. XVIII. P. 1169—1184; Annales des Sc. nat. 3 sér. T. II. P. 96—113.
69. 1846. Durand. Recherches et fuite de la lumière par les racines. — Compt. rend. 1846.
70. 1846. Dutrochet. Annales des sc. nat. 3 sér. T. V. 1846. P. 65—74.
71. 1851. Mohl H. v. Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. — Abdruck aus R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. 1851. P. 297.
72. 1860. Hofmeister. Berichte d. Kön. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1860. P. 175—213.
73. 1867. Hofmeister. Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig. 1867. P. 288 bis 299.
74. 1865. Sachs J. Experimentalphysiologie. Leipzig. 1865. P. 40—42.
75. 1872. Müller N. J. C. Botan. Untersuch. Leipzig. 1877. Bd. I. 57—82.
76. 1876. Müller H. (Thurgau). Ueber Heliotropismus. — Flora. 1876. P. 64.
78. 1879. Wiesner J. Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Eine physiologische Monographie. I. Th. — Denkschr. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 39. 1879. P. 143—209.
79. 1880. Wiesner J. Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. T. II. — Denkschr. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 43. P. 1—92.
1880. Darwin Ch. a. Fr. № 1. l. c. P. 412—414.
1881. Wiesner J. № 2. l. c. P. 37—84.
80. 1894. Rothert W. Ueber Heliotropismus. — Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. VII. H. 1. P. 140.
1894. Kohl F. G. Die Mechanik der Reizkrümmungen. Marburg. 1894. P. 25. № 7.
81. 1902. Kny. Der Einfluss des Lichtes auf das Wachstum der Bodenwurzeln. — Jahrb. f. wissensch. Botanik. 1902. Bd. 38.

Геотропизмъ.

82. 1806. Knight Th. A. Ueber die Richtung der jungen Wurzel und des jungen Stengels bei der Keimung. — Ostwald's Klassiker d. exakten Wissensch. № 62. S. 1.
83. 1873. Ciesielski Th. Untersuchungen über die Abwärtskrümmung der Wurzel. Cohn's Beiträge zur Biolog. d. Pflanzen. 1. H. 2. 1.

84. 1874. Sachs J. Ueber das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. II. — Arbeiten des botan. Instituts Würzburg. 1. 584.
1881. Darwin Ch. № 1. l. c.
1881. Wiesner J. № 2. l. c.
85. 1882. Darwin Fr. On the connection between geotropism and growth. — Journ. of the Linnean soc. Botany. 1. 218. 1881/1882.
1882. Detlefsen E. № 3. l. c.
86. 1882. Kirchner O. Ueber die Empfindlichkeit der Wurzelspitze für die Einwirkung der Schwerkraft. — Programm zur 64. Jahresfeier d. K. Würtemb. landwirtsch. Akad. Hohenheim. Stuttgart. 1882.
87. 1883. Kirchner O. Zum Wachstum dekapitierter Wurzeln. — Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1. 540.
88. 1883. Krabbe G. Zur Frage nach der Funktion der Wurzelspitze. — Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 1. 226.
89. 1883. Molisch H. Ueber das Längenwachstum geköpfter und unverletzter Wurzeln. — Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1. 362.
90. 1884. Brunchorst J. Die Funktion der Spitze bei den Richtungsbewegungen der Wurzeln. 1. Geotropismus. — Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 2. 78.
91. 1884. Firtsch G. Zur Kenntnis der geotropischen Reizbarkeit der Wurzelspitze. — Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 2. 248.
92. 1884. Krabbe G. Nochmals zur Frage nach der Funktion der Wurzelspitze. — Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 2. 196.
93. 1884. Stahl E. Einfluss des Lichtes auf den Geotropismus einiger Pflanzenorgane. — Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 2. 383.
94. 1884. Wiesner J. Note über die angebliche Funktion der Wurzelspitze beim Zustandekommen der geotropischen Krümmung. — Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 2. 72.
95. 1884. Wiesner J. Untersuchungen über die Wachstumsbewegungen der Wurzeln. — Sitzungsber. d. K. Akad. Wien. 89. Abtlg. 1. 223.
96. 1894. Pfeffer W. Geotropic sensitiveness of the root-tip. — Annales of botany. 8. 317.
97. 1894. Pfeffer W. Ueber die geotropische Sensibilität der Wurzelspitze. — Ber. d. K. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. Leipzig. Math.-nat. Kl. 46. 168.
98. 1895. Czapek F. Untersuchungen über Geotropismus. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. 27. 243.
1894. Rothert W. Die Streitfrage über die Funktion der Wurzelspitze. — Flora. 79. 179. № 6a.
99. 1895. Czapek F. Ueber die Richtungsursachen der Seitenwurzeln und einiger anderer plagiotroper Pflanzenteile. — Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. 104. Abtlg. I. 1197.
100. 1895. Czapek F. Ueber Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus. — Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. 104. Abt. 1. 337.
101. 1897. Czapek F. Ueber einen Befund an geotropisch gereizten Wurzeln. — Ber. d. deutsch. bot. Gesellschaft. 15. 516.
102. 1898. Czapek F. Weitere Beiträge zur Kenntnis der geotropischen Reizbewegungen. — Jahrb. f. wiss. Botanik. 32. 175.

103. 1898. Czapek F. Weitere Beiträge zur Kenntnis der geotropischen Reizbewegungen. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. 32. 175.
104. 1899. Darwin F. On geotropism and the localisation of the sensitive region. — Annals of botany. 13. 567.
105. 1899. Вахтель М. Къ вопросу о геотропизмъ корней. — Записки Новороссійск. Общ. Ест. Одесса. Т. 23. 1899.
106. 1900. Czapek F. Ueber den Nachweis der geotropischen Sensibilität der Wurzelspitze. — Jahrb. f. wiss. Botanik. 35. 313.
107. 1900. Němec C. Ueber die Art der Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 18. 241.
108. 1901. Czapek F. Ueber den Vorgang der geotropischen Reizperception in der Wurzelspitze. — Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch. 19. Generalvers.-Heft. P. 116.
109. 1901. Němec B. Der Wundreiz und die geotropische Krümmungsfähigkeit der Wurzeln. — Fünfstück's Beiträge zur wissenschaft. Botanik. 4. 186.
110. 1901. Němec B. Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik. 36. 80.
111. 1902. Němec B. Die Perception des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. — Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 20. 339.
112. 1902. Czapek F. Stoffwechselprozesse in der geotropisch gereizten Wurzelspitze und in phototropisch sensiblen Organen. — Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 20. 464.
113. 1902. Darwin Fr. On a method of investigating the gravitational sensitiveness of the root-tip. — Journ. of the Linnean soc. Botany. 35. 266. 1901/1904.
114. 1902. Richter E. Zur Frage nach der Funktion der Wurzelspitze. — Inaug.-Dissert. Freiburg i. Breisg. Wien. 1902.
115. 1903. Haberlandt G. Zur Statolithentheorie des Geotropismus. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. 38. 447.
116. 1904. Hering G. Untersuchungen über das Wachstum inversgestellter Pflanzenorgane. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. 40. 499.
117. 1904. Němec B. Einiges über den Geotropismus der Wurzeln. — Beihefte zum Botan. Centralblatt. 17. 45.
118. 1904. Piccard A. Neue Versuche über die geotropische Sensibilität der Wurzelspitze. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. 40. 94.
119. 1905. Czapek F. The anti-ferment reaction in tropistic movements of plants. — Annals of botany. 19. 75.
120. 1905. Fitting H. Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. — Jahrb. f. wissenschaft. Botanik. 41. 221.
121. 1908. Haberlandt G. Ueber die Verteilung der geotropischen Sensibilität in der Wurzel. — Jahrbücher f. wiss. Botan. XLV. 575—606.

Объяснение таблицъ.

Tafel-Erklärung.

Таблица I. Tafel I.

- Рис. I. Корни *Lupinus albus* въ распыленной водѣ. Опытъ 2, стр. 28.
 Fig. I. Die Wurzeln *Lupinus albus* im Wasserstaub. Versuch 2, S. 28.
 Рис. II. То же. Опытъ 15, стр. 33.
 Fig. II. Dasselbe. Versuch 15, S. 33.
 Рис. III. То же; указанъ приростъ. Опытъ 16, стр. 33.
 Fig. III. Dasselbe; Zuwachs angegeben. Versuch 16, S. 33.
 Рис. IV. Корни *Ricinus communis* въ распыленной водѣ. Опытъ 3, стр. 29.
 Fig. IV. Die Wurzeln *Ricinus communis* im Wasserstaub. Versuch 3, S. 29.
 Рис. V. *Vicia sativa*. Дистиллированная вода. Опытъ 18А, стр. 40.
 Fig. V. " " Destilliertes Wasser. Versuch 18A, S. 40.
 Рис. VI. " " Водопроводная вода. Опытъ 18В, стр. 40.
 Fig. VI. " " Leitungswasser. Versuch 18B, S. 40.
 Рис. VII. *Lupinus albus*. Водопроводная вода. Опытъ 19, стр. 41.
 Fig. VII. " " Leitungswasser. Versuch 19, S. 41.
 Рис. VIII. " " Дистиллированная вода. Опытъ 22, стр. 42.
 Fig. VIII. " " Destilliertes Wasser. Versuch 22, S. 42.
 Рис. IX. " " Водопроводная вода. Опытъ 23, стр. 43.
 Fig. IX. " " Leitungswasser. Versuch 23, S. 43.
 Рис. X. " " Дистиллированная вода. Опытъ 26А, стр. 45.
 Fig. X. " " Destilliertes Wasser. Versuch 26A, S. 45.
 Рис. XI. " " Кноповскій растворъ. Опытъ 26В, стр. 45.
 Fig. XI. " " Knopsche Nährlösung (1 grm. pro Liter). Versuch 26B, S. 45.
 Рис. XII. " " Дистиллированная вода. Опытъ 45А, стр. 55.
 Fig. XII. " " Destilliertes Wasser. Versuch 45A, S. 55.
 Рис. XIII. *Ricinus communis*. Водопроводная вода. Опытъ 24, стр. 44.
 Fig. XIII. " " Leitungswasser. Versuch 24, S. 44.

Таблица II. Tafel II.

- Рис. I. *Lupinus albus*. Дистиллированная вода. Опытъ 27А, стр. 45.
 Fig. I. " " Destilliertes Wasser. Versuch 27A, S. 45.
 Рис. II. " " Кноповскій растворъ. Опытъ 27В, стр. 46.
 Fig. II. " " Knopsche Nährlösung. Versuch 27B, S. 46.
 Рис. III. " " Растворъ KNO_3 0,1%. Опытъ 32, стр. 48.
 Fig. III. " " KNO_3 0,1%-Lösung. Versuch 32, S. 48.
 Рис. IV. *Vicia sativa*. " Опытъ 38В, стр. 51.
 Fig. IV. " " Versuch 38B, S. 51.
 Рис. V. *Lupinus albus*. KNO_3 0,05%-растворъ. Опытъ 35В, стр. 49.
 Fig. V. " " KNO_3 0,05%-Lösung. Versuch 35B, S. 49.
 Рис. VI. " " " Опытъ 36, стр. 50.
 Fig. VI. " " Versuch 36, S. 50.
 Рис. VII. " " KNO_3 0,1%-растворъ. Опытъ 33В, стр. 48.
 Fig. VII. " " KNO_3 0,1%-Lösung. Versuch 33B, S. 48.
 Рис. VIII. " " KNO_3 0,2%-растворъ. Опытъ 35А, стр. 49.
 Fig. VIII. " " KNO_3 0,2%-Lösung. Versuch 35A, S. 49.
 Рис. IX. " " NaNO_3 0,085%-растворъ. Опытъ 39А, стр. 51.
 Fig. IX. " " NaNO_3 0,085%-Lösung. Versuch 39A, S. 51.
 Рис. X. " " KCl 0,074%-растворъ. Опытъ 39В, стр. 52.
 Fig. X. " " KCl 0,074%-Lösung. Versuch 39B, S. 52.
 Рис. XI. *Phaseolus multiflorus*. Дистиллированная вода. Опытъ 29А, стр. 46.
 Fig. XI. " " Destilliertes Wasser. Versuch 29A, S. 46.
 Рис. XII. " " Кноповскій растворъ. Опытъ 29В, стр. 47.
 Fig. XII. " " Knopsche Nährlösung. Versuch 29B, S. 47.
 Рис. XIII. " " KNO_3 0,1%-растворъ. Опытъ 37В, стр. 50.
 Fig. XIII. " " KNO_3 0,1%-Lösung. Versuch 37B, S. 50.
 Рис. XIV. *Lupinus albus*. KHCO_3 0,1%-растворъ. Опытъ 52В, стр. 59.
 Fig. XIV. " " KHCO_3 0,1%-Lösung. Versuch 52B, S. 59.
 Рис. XV. " " KHCO_3 0,2%-растворъ. Опытъ 54В, стр. 60.
 Fig. XV. " " KHCO_3 0,02%-Lösung. Versuch 54B, S. 60.

Таблица III. Tafel III.

- Рис. I. *Lupinus albus*. Лимонная кислота, 0,01%-растворъ. Опытъ 43, стр. 53.
 Fig. I. " " Citronensäure, 0,01%-Lösung. Versuch 43, S. 53.
 Рис. II. " " Яблочная кислота, 0,002%-растворъ. Опытъ 44В, стр. 54.
 Fig. II. " " Apfelsäure, 0,002%-Lösung. Versuch 44B, S. 54.
 Рис. III. " " Яблочная кислота, 0,001%-растворъ. Опытъ 45В, стр. 55.
 Fig. III. " " Apfelsäure, 0,001%-Lösung. Versuch 45B, S. 55.
 Рис. IV. " " Дистиллированная вода. Опытъ 44А, стр. 54.
 Fig. IV. " " Destilliertes Wasser. Versuch 44A, S. 54.

Рис. V.	<i>Lupinus albus</i> .	Водопроводная вода + HCl. Опыт 48 В, стр. 57.
Fig. V.	" "	Leitungswasser + HCl. Versuch 48 В, S. 57.
Рис. VI.	" "	Водопроводная вода. Опыт 48 А, стр. 57.
Fig. VI.	" "	Leitungswasser. Versuch 48 А, S. 57.
Рис. VII.	<i>Vicia sativa</i> .	Яблочная кислота 0,002%-растворъ. Опыт 46 В, стр. 56.
Fig. VII.	" "	Apfelsäure 0,002%-Lösung. Versuch 46 В, S. 56.
Рис. VIII.	" "	Дистиллированная вода. Опыт 46 А, стр. 55.
Fig. VIII.	" "	Destilliertes Wasser. Versuch 46 А, S. 55.
Рис. IX.	" "	Яблочная кислота 0,001%-растворъ. Опыт 47 В, стр. 56.
Fig. IX.	" "	Apfelsäure 0,001%-Lösung. Versuch 47 В, S. 56.
Рис. X.	" "	Дистиллированная вода. Опыт 47 А, стр. 56.
Fig. X.	" "	Destilliertes Wasser. Versuch 47 А, S. 56.
Рис. XI.	" "	Водопроводная вода + HCl. Опыт 49, стр. 57.
Fig. XI.	" "	Leitungswasser + HCl. Versuch 49, S. 57.
Рис. XII.	<i>Phaseolus multiflorus</i> .	Дистиллированная вода + HCl. Опыт 50, стр. 58.
Fig. XII.	" "	Destilliertes Wasser + HCl. Versuch 50, S. 58.
Рис. XIII.	<i>Vicia sativa</i> .	Водопр. в. Скор. движен. = 26—80 см. въ 1 сек. Оп. 61, стр. 63.
Fig. XIII.	" "	Leitungsw. Geschwindigk. = 26—80 cm. pro 1 S. Versuch 61, S. 63.
Рис. XIV.	<i>Lupinus albus</i> .	Водопр. в. Скор. движен. = 26—80 см. въ 1 сек. Оп. 62, стр. 64.
Fig. XIV.	" "	Leitungsw. Geschwindigk. = 26—80 cm. pro 1 S. Versuch 62, S. 64.
Рис. XV.	" "	Дист. в. Скор. движенія, = 26—80 см. въ 1 сек. Оп. 63, стр. 66.
Fig. XV.	" "	Destill. Wasser. Geschwindigk. = 26—80 cm. pro 1 S. V. 63, S. 66.
Рис. XVI.	<i>Vicia sativa</i> .	T. 25°. Водопроводная вода. Опыт 66 А, стр. 69.
Fig. XVI.	" "	" Leitungswasser. Versuch 66 А, S. 69.
Рис. XVII.	" "	" Дистиллированная вода. Опыт 66 В, стр. 69.
Fig. XVII.	" "	" Destilliertes Wasser. Versuch 66 В, S. 69.

Оглавление.

	Стр.
Часть I. Исторія вопроса	3
Часть II. Опыты съ водяною пылью	24
Методика	24
Опыты съ корнями	28
Опыты съ обезглавленными корнями	32
Измѣреніе прироста	33
Опыты со стеблями	34
Опыты въ средѣ движущагося пара	35
Результаты	35
Часть III. Опыты въ струѣ движущейся воды	37
Методика	39
Опыты съ дистиллированной и водопроводной водой	39
Вліяніе примѣсей къ водѣ	44
Вліяніе солей	44
Вліяніе кислотъ	53
Вліяніе щелочей	59
Вліяніе скорости теченія	63
Вліяніе температуры	67
Реотропическая реакція и ростъ	69
Реотропизмъ обезглавленныхъ корней	78
Общіе результаты	86
Часть IV. Отношеніе реотропизма къ остальнымъ тропизмамъ	92
Геотропизмъ	92
Гелиотропизмъ	96
Термотропизмъ	97
Гидротропизмъ	97
Хемотропизмъ	99
Аэротропизмъ	113
Гальванотропизмъ	114
Трауматропизмъ	118
Тигмотропизмъ	120
Резюме (по русски)	124
Resumé (deutsch)	127
Литература	130
Объясненіе таблицъ	138

Рисунок I.

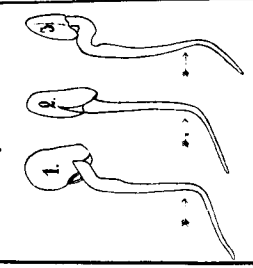


Рисунок II.

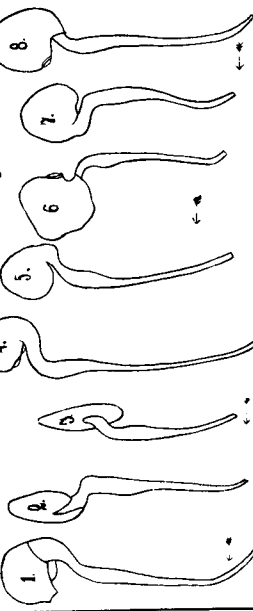


Рисунок III.

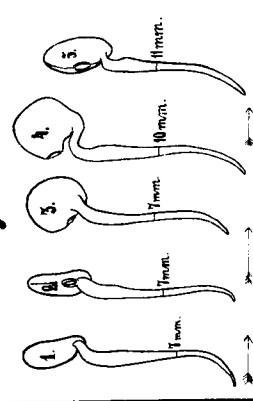


Рисунок IV.

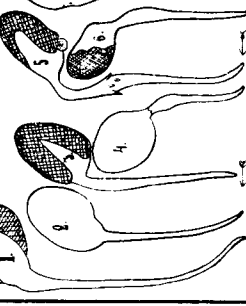


Рисунок V.

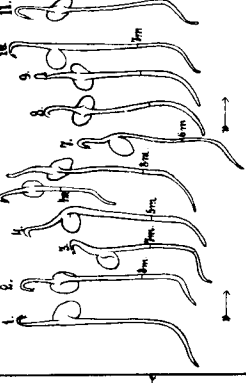


Рисунок VI.

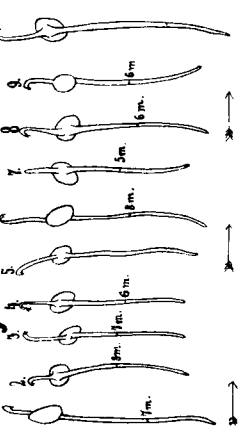


Рисунок VII.

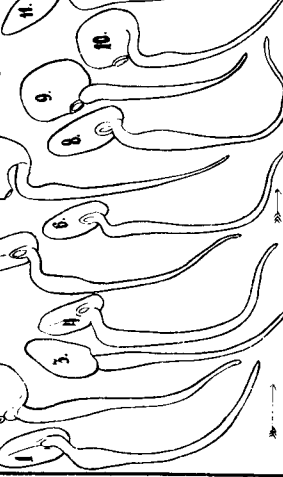


Рисунок VIII.

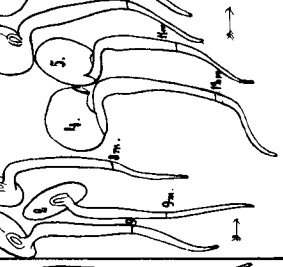


Рисунок IX.

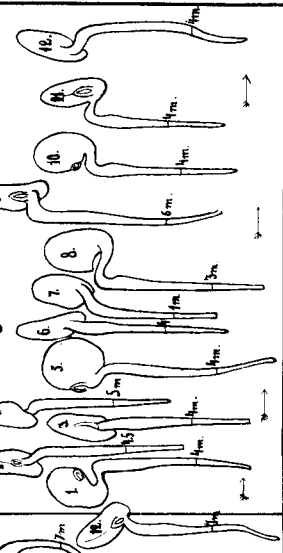


Рис. X.

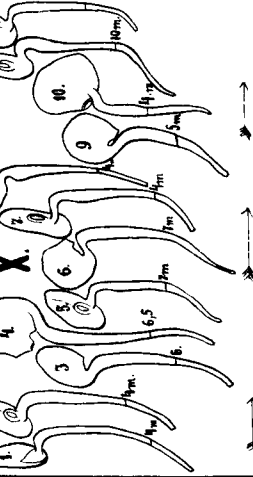


Рис. XI.

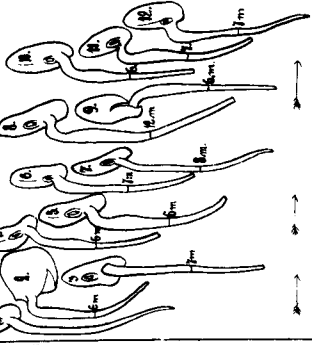


Рисунок XII.

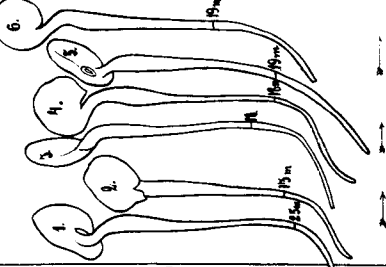
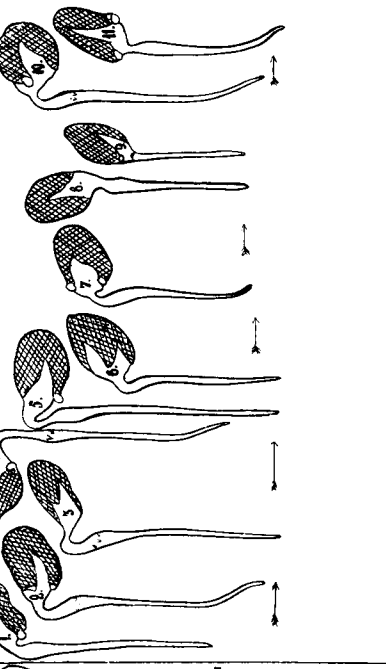
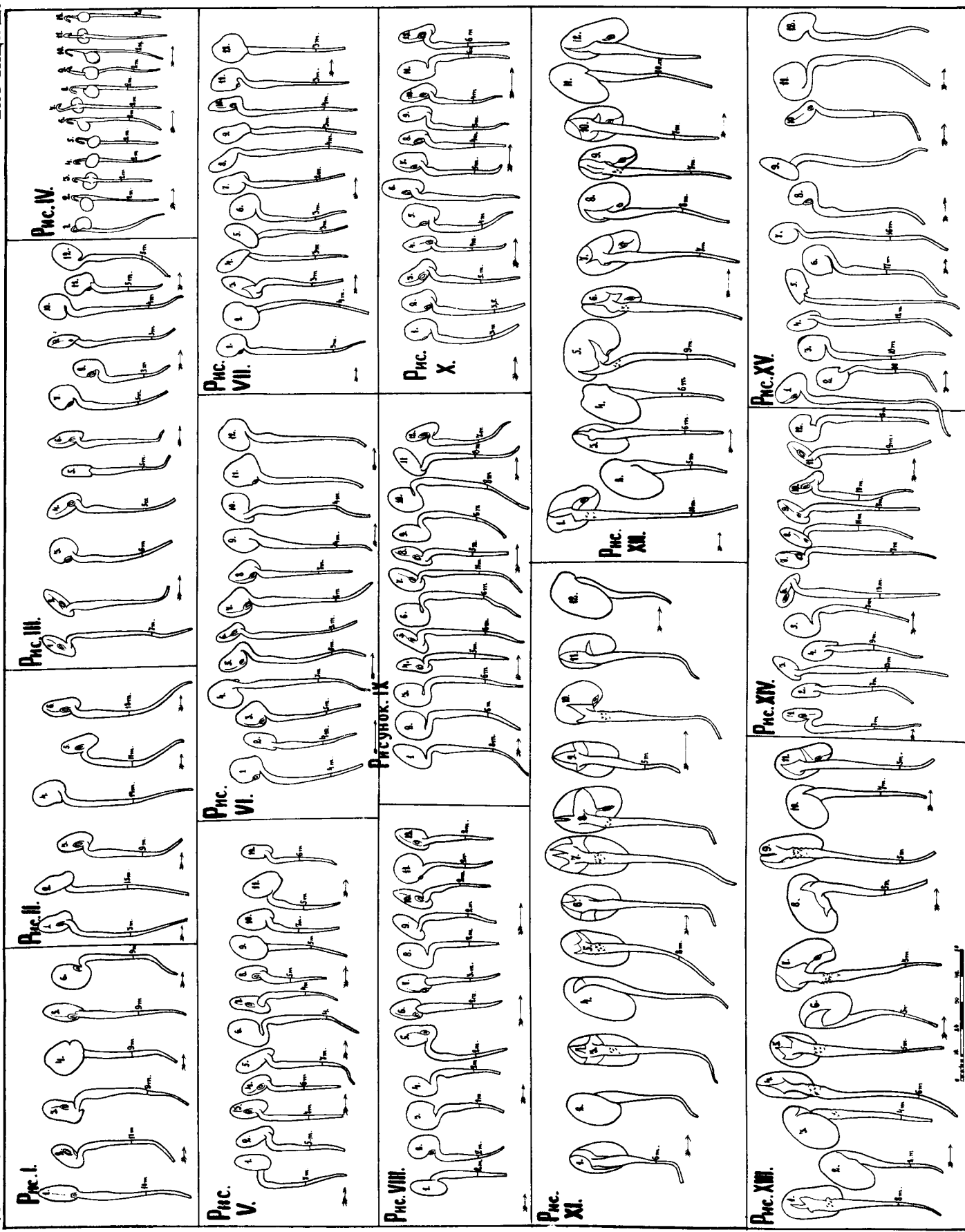
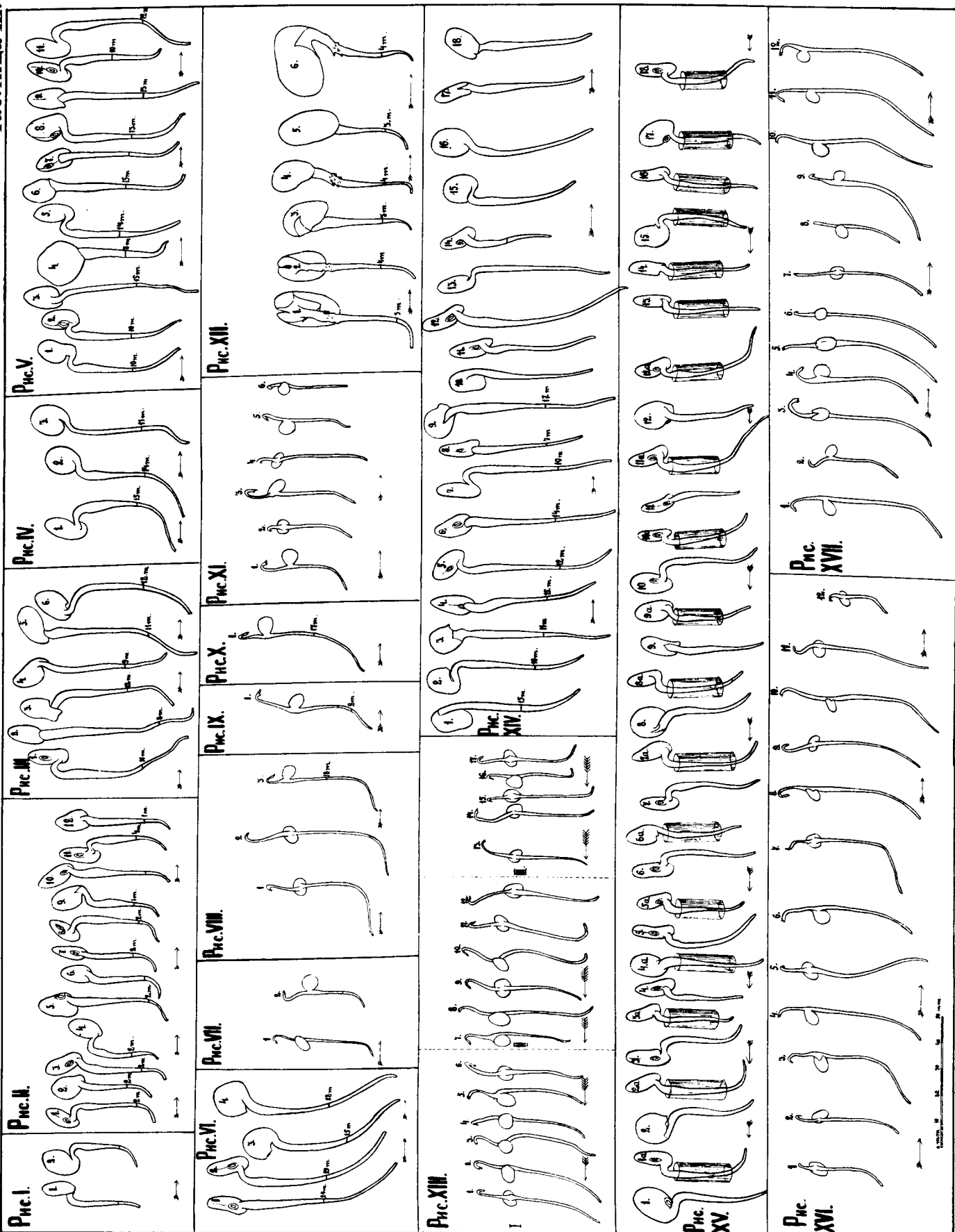


Рисунок XIII.







X
2366
119

**Новыя изданія Общества Естествоиспытателей
при Юрьевскомъ Университетѣ.**

**Neue Editionen der Naturforscher-Gesellschaft
bei der Universität Dorpat.**

1. W. Abold und S. Scharbe. Definitive Bahnbestimmung des Cometen 1900 III (Giacobini). Schriften der Naturf.-Gesellsch. XVII. 1906. pp. 19. Preis 35 Kop. = 70 Pf.
 2. S. Scharbe. Beobachtungen veränderlicher Sterne. Schriften der Naturf.-Gesellsch. XVIII. 1908. pp. 22.
 3. **Списокъ изданій Общества Естествоиспытателей и Общій именной указатель статей, помѣщенныхъ въ томахъ III (1869) по XIV (1905) включ. Протоколовъ Общества Естествоиспытателей при Юрьевскомъ Университетѣ. 1906. Стр. 55.**
- Verzeichnis der Editionen der Naturforscher-Gesellschaft und General-Namenregister zu den Bänden III (1869) bis XIV (1905) incl. der Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat. 1906. pp. 55.**

Цѣна 2 руб. 70 коп.
Preis 5 Mk. 40 Pf.