

EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIA

a. saar

TAIMEFÜSIOLOOGIA
praktikum
2. osa

TARTU, 1966

4-27603

EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIA

a. saar

TAIMEFÜSIOLOOGIA
praktikum
2. osa

TARTU, 1966

Эстонская сельскохозяйственная академия

г. Тарту, ул. Рийа, 12

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

(Питание и рост растений)

II часть

Сост. А. Саар

На эстонском языке

Käesoleva taimefüsioloogia praktikumi juhendi II osas käsitletakse taimede toitumise ja kasvuga seoses olevaid küsimusi. Kõigepealt tutvustatakse lühidalt vegetatsioonimeetodi olemust ja tähtsamaid kaasajal kasutatavaid toitelahuseid ning nende valmistamist.

Edasi peatutakse mineraalelementide ja taimede kasvu kiiruse määramise viisidel.

Antud materjal on mõeldud Agronoomiateaduskonna ning Metsanduse ja Maaparanduse Teaduskonna üliõpilastele.

2



I. TAIMEDE TOITUMINE

Vegetatsioonimeetod

Taimefüsioloogia paljusid põhiprobleeme lahendatakse vegetatsioonimeetodi abil, s. o. taimede kasvatamisega nõudes, kus täpselt kontrollitakse taimede veega varustamise ja juurekaudse toitumise tingimusi.

Vegetatsioonimeetodit kasutades võib katsetaimi kasvata da kas vesi-, liiv- või muldkultuuridena.

Vesi- ja liivkultuurides antakse kõik vajalikud mineraal- elemendid taimele toitelahustena. Muldkultuuride korral on toiteallikaks muld koos täiendavate väetistega.

Suvel paigutatakse vegetatsiooninõud vagonettidel vege- tatsioonimajast välja.

Taimed kasvavad looduslikes valgus- ja temperatuuritingi- mustes. Vihmasaju puhul lükatakse vagonetid koos taimedega tagasi vegetatsioonimajja, kus tänu heale ventilatsioonile on temperatuur peaaegu ühesugune välisõhu temperatuuriga.

Talvel toimuvad katsed köetavas ja kunstliku valgustusega ruumides.

Tänapäeval on hakatud taimi kasvatama toitelahustes toot- mise eesmärgil.

T ö ö 1

Vesi- ja liivkultuuride toitelahused ja nende valmistamine

Toitelahused peavad sisaldama taimele kättesaadaval kujul kõiki vajalikke mineraalaineid.

Taimedele on tingimata vajalikud järgmised mineraalaine- te grupid.

1. Makroelemendid - K, Ca, Mg, S, P, N.
2. Poolmikroelemendid - Fe.
3. Mikroelemendid - B, Mn, Zn, Cu, Mo jt.

Makroelementide sisaldus on taimedes küllalt suur (0,1 kuni 5% kuivainest). Kontsentratsioonil 200-300 mg/l-s toitelahuses ei avalda nad taimetele kahjulikku mõju.

Mikroelemente on taimedes palju vähem. Nende hulk väljendub sajandikes kuni kümnetuhandikes protsentides. Kui välislahuses on nende kontsentratsioon kõrgem kui 0,1-0,5 mg/l, siis taimede kasv juba pidurdub.

Raud on poolmikroelement. Tema optimaalne kontsentratsioon välislahuses on 5-10 mg/l.

Esimesed toitelahused vesikultuuride jaoks koostati möödunud sajandi 60-ndatel aastatel Sachsi ja Knopi poolt. Hellriegel koostas aga toitelahused liivkultuuridele. Need sisaldasid ainult kahte esimest elementide gruppi. Ka mõned hiljem väljatöötatud toitelahused ei sisalda mikroelemente.

Paljude taimede kasvuks on küllaldane see mikroelementide hulk, mis koos makroelementide sooladega satub lahusesse. Samuti satub lahusesse mikroelemente ka katsenõude (klaasnõude) seintelt. Mõned taimed aga vajavad kasvuks kindlat mikroelementide kontsentratsiooni toitelahuses.

Taimede kasvatamisel toitelahustes lisatakse tänapäeval lahustesse ka mikroelemente, eelkõige B ja Mn. Kõikidesse toitelahustesse kuuluvad S, P, B, Mo anioonide SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^- , MoO_4^{2-} näol. Lämmastik aga esineb toitelahustes NO_3^- ja NH_4^+ kujul. Rauda kasutatakse enamasti kolmevalentsena.

Toitelahustes hoitakse H-ioonide kontsentratsioon optimaalne kogu katse kestel.

Toitelahuste tüübid. Toitelahuseid on väga palju.

Prjanišnikovi töödest selgub, et vaatamata lahuste näivale mitmekesisusele on neid põhiliselt kolme tüüpi ja nad sõltuvad lämmastiku- ja fosforiallikatest. Neid allikaid võib vaadelda kui N- ja P-sisaldusega toitesoolade kooskõlastatud paare.

Kolme lahuse tüüpi puhul on sellisteks toitesoola paaride komponentideks:

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ja KH_2PO_4 ; KNO_3 ja $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$; NH_4NO_3 ja CaHPO_4
või $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

1. Esimest lahusttüüpi iseloomustab see, et keemiliselt happeline sool KH_2PO_4 on tasakaalus füsioloogiliselt aluselise soolaga $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Kui taimed kasvavad nendes segudes, siis lahuse reaktsioon kaldub aluselisse suunda. Kõik ühendid antakse kergesti lahustuval kujul. Sellesse tüüpi kuuluvad Knopi, Hellriegeli, Hoglandi, Tottinghami, Shive'i jpt. lahused.

T a b e l 1

Esimest tüüpi toitelahuste koostisi

Toitesoolad	Toitelahuse kontsentratsioon					
	Knopi lahus		Hellriegeli lahus		Hoglandi lahus	
	g/l	mmool/l	g/l	mmool/l	g/l	mmool/l
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,00	6,1	0,492	3,0	0,821	5
KH_2PO_4	0,25	1,8	0,136	1,0	0,136	1
MgSO_4	0,125	1,0	0,060	0,5	0,120	1
KCl	-	-	0,075	0,5	-	-
KNO_3	0,25	2,5	-	-	0,506	5
FeCl_3	jäljed	jäljed	0,025	0,15	-	-
Raudtartraat $\text{FeC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	-	-	-	-	0,005	0,03
Üldkontsentratsioon	1,63	12,50	0,788	5,15	1,588	12,30

Tabelis on esitatud esimesest tüübist kolm toitelahust. Knop töötas välja mitmeid erineva kontsentratsiooniga toitelahuseid. Kõige rohkem levinud on lahus, mille koostis on antud tabelis 1.

Esimesse tüüpi kuuluvad ka ameeriklaste Tottinghami (1914), Shive'i (1915) ja Livingstoni (1918) toitelahused. Nad soovitasid vesikultuuridele toitelahuseid, mis koosnevad kolmest toitesoolast ja sisaldavad mitmesugustes kombinatsioonides K^+ -, Ca^{2+} -, Mg^{2+} -, SO_4^{2-} - ja NO_3^- -ioone.

2. Teine lahustüüp sisaldab lämmastikku KNO_3 näol. Viimane on füsioloogiliselt aluseline. Fosforiallikaks on raskesti lahustuv $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, mis lõhustub hüdrolüüsil. Siinjuures moodustuvad nõrk alus - raudhüdraat - ja tugev hape H_3PO_4 . Selle tagajärjel väheneb lahuse aluselisus. Teise lahustüüpi kuulub näiteks Crone' lahus.

T a b e l 2

Crone' lahuse koostis

Toitesoolad	KNO_3	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Kontsentratsioon g/l	1	0,25	0,25	0,50	0,50

Crone' lahust iseloomustavad raskesti lahustuvad soolad $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ ja CaSO_4 . Need on sademena, lahuses on Ca^{2+} -, Fe^{2+} - ja PO_4^{3-} -ioonid väga nõrkades kontsentratsioonides. Taimed kasutavad neid ioone toitelahusest järk-järgult. Samal ajal tuleb sademest lahusesse uusi ioone. Seetõttu on nende soolade kontsentratsioon lahuses ühtlaselt ja püsivalt madal. See toitelahtus imiteerib mõnel määral taime toitumise tingimusi mullas. Paljud ained mullalahuses on samuti väga madalates kontsentratsioonides. Mullalahuse kontsentratsioon täieneb mullas olevate raskesti lahustuvate soolade järkjärgulise lahustumise tõttu.

3. Kolmas lahustüüp töötati esmakordselt välja 1901. a. Prjanišnikovi ja ta kaastöötajate poolt. Püüdes vältida Knopi toitelahuse füsioloogilist aluselisust, asendas Prjanišnikov kaltsiumnitraadi $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ammooniumnitraadiga (NH_4NO_3), mis on füsioloogiliselt happeline sool. Lahuse üleliigne happesumine väheneb tänu CaHPO_4 puhverdusvõimele, mida kasutati fosforiallikana. Hiljem töötas Tsintsadze (1928) Prjanišnikovi laboratooriumis välja seesugused lahused, milles lahuse pH taimede kasvamisel jääb peaaegu muutumatuks.

Prjanišnikovi toitelahuse koostis

Toitesoolad	Toitelahuse kontsentratsioon	
	g/l	mmool/l
NH_4NO_3	0,240	3
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,172	1
MgSO_4	0,06	0,5
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,344	2
KCl	0,150	2
FeCl_3	0,025	0,15

Tabel 4

Tsintsadze toitelahuste kontsentratsioonid

Toitesoolad	Toitelahuse kontsentratsioon, g/l, kui pH on			
	4,0	5,0	5,5-6,6	7,3
NH_4NO_3	0,33	0,33	0,20	-
MgSO_4	0,50	0,50	0,50	0,50
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,46	0,50	-	0,28
KCl	0,61	0,61	0,36	-
KNO_3	0,17	0,17	0,51	0,80
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	0,04	0,25	0,32	0,25
FePO_4	0,68	-	-	-
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-	0,70	5,00	0,70
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	-	-	-	0,21
KOH	-	-	-	0,17

Lahuste koostamisel võeti arvesse nende komponentide järgmisi omadusi: a) kaltsiumfosfaatide puhverdusvõime, b) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ hüdrofüütiline happelisus, c) NH_4NO_3 füsioloogiline happelisus ja d) KNO_3 füsioloogiline aluselisus.

Nagu näha, on Prjanišnikovi ja Tsintsadze lahustes kergesti lahustuvate toiteelementidega koos ka raskesti lahustuvad soolad.

Kõikides lahusetüüpides lahustunud soolade üldine kontsentratsioon ei ületa 0,2-0,3%. Seepärast on kõik soolad täielikult dissotsieerunud, mistõttu toiteelemendid esinevad ioonide näol. Viimased võivad reageerida üksteisega ja anda uusi mittelahustuvaid ühendeid.

Rauaallikad. Enamikus toitelahustes esineb raud anorgaaniliste soolade FeCl_3 või $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ näol. Kuid raudioonid, kohtudes lahustes PO_4^{3-} -ioonidega, võivad välja langeda FePO_4 valge sademena. Eriti sageli juhtub seda siis, kui pH on lahuses kõrgem kui 6,5. Aluselises lahuses tekib ka kollane raudhüdraadi sade.

Mõnedes lahustes esineb raud raskesti lahustuva raudfosfaadina (kahe- või kolmevalentsena).

Kui rauaallikana kasutatakse anorgaanilisi sooli, siis lahuse pH tõusuga raudioonide kontsentratsioon langeb tunduvalt. Kuid pärast seda, kui pH on tõusnud üle 8,5, tõuseb raudfosfaadi lahustuvus uuesti. Raua kontsentratsiooni alane mine toitelahuses võib taimedel esile kutsuda kloroosi. Eriti sageli ilmneb see kiiresti kasvavatel taimedel.

Kloroosi vältimiseks hakati taimede kasvatamisel kasutama raua orgaaniliste hapete (sidrun- ja viinhappe) sooladena. Need happed moodustavad rauaga küllalt püsivaid ühendite komplekse, mistõttu raud säilib lahuses isegi kõrge pH puhul. Taimed saavad raua nendest kompleksidest kergesti kasutada. Kuid sidrunhappe- ja viinhappesoolade kasutamine on seotud mõningate raskustega. Nimelt on need happed heaks substraadiks paljudele bakteritele. Omastades toitelahustest intensiivselt hapnikku, loovad juured mõnikord toitelahustes seega anaeroobsed tingimused ja seoses sellega hakkavad mikroorganismide tegevuse tagajärjel kulgema denitrifikatsiooni

ja sulfaatide taandumise protsessid. Seejuures moodustub sageli väävelraud, mis sadeneb juurtele ja mürgitab neid. Sellised protsessid toimuvad eriti intensiivselt kuumadel päevadel ja põhjustavad taimede hukkumise.

Et seda vältida, peab raudtartraati ($\text{FeC}_4\text{H}_4\text{O}_6$) lisama toitelahustesse väikestes annustes (0,5-1 ml 0,5%-list raudtartraati toitelahuse ühe liitri kohta) perioodiliselt iga 2-3 päeva järel ning hoolikalt toitelahust õhustama.

Kui taimedel on juba ilmunud kloroos, siis tuleb neid pritsida. S. S. Baslavskaja ja O. M. Trubetskova (1964) soovivad kloroosi all kannatavaid taimi pritsida õhtuti FeCl_3 0,01-0,02%-lise lahusega. Taimi ei pritsita kunagi hommikul, sest päikesekiired võivad lahusega niisutatud taimelehti kahjustada.

Mikroelemendid. Boor lisatakse toitelahustesse boorhappena (H_3BO_3), molübdeen - ammoniummolübdaadina, mangaan, vask ja tsink aga väävel- või soolhappe kahevalentsete sooladena.

Mikroelementide kontsentratsioon toitelahustes on enamiku taimede jaoks järgmine.

Elemendid	B	Mn	Cu	Zn	Mo
Kontsentratsioon	0,1-0,5	0,1-1,0	0,01-0,05	0,02-0,1	0,01-0,1

Mõned taimed, näiteks päevalill, puuvill, uba ja suhkrupeet, nõuavad väga palju boori. Boori vajadus võib tõusta neil 1-2 ja isegi 3 mg/l-ni.

Kui katsetes tahetakse uurida mikroelementide puuduse mõju taimedele, siis puhastatakse vesi mikroelementidest vastavate reaktiividega.

Toitelahuste happelisus (pH). Taimede kasvatamisel on erakordselt tähtis keskkonna pH. Peale otsese mõju taimedele on lahuse vesinikioonide kontsentratsioonil ka kaudne mõju.

Taimede kasvuks optimaalne pH

Taim	pH	Taim	pH
Nisu	6,5-7,8	Kapsas	5,0-6,0
Oder	6,5-7,8	Kartul	5,0-7,2
Rukis	5,0-6,0	Kanep	6,0-7,0
Kaer	5,0-6,0	Kurk	5,5-7,4
Mais	5,5-7,5	Salat	6,0-8,0
Põlduba	6,0-7,0	Päevalill	5,7-6,5
Hernes	6,0-7,0	Suhkrupeet	7,0-8,0
Lupiin	4,5-6,0	Tubakas	5,2-6,5
Lutsern	6,2-7,8	Tomat	5,6-6,5
Aeduba	6,7-7,4	Kõrvits	6,0-7,0
Tatar	5,0-6,5	Puuvill	5,0-6,0
Lina	5,0-6,0		

Keskkonna pH talutavus sõltub suurel määral Ca-sisaldusest. Mida kõrgem on Ca kontsentratsioon lahuses, seda suuremat vesinikioonide kontsentratsiooni taimed taluvad.

pH optimaalsele suurusele avaldavad mõju raua- ja lämmastikusoolad. Toitelahuste valmistamine on lihtne. Kaalutakse soovitud lahuse jaoks teatud toitesooli (vt. tabelites 1, 2, 3, 4) vastavas järjekorras ja lahustatakse kindlas koguses destilleeritud vees.

T ö ö 2

Vesikultuuride rajamise tehnika

Seemned idandatakse filterpaberil. Paari päeva pärast pannakse nad parafiinkaanele, mis ujub nõusse valatud kraanivees. 5-6 päeva pärast tõstetakse noored idandid koos parafiinkaanelega vegetatsiooninõus või tavalises klaaspurgis olevasse toitelahusesse.

Parafiinkaane valmistamine. Parafiin sulatatakse portselannõus veevannil (elektripliidil pole parafiini sulatamine

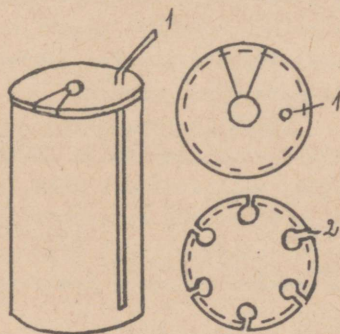
lubatud - võib süttida). Vedel parafiin valatakse vastavasse katsenõusse sooja vette ($t^{\circ} 50^{\circ}-60^{\circ}\text{C}$). Parafiini jahtumisel moodustub siledapinnaline kaas. Kui parafiini valatakse külma vette, siis kiire jahtumise tõttu jääb tema alumine pind konarlikuks. Kaane paksus oleneb seemnete suurusest, mida katses kasutatakse. Näiteks maisi, herne, lupiini, oa, kõrvitsa kasvatamise korral on parafiinikihi paksus 10-12 mm.

Kui parafiin hakkab hanguma, eraldatakse skalpelli või noa abil kaas nõu seinte küljest ja jäetakse vette täieliku hangumiseni. Kaas võetakse veest, kui ta on veel küllaldaselt elastne, ja asetatakse tavalisele klaasile, pealmine pool alla. Klaaspulgaga tehakse sobiva suurusega ja ühtlaste vahedega augud, mis peavad olema väiksemad kui seemne läbimõõt. Parafiinkaane perifeersesse osasse tehakse paar-kolm suuremat auku, mis võimaldaksid kaant nõult ära tõsta ja ka taimi õhustada.

Puust kaante valmistamine. Kaaned võivad olla mitmesugusest materjalist: puidust, plastmassist, korgist jm.

Puust kaaned valmistatakse selliselt, et nende alumise poole läbimõõt oleks nõu omast 1-1,5 sm väiksem, ülemise poole oma aga nõu läbimõõdust veidi suurem. Nõu servadele peab kaas asetuma tihedalt. Kaas parafineeritakse, et takistada lahuste aurumist. Kaanesse lõigatakse taimede jaoks augud (2), nagu seda on näha joonisel 1. Õhustamise jaoks tehakse eraldi ava

Joon. 1.
Kaante valmistamine.
1 - õhustamisava,
2 - augud taimede
 jaoks.



(1), millest torgatakse läbi klaastoru.

Nõude ettevalmistamine. Tavaliselt kasutatakse vesikul-
tuurideks silindrikujulisi 3-5 l mahuga klaasnõusid. Suurema-
te taimede korral peavad ka nõud olema suuremad. Kõik nõud
peavad ühe kätse rajamisel olema ühesuurused. Nende maht te-
hakse kindlaks mensuuriga. Toitelahuse nivoo peab olema 1,5-2
sm nõu äärest allpool. Rasvapliatsiga märgitakse nõule ve-
deliku nivoo ja nõu maht.

Kaitseks valguse eest mähitakse nõu algul musta ja see-
järel valgesse paberisse või riidesse. Paber pannakse nõu
ümber lõdvalt, et nõu oleks võimalik vabalt välja võtta ja
jälgida taimede juurestiku arengut toitelahustes. Nõud kaet-
takse kaanega, millesse on taimede jaoks tehtud augud.

Seemnete ettevalmistamine idanemiseks. Katseks võetakse
hea idanevusega ühesuurused seemned, kusjuures seemneid peab
olema 5-6 korda rohkem kui katseks vaja.

Sageli on seemned kahjustatud hallitusseente poolt, sel
juhul tuleb neid eelnevalt hoida 5 minutit 1%-lises formaliin-
ilahuses, lahust pidevalt klaaspulgaga segades (seemned pea-
vad formaliinilahuses ujuma vabalt). Seejärel pestakse seem-
neid korduvalt destilleeritud veega.

Seemned pannakse õhukese kihina kristallisaatorisse ja
valatakse peale 2-3 sm paksune kiht destilleeritud vett. Pär-
rast 4-12-tunnist seemnete leotamist asetatakse nad niiske-
le filterpaberile ritta ja pannakse kristallisaatorisse, mil-
le seinad kaetakse samuti niiske filterpaberiga. Lõpuks sule-
takse kristallisaator kaanega. Filterpaberit niisutatakse üks
või kaks korda päevas.

Idandite istutamine nõudesse. Parafiinkaantes olnud idan-
ditest valitakse välja ühtlased tugeva kasvuga eksemplarid.
Vatist valmistatakse riba, mis pannakse tihedalt ümber idandi
hüpokotüüli või koleoptiili. Järgnevalt võetakse kaas ja pan-
nakse ettevaatlikult nõule nii, et idandid satuksid kaane
aukudesse. Idandite ümber pannakse täiendavalt vatti, et sul-
geda avad.

Idandeid on toitelahustesse parem üle kanda õhtuti. La-
huste kontsentratsioon avaldab mõju idandite veemajandusele.

Mõnel juhul, näiteks kontsentratsiooni järsu muutuse korral, võib see esile kutsuda isegi taimede närbumist.

Taimede eest hoolitsemine ja nende vaatlemine. Iga päev õhustatakse läbipuhumise teel 5 minuti kestel taimedega nõusid. See aeg on küllaldane toitelahuse rikastamiseks hapnikuga. Kuumadel päevadel on otstarbekas õhustada kaks korda päevas.

Õhustamisel peab olema ettevaatlik, et taimejuured ei saaks vigastada. Õhuvool, mis vedelikku tungib, ei tohi olla kiirem kui 2-3 mulli sekundis.

Vedeliku aurumise korral lisatakse nõudesse iga päev destilleeritud vett kuni märgini.

Iga päev või ülepäeviti määratakse lahuse happesus (pH). Kui happesus toitekeskkonnas on muutunud, siis võetakse taimed koos kaanega ja pannakse ajutiselt tagavaranõus olevasse vette. Muutunud keskkonnaga toitelahusesse lisatakse aga vajaduse järgi kas hapet (H_2SO_4) või alust (NaOH). Pärast toitekeskkonna happesuse reguleerimist pannakse taimed nõusse tagasi. Taimede ajutine eemaldamine nõust on vajalik selleks, et taimejuured ei saaks happe või aluse lisamisel kannatada. Vegetatsiooniperioodi jooksul vahetatakse toitelahused nõudes iga 2-4 nädala tagant. Seejuures pestakse hoolikalt ka nõusid ning vajaduse korral mähitakse taimede ümber uus vati-kiht.

Taimede kohta tehakse kogu kasvuajal fenoloogilisi vaatlusi. Samuti märgitakse vihikusse kõik taimi iseloomustavad jooned erinevatel variantidel.

Taimede kasvatamine vesikultuuris täielikul toitelahusel ja mõningate elementide puudumisel

Toitelahuste koostisi on mitmesuguseid. Nende valik oleb kasvatatavatest kultuuridest. Toitelahuste valmistamisel peavad olema täidetud järgmised nõuded:

- 1) toitelahus peab sisaldama kõiki taimedele vajalikke elemente;
- 2) kõik toiteelemendid tuleb anda taimedele kergesti omastataval kujul;
- 3) toiteelemendid peab andma niisugusel hulgal ja vahekorras, mis tagab kõrgete saakide saamise;
- 4) toitelahuse pH peab kogu vegetatsiooniperioodi kestel olema optimaalne või sellele lähedane.

Kui katse tehakse tavaliste reaktiividega ja kraaniveega, ei ole vaja mikroelemente juurde lisada, sest kraanivesi sisaldab tavaliselt mikroelemente küllaldaselt.

Vahendid

Taimede seemned, 100-, 500-, 1000-ml-sed mensuurid, kolvid lahuste jaoks, Petri tassid, veevann, skalpellid, käärid, pintsetid, joonlaud, vatt, nõör, jäme niit, filterpaber, traat, purgid vesikultuuride jaoks, NH_4NO_3 , $\text{CaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KCl , FeCl_3 , KNO_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FePO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ja KOH .

Töö käik

Et selgitada N, P ja K tähtsust taimede elus, võetakse katsesse järgmised variandid:

- 1) täielik toitelahus kontrolliks (Prjanišnikovi lahus, vt. lk. 7),
- 2) toitelahus ilma lämmastikuta,
- 3) toitelahus ilma fosforita,
- 4) toitelahus ilma kaaliumita.

Toitelahus ilma lämmastikuta

Kaltsiumnitraat $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ asendatakse kaltsiumsulfaadiga ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -ga). Kaltsiumsulfaati tuleb võtta nii palju, et Ca hulk lahuses jääks niisama suureks nagu täielikus toite-

lahuses. Arvutamine toimub järgmiselt:

1 g-mol $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (164 g) ja see sisaldab Ca 40,04 g,

1 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sisaldab Ca x grammi,

$$164 \text{ g} - 40,04 \text{ g},$$

$$1 \text{ g} - x,$$

siit:

$$x = \frac{40,04 \cdot 1}{164} = 0,24 \text{ g}.$$

Toitelahus sisaldab 0,24 g Ca. 1 g-mol $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (172,16) sisaldab Ca 40,04 g, aga 0,24 g $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sisaldab Ca x g.

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \quad 172,16 \text{ g} - 40,04 \text{ g Ca},$$

$$x \text{ g} - 0,24 \text{ g},$$

siit:

$$x = \frac{172,16 \cdot 0,24}{40,04} = 1,03 \text{ g}.$$

Toitelahuse koosseis ilma lämmastikuta (g/l-tes):

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - 1,03$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 - 0,25$$

$$\text{KCl} - 0,12$$

$$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 0,25$$

$$\text{Fe}_2\text{Cl}_6 - 5\%-list \text{ lahust } 1 \text{ tilk}.$$

Toitelahus ilma fosforita

KH_2PO_4 asendatakse KCl-ga.

Arvutamine toimub nagu eespool.

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 \text{ molekulaal} - 136,18$$

$$\text{K} - 39,10$$

$$\text{KCl} - 74,60$$

Toitelahuse koosseis ilma fosforita (g/l-tes):

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - 1,00$$

$$\text{KCl} - 0,25$$

$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ - 0,25

Fe_2Cl_6 - 1 tilk 5%-list lahust.

Toitelahus ilma kaaliumita

KH_2PO_4 asendatakse $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ ja KCl asendatakse $NaCl$ -ga.

Arvutamine toimub nagu eespool.

$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ - 138,0

KCl - 74,6

$NaCl$ - 58,5

Cl - 35,46

P - 31,00

Toitelahuse koosseis ilma kaaliumita (g/l-tes):

$Ca(NO_3)_2$ - 1,00

NaH_2PO_4 - 0,25

$NaCl$ - 0,09

$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ - 0,25

Fe_2Cl_6 - 5%-list lahust 1 tilk.

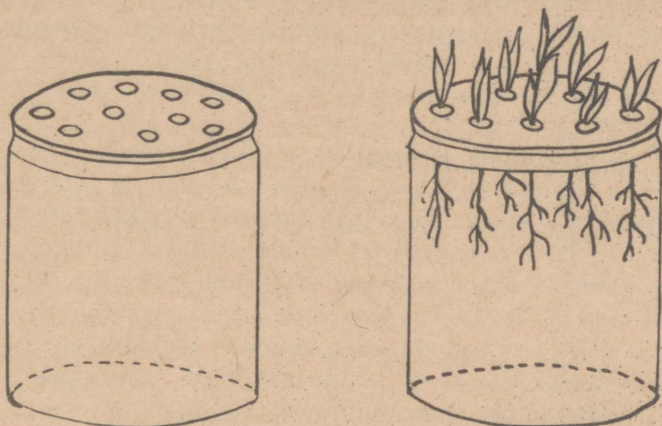
Katse rajamine ja hooldamine toimub analoogiliselt vesikultuuridele (vt. töö 1).

Parafiinkaante asemel (vt. eespool lk. 10) võib edukalt kasutada ka parafiinitud marlit. Selleks võetakse sobiva suurusega paari-kolmekordsed marlitükid ja kastetakse mitu korda vedelasse parafiini. Pärast parafiini jahtumist tehakse marlisse augud ja pannakse neisse seemned (joon. 2). Parafiinitud marli seotakse tihedalt katsenõule.

Katse tulemused märkida variantide kaupa vihikusse ning iseloomustada katsetaimede kasvu ja arengut. Ka tuleb kirjeldada ja mõõta taime maapealsed osad ning juurestik, põhjendada katsetaimede variantide erinevused.

Katse lõpetamisel määratakse taimede toorkaal ja kuivaine. Selleks pannakse erinevate variantide taimed eraldi kaalutud kaalukaussidesse. (Taimed juured kuivatatakse eelnevalt

filterpaberiga.) Kausid koos taimedega kaalutakse ja pannakse tavaliselt kuueks tunniks termostaati 100°-105°C temperatuuril. Pärast termostaadist võtmist jahutatakse materjal eksi-



Joon. 2. Vesikultuurid.

kaatoris ja kaalutakse uuesti. Toorkaalu saame, kui lahutame kausikaalu esimesest kaalutisest, s. o. enne termostaati panekut. Kuivaine kaalu saame pärast termostaadist võtmist, kaalutisest lahutame kausi kaalu.

T ö ö 4

Liivkultuuride rajamise tehnika

Taimi kasvatatakse nõudes, mis on täidetud kvartslüüva-ga. Liivkultuuride puhul kasutatakse samasuguseid toitela-huseid nagu vesikultuuride korralgi.

Katsetes kasutatakse puhast sõelutud kvartslüüva (sõela avad 0,5-0,8 mm).

Katsetes, kus määratakse mikroelemente, eemaldatakse need eelnevalt liivast täielikult. Lüüva pestakse soolhappega järg-miselt: klaasnõusse valatakse soolhape (pool nõutäit) ja siis lisatakse lüüva. Klaasnõu suletakse ja jäetakse 2-3 päevaks

seisma, kusjuures liiva aeg-ajalt segatakse jämeda klaaspul-gaga. Edasi valatakse soolhape liivalt teise nõusse (sama ha-pet võib kasutada liiva pesemiseks korduvalt). Soolhappes ol-nud liiva pestakse destilleeritud veega seni, kuni täielikult on eemaldunud soolhape (proovida AgNO_3 -ga või lakmusega).

Edasi kuivatatakse ja kuumutatakse liiv 400°C temperatuuril.

Sel viisil puhastatud liivaga täidetakse vegetatsioon-i-nõud.

Liiva niiskuse määramine. Liivkultuuride puhul on oluli-ne teada kasutatava liiva niiskusesisaldust ja veemahutavust.

Niiskuse määramine toimub järgmiselt: kaalutakse 10 g õhukuiva liiva varemkaalutud alumiiniumtoosi või kaalukaussi. Kaalukauss või alumiiniumtoos asetatakse avatult 3-4 tunniks termostaati ($100-105^\circ\text{C}$). Seejärel suletakse termostaadist väljavõetud toos (kaalukauss) kaanega, lastakse sel 30 minu-tit eksikaatoris jahtuda ja kaalutakse milligrammise täpsusega. Kaalu konstantsuse kontrollimiseks kuumutatakse endisel tem-peratuuril veel tund aega, siis jahutatakse ja kaalutakse uuesti. Kaal loetakse konstantseks, kui kahe kaalumise vahe ei ületa 5 mg. On aga vahe suurem, tuleb kuumutamist, jahu-tamist ja kaalumist korrata.

Pärast kuivatamist korrutatakse liiva kaal 10-ga; tule-mus ongi kuivaine protsent liivas. Niiskuse protsent = 100 miinus kuivaine protsent. Üldiselt aga, kui õhukuiva liiva kaalutis oli p g, millest pärast kuivatamist jäi järele kuiva liiva a g, saadakse kuivainesisaldus analüüsitavas liivas - k - järgmiselt:

$$\begin{aligned} p & - a, \\ 100 & - k, \\ k & = \frac{100 \cdot a}{p} \%. \end{aligned}$$

Liiva veemahutavuse määramisel tehakse kindlaks liiva täielik kapillaarne veemahutavus.

Liiva täielikuks kapillaarseks veemahutavuseks nimeta-takse seda veehulka, mida kapillaarsete jõududega hoiab kin-ni 100 g absoluutset kuiva liiva. Veemahutavuse määramiseks

kasutatakse spetsiaalset 4-sm-se läbimõõduga ja 18 sm kõrgust silindrit (joon. 3). Silindril on võrkpõhi, mis asetseb alumisest äärest 1 sm kõrgusel. Silindri põhja pannakse kahekordselt niisutatud filterpaber ja kaalutakse tehnilistel kaaludel, pärast seda täidetakse silinder liivaga, koputatakse kergelt liiva tihendamiseks ja kaalutakse siis uuesti. Silinder asetatakse kristallisaatori põhjale, millele on valatud niipalju vett, et see ulatuks võrkpõhja tasemest 5-7 sm kõrgemale.

Vee aurumise vähendamiseks kaetakse silinder klaaskupliga. Pärast seda, kui vesi on tõusnud liiva ülemisele pinnale, mis selgub liiva värvuse muutumisest, võetakse silinder veest, kuivatatakse marliga ja asetatakse filterpaberile. (Mulla veemahutavuse määramisel jäetakse silinder mullaga 24 tunniks seisma.)

Kui silinder lakkab tilkumast, kaalutakse see kohe tehnilistel kaaludel ja asetatakse uuesti 1-2 tunniks kristallisaatorisse kupli alla. Seda operatsiooni korratakse seni, kuni silindri kaal veest nõrgunud liivaga jääb muutumatuks.

Seega tehakse liiva veemahutavus kindlaks järgmiselt.

1. Määratakse kasutatava liiva kuivainesisaldus protsentides.
2. Määratakse silindrisse võetud õhukuiva liiva kaal (a).
3. Määratakse silindri ja õhukuiva liiva kaal kokku (b).
4. Määratakse silindri ja veest küllastunud liiva kaal kokku (c).
5. Määratakse liiva poolt seotud veekogus ($d = c - b$).
6. Määratakse kapillaarne veemahutavus protsentides

$$(c = \frac{d \cdot 100}{b}).$$



Joon. 3. Silinder liiva veemahutavuse määramiseks.

Nõude ettevalmistamine ja katse rajamine. Liivkultuuride jaoks võetakse ühesuurused email- või paksuseinalised klaasnõud, mis eelnevalt puhastatakse. Puhastamine toimub järgmiselt: nõudes lastakse 2-3 päeva seista soolhappel, pärast seda loputatakse nõud destilleeritud veega korduvalt ja jäetakse tolmuvabasse kohta õhu kätte kuivama.

Edasi võetakse 1,2-1,7-sm-se läbimõõduga klaastorud (mis peavad 2-4 sm nõust üle ulatuma) ja pannakse nõusse. Nõud täidetakse ühtlaselt liivaga ja kaalutakse. Nõu põhjal olev liivakiht surutakse tihedamalt kokku kui ülemised kihid. Nõu ülemine osa jääb 1,5-2 sm ulatuses liivast vabaks.

Seemned pannakse liiva teatud sügavusse, mis oleneb taime liigist. Seemnete idanemise ajal on nõu kaetud pappkaanega, et saavutada ühtlasemat niiskust. Seejärel valatakse nõudesse vett, 60-70% absoluutselt kuiva liiva veemahutavusest. Teades liiva absoluutset kaalu nõus, on võimalik välja arvutada liivas vajalik veekogus, mis märgitakse nõul olevale etiketile. Summaarne kaal on tühja nõu kaal, õhukuiva liiva kaal ja vee kaal.

Katsetaimede kastmisel asetatakse nõu taimega alati kaalule ja lisatakse vett arvestatava kaaluni. Osa vett valatakse liiva pindmisele kihile, suurem osa aga klaastoru kaudu alumistesse kihtidesse.

Taimi kastetakse igal hommikul, kuumadel ja kuivadel päevadel aga kaks korda - hommikul ja õhtul.

7-10 päeva pärast idandid harvendatakse; jäetakse kasvama ainult tugevamad.

T ö ö 5

Muldkultuuride rajamise tehnika

Taimi kasvatatakse mullaga täidetud vegetatsiooninõudes, kusjuures on tarvis teada mulla omadusi.

Muld kuivatatakse õhu käes, sõelutakse sõelaga, mille avade läbimõõt on 5-10 mm. Sõelutud muld surutakse tihedalt nõusse.

Niiskus ja veemahutavus määratakse nagu liivalgi. Iga

kilogramm mulla kohta lisatakse N-, P- ja K-väetisi, igaühete 70 mg.

Nõude puhastamine ja katse rajamine on analoogiline liiv-
kultuuridele.

Kui mulla füüsikalised omadused on halvad, võib vajaduse korral lisada puhast liiva ($1/4-1/5$ kaaluosa). Liiv parandab mulla aeratsiooni ja taimejuured saavad rohkem hapnikku.

T ö ö 6

Juurestiku üldise ja aktiivselt adsorbeeriva pinna määramine

Juurestiku pindala määramise käesolev meetod (autorid Sabinin ja Kolossov) on välja töötatud põhimõtte järgi, et mineraalainete neelamine juurte poolt toimub adsorptsiooni teel. Juurestiku üldine ja aktiivselt adsorbeeriv pind tehakse kindlaks tema poolt adsorbeeritud ioonide järgi. Seejuures oletatakse, et juurestik kattub adsorbeeritava aine monomolekulaarse kihiga. Adsorbeeritava ainena kasutatakse metüleensinist, mille neeldumist võib kolorimeetriga täpselt määrata (lahuse kontsentratsiooni muutumise järgi). On teada, et 1 mg metüleensinist katab monomolekulaarse kihina $1,10 \text{ m}^2$ suuruse adsorbendi pinna.

Kui asetada taime juured metüleensinise lahusesse, võib viimast poolteise kuni kahe minuti pärast leida juurestiku välimise kihi rakkudest. Kolossov on kindlaks teinud, et kui juuri veel poolteist minutit hoida 0,0001 N metüleensinise lahuses, toimub juurestiku kogu pinna küllastumine metüleensinise katioonidega. Kolmanda poolteise minuti jooksul toimub metüleensinise neeldumine ainult aktiivselt adsorbeeriva pinna arvel. Järelikult saame juurestiku aktiivselt adsorbeeriva pinna suuruse kindlaks teha metüleensinise hulga järgi, mis adsorbeeritakse kolmanda poolteise minuti jooksul. Juurestiku üldpinna saame teada kahe esimese poolteise minuti jooksul adsorbeeritud metüleensinise järgi.

Vahendid

0,0001 N metüleensinise lahus, 0,3 N CaCl_2 -lahus, 4 keeduklaasi, kolorimeeter ja kell.

Töö käik

Määramiseks valatakse kolme klaasi 0,0001 N metüleensinise lahust, mille hulk peab kümnekordselt ületama kogu juurestiku mahu. Neljandasse klaasi valatakse 0,3 N CaCl_2 -lahus.

Juured pestakse ja kuivatatakse filterpaberil. Seejärel asetatakse nad järjekorras kolme klaasi metüleensinise lahusesse ja hoitakse igas klaasis poolteist minutit. Pärast klaasist väljavõtmist lastakse lahus juurtelt nõrguda samasse klaasi, millest nad võeti. Värvunud juured pestakse vees pärast kolmandast klaasist väljavõtmist ja asetatakse CaCl_2 -lahusesse. Metüleensinine eraldub juurtest lahusesse, mis näitab vahetusadsorptsiooni toimumist. Metüleensinise katioonid vahetatakse välja CaCl_2 -lahuse katioonide vastu.

Metüleensinise lahuse kontsentratsiooni muutused tehakse kindlaks kolorimeetri abil. Standardlahuseks võetakse metüleensinise alglahus (0,064 mg/ml).

Juurestiku pinna saame teada, kui korrutame adsorbeeritud metüleensinise milligrammide arvu $1,10 \text{ m}^2$ -ga.

Katse andmed kantakse alljärgnevasse tabelisse.

Vari- ant	Lahuse maht (ml)	Metü- leen- sinise esialg- ne si- saldus lahuses (mg)	Metüleensinise hulk lahuses katse lõpul (mg)			Adsorb. metü- leensinise hulk (mg)				Juurte pind- ala (m^2)	
			klaasid			klaasid				ak- tiiv- ne	pas- siiv- ne
			1	2	3	1	2	1+2	3		

Ioonide antagonism

Ühe- ja kahevalentsete katioonide lahused puhtal kujul on taimedele mürgised. Segudes nende kahjulik mõju kaob. Ühe- ja kahevalentsete ioonide füsioloogiline mõju avaldub seega nende antagonismis.

H- ja Ca-ioonide antagonism.1 katse

Valmistatakse kolm lahust: HCl - 0,002 N, CaCl₂ - 0,002 N, HCl - 0,002 N + CaCl₂ - 0,002 N.

Lahused valmistatakse väikestes kristallisaatoritesse ja igasse neist pannakse 8-10 vesikatku lehekest. 1,5-2 tunni pärast võetakse igast lahusest 4-5 lehekest ja pannakse tugevasse (0,8-1 mol.) sahharoosilahusesse. Plasmolüüsi puudumine vesikatku lehes on rakkude purunemise näitajaks. Purunemise aste määratakse elusate ja surnud rakkude hulga loetelu järgi mikroskoobi vaateväljas.

2. katse

H-ioonide toksilisus elusatele rakkudele tehakse kindlaks värvilise rakumahla eksosmoosi teel. (Elusal rakul rakumahl ei välju.) Söögipeedi ja Rhoe discolor'i lehe lõigud pannakse järgmistesse lahustesse: 1. HCl - 0,001 N; 2. HCl - 0,001 N + CaCl₂ - 0,0002 N; 3. HCl - 0,001 N + CaCl₂ - 0,0005 N; 4. HCl - 0,001 N + CaCl₂ - 0,001 N; 5. HCl - 0,001 N + CaCl₂ - 0,002 N. Nimetatud lahused valmistatakse 0,005 N alglahusest.

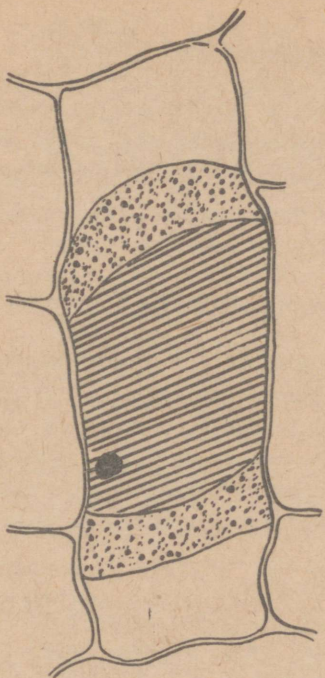
Tehakse kindlaks lõikude valastumise kiirus ja Ca-ioonide antagonistlik mõju H-ioonide suhtes. Valastumise kiirus tehakse kindlaks mikroskoobis.

3. katse

K-ioonid kutsuvad esile plasma pundumise, Ca-ioonid aga plasma tihenemise. Plasma pundumine toimub K sisaldavais lahustes kuplikujuliselt, rakkude plasmolüüserumisel. Kuppelplasmolüüsi (joon. 4) tekkimise jälgimiseks ja plasma paisumise astme määramiseks valmistatakse järgmised lahused:

1. KNO₃ - 1 M lahus; 2. Ca(NO₃)₂ - 0,7 M lahus;

3. $\frac{\text{KNO}_3}{\text{Ca(NO}_3)_2} = \frac{1}{1}$. Uuritav objekt peab sisaldama rohkesti



Joon. 4. Kuppelplasmolüüs.

antotsüaani. Katseks võetakse Rhoeo discolor'i lehe epidermi-
setükikesi, kus plasmolüüsi tüübid tulevad hästi esile.

T ö ö 8

Taimede kasvu võrdlemine nende kasvatamisel puhtas lahuses ja lahuste segudes

Ainult ühest soolast koosnevas lahuses taimed ei kasva
ja surevad tavaliselt 8-10 päeva pärast. Sellist lahust nime-
tatakse tasakaalustamata lahuseks. Kui aga lisatakse teisi
ioone, kaob olemasolevate ioonide ühekülgne mürgine mõju ja
taimed kasvavad normaalselt.

Vahendid

Viis kolbi (200 ml), marli, sidumisnõõr, 0,12 N KCl^{*}, 0,12 N CaCl₂^{*} ja 0,12 N NaCl^{*}-lahus ning idandatud nisuterised.

Töö käik

Viide kolbi valada variantide järgi järgmised lahused:

1. Täielik segu	{ 0,12 N NaCl	50 ml
	{ 0,12 N CaCl ₂	50 "
	{ 0,12 N KCl	100 "
2.	0,12 N CaCl ₂	200 "
3.	0,12 N NaCl	200 "
4.	0,12 N KCl	200 "
5.	{ 0,12 N KCl	150 "
	{ 0,12 N CaCl ₂	50 "

Kolvi kaelad kaetakse parafineeritud marliga, millesse tehtud aukudesse istutatakse eelidandatud nisuterised. Katseks valitakse ühesuurused idandid. Katsete kestel mõõta maa-pealse osa pikkust ning juurekeste arvu ja pikkust. Saadud andmed kirjutada tabelisse ja teha nendest andmetest järeldused.

T ö ö 9

Füsioloogiliselt happelised ja aluselised soolad

Vahendid

Odra-, nisu-, kaeraidandid, NaNO₃ (0,2 g 1 l-s), NH₄Cl (0,2 g 1 l-s), vatt, 2 katseklaasi, portselantiigel, pipetid, statiiv, must paber, universaalindikaator ja klaaspulk.

NaNO₃ ja NH₄Cl on keemiliselt neutraalsed. Füsioloogiliselt on NaNO₃ aluseline, NH₄Cl aga happeline. Mainitud nähtus on seletatav sellega, et taimed omastavad toitumisel NaNO₃-lahusest rohkem anioone NO₃, kuna katioon Na koguneb lahusesse ja muudab selle aluseliseks. NH₄Cl-lahusest omastavad taimed rohkem NH₄, kuna Cl jääb lahusesse ja viimane muutub happeliseks.

* 0,12 N lahuste valmistamisel võetakse 6,21 g KCl, 4,87 g NaCl ja 4,61 g CaCl₂ ühe liitri vee kohta.

Töö käik

Ühte katseklaasi valatakse 18 ml NaNO_3 -lahust, teise 18 ml NH_4Cl -lahust.

Kummaski katseklaasis määratakse alglahuse pH. Edasi istutatakse igasse katseklaasi kolm taime idandit. Katseklaasid kaetakse musta paberiga, et juured oleksid pimedas. Nummerdatud katseklaasid jäetakse seitsmeks päevaks hästi valgustatud ja sooja ($t^\circ 20^\circ\text{--}22^\circ\text{C}$) kohta. Iga kolme päeva järel määratakse lahuse pH. Saadud tulemused märkida tabelisse.

Taim	Lahused	pH		Kokkuvõte
		alglahusel	7 p. pärast	
Oder	NaNO_3 NH_4Cl			

Universaalindikaatori kasutamine lahuse pH määramisel on järgmine. Võetakse 1 ml uuritavat lahust portselantiiglisest ja lisatakse 1 tilk universaalindikaatorit. Klaaspulgaga segatakse lahust tiiglis seni, kuni vedelik on ühtlase tooniga. Võrreldakse vastava universaalindikaatori ja uuritava lahuse toone. Universaalindikaatori värvus muutub erineva pH korral roosast (pH 3) siniseni (pH 8) tabelis näidatud järjekorras täpsusega kuni 0,5.

Antud tabelis vastab teatud värvitoonile kindel pH.

Indikaatori värvus	pH
Roosa	3,0-3,5
Punane	3,6-4,2
Punakasoranž	4,3-4,6
Oranž	4,7-5,1
Kollane	5,2-6,1
Kollakasroheline	6,2-6,4
Roheline	6,5-7,2
Rohekassinine	7,3-7,6
Sinine	7,7-8,0

Universaalindikaatori valmistamine

1. Analüütilistel kaaludel kaalutakse 0,1 g metüülpunast. Värv peenestatakse uhmris, kuhu lisatakse 7,4 ml 0,2 N NaOH-lahust. Kogu lahus valatakse uhmrist 500-ml-sesse mõõtekolbi. Uhmer loputatakse destilleeritud veega, mis valatakse mõõtekolbi. Viimane täidetakse destilleeritud veega kriipsuni.

2. Kaalutakse 0,1 g broomtümoolsinist (peenestatakse samuti uhmris) ja lisatakse sellele 3,2 ml 0,2 N NaOH-lahust, mis valatakse 250-ml-sesse mõõtekolbi. Viimane täidetakse destilleeritud veega kriipsuni.

3. Kaalutakse 0,1 g fenüülpunast, mis lahustatakse 5,7 ml 0,2 N NaOH-lahuses. Kogu lahus valatakse 500-ml-sesse mõõtekolbi ja lisatakse kuni kriipsuni destilleeritud vett.

Kõik nimetatud kolm lahust säilitatakse pimedas. Universaalindikaatori saamiseks segatakse eespool toodud järjekorras lahused vahekorras 2:2:1. Ka segu säilitatakse pimedas.

T ö ö 10

Mineraalelementide hulga määramine taimemahlas

Mineraalsoolade ioonid, mis adsorbeeruvad juurte pinnale, sisenevad rakkude ainevahetusse, liiguvad edasi mööda rakke ja lõpuks eralduvad juure ksüleemi soontesse. Kui lõikame taime varre läbi, eraldub selle löikepinnalt mahla, milles määratakse mineraalelementide koostis.

On teada, et mineraalelementide kontsentratsioon taimemahlas on tavaliselt kõrgem kui nende välislahuses. Taimemahlas ainete kontsentratsiooni suhet välislahuse kontsentratsiooniga nimetatakse kontsentreerumise faktoriks. Mida väiksem on välislahuse kontsentratsioon, seda suurem on kontsentreerumise faktor. Kontsentratsiooni suurenemisega välislahuses läheneb kontsentreerumise faktor ühele. Juhul, kui aine kontsentratsioon mahlas on väiksem kui välislahuses, siis on kontsentreerumise faktor alla ühe.

Vahendid

Kõrvitsa, kurgi, maisi, päevalille jt. vesikultuurid.

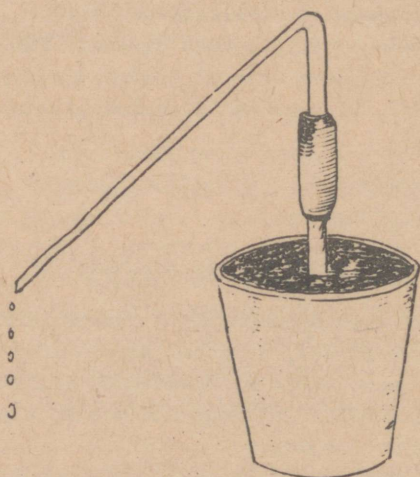
Valida välja ühesugused noored taimed ja jagada nad rühmadesse. Iga taime jaoks tuleb võtta 2-3-liitrine nõu, mis täita Knopi lahusega. Lahused valmistatakse lahjendustega 1:1, 1:2 ja 1:4.

Lahuste pH peab olema iga taime jaoks optimaalne.

Töö käik

Määrata kaaliumi-, kaltsiumi- ja fosforihulk ning kontsentratsioon taimemahlas erinevate väliskeskkonna kontsentratsioonidel ja arvestada nende ainete kontsentreerumise faktor.

Taimedel lõigatakse vars, mille külge kinnitatakse toru (joon. 5). Viimase abil kogutakse 4-24 tunni jooksul mahla.



Joon. 5.
Mahla kogumine.

Taimemahla kogumise ajal arvestatakse selle hulk ja voolamiskiirus (ml/t.). Määratakse K^+ -, Ca^{2+} -, PO_4^{3-} -ioonide kontsentratsioon mahlas, samuti ka välislahuses alg- ja lõppkontsentratsioon. (Vt. mineraalelementide määramise mikrokeemiline meetod.) Arvutada iga iooni kontsentreerumise faktor taimemahlas välislahuse erineval kontsentratsioonil.

Teades mahla hulka V, mida juured ühe tunni jooksul varde surusid, ja uuritavate ionide kontsentratsiooni C mahlas, arvutatakse ionide hulk, mida juured ühe tunni jooksul üles

surusid. C V ainete hulk tõusvas voolus iseloomustab juures-
tiku tööd maapealsete organite varustamisel teatud ainetega.

Tabelis on toodud andmed taimede mineraalainete kont-
sentratsioonide kohta mitmesuguste taimede mahlas.

Mineraalainete kontsentratsioonid taimemahlas mg/l

Taim	K	Ca	PO ₄	üld N	N (NO ₃)
Mais	210-560	80-370	160-990	300-540	
Nisu	-	-	150-640	120-1100	0-400
"	510-1100	-	-	-	340-2600
Kõrvits	218-850	400-530	160-330	-	-
	-	-	100-250	300-700	-
Kapsas	80-240	600-850	380	-	-
Lina	100-500	200-400	-	-	-
Päeva- lill	200-400	200-600	63-300	12-200	

Mineraalainete määramise mikrokeemiline meetod

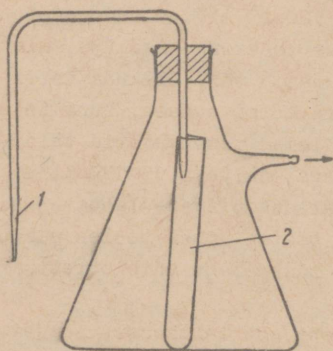
Mikrokeemilised mahumeetodid võimaldavad küllalt täpselt määrata paljude ainete ülivälkese (0,005-0,02 mg) hulki. Selle meetodiga töötamisel on järgmised põhilised iseärasused:

1) madalate kontsentratsioonidega tiitrimislahuste kasutamine (0,002-0,01 N); 2) töö tehakse tsentrifuugiprobiirides, millede maht on 7-10 ml; 3) 1-2-ml-ste mikrobürettide ja mikropi-
pettide kasutamine (jaotused 0,01-0,02 ml).

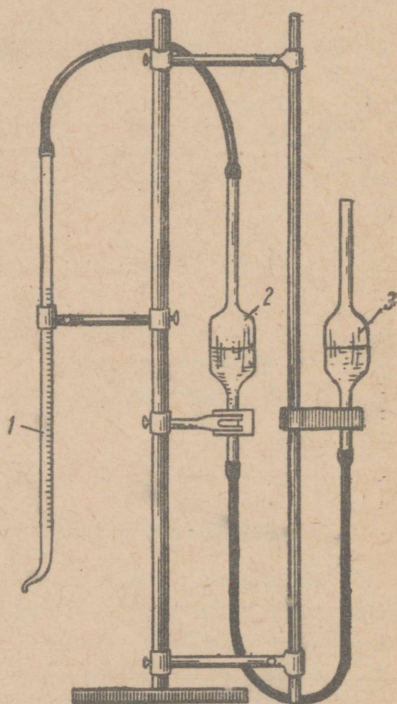
Viiakse väike hulk uuritavat lahust tsentrifuugiprobiiri, kus uuritav aine sadestatakse raskesti lahustuva ühendina. Sademe eraldamiseks vedelikust kasutatakse filtreerimise asemel tsentrifuugimist (1500-2000 tiiru minutis). Pärast seda imetakse peaaegu kogu sademepealne vedelik välja. Järgnevalt lisatakse jäägile väike kogus destilleeritud vett. Sademe tekkimise vältimiseks raputatakse katseklaasi ja tsentrifuugi-
takse uuesti. Nii tehakse seni, kuni sade on täielikult pes-

tud. Samas probiiris sade lahustatakse ja ka tiitritakse.

Vedelikku on pärast tsentrifugimist parem dekanteerida Ambari pipeti abil. Ambari pipett kujutab endast paksuseinalist klaastoru, mille sisemine diameeter on 2-3 mm (joon. 6);



Joon. 6. Ambari pipett.



Joon. 6a. Mikrobürett.

üks ots venitatakse kapillaariks (1) sisemise diameetriga 1-1,5 mm. Alumine kapillaari ots kõverdatakse veidi üles (näiteks 1 mm), mis väldib sademe segunemist. Toru ülemine ots kõverdatakse ja pannakse läbi Bunseni kolvil oleva korgi; kolb on ühendatud pumbaga. Tsentrifugiprobiiri kapillaari kõverdatud ots viiakse probiiri nii, et see ulatuks 2-3 mm

vedeliku sisse. Vedeliku imemise intensiivsust probiiris suurendatakse pidevalt. Kui sademele jääb 1-2-millimeetrine vedelikukiht, lastakse tsentrifuugiprobiir alla, võetakse sellest välja kapillaar ja katkestatakse vedeliku imemine. Kui on vajalik koguda sademe pesemise vett, siis pannakse probiir 2 Bunseni kolbi klaastoru alla. Probiiri kogunenud vedelik kasutatakse sademe täieliku pesemise kontrollimiseks.

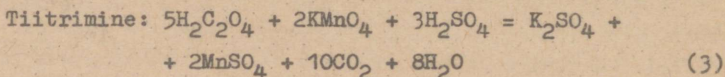
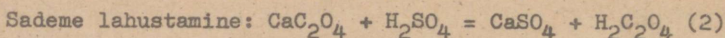
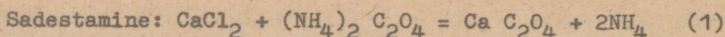
Tiitrimiseks võib tarvitada harilikku mikrobüretti. Sel juhul aga, kui on vaja ära hoida lahuste kokkupuutumist kummitorude ja kraanidega, kasutatakse spetsiaalseid mikrobürette, millede skeem on antud joonisel 6a.

Büretina kasutatakse harilikku 1-2-milliliitrist mikrobüretti, mis on gradueeritud 0,01-milliliitri täpsusega. Et saada väikest tilka, painutatakse büreti alumine ots ja ülemine ots ühendatakse kummivooliku abil klaasreservuaariga (2), mis on statiivile kinnitatud liikumatult. Selliseks reservuaariks võib kasutada Mohri pipetti (20-25 ml). Antud reservuaar ühendatakse kummivoolikuga teise reservuaariga (3), mis on ülalt avatud. Selleks et reservuaar 3 võib liikuda vertikaalses suunas, on ta asetatud suure korgi avasse, kuna teise avasse on pandud jäme klaaspulk. Mõlemad reservuaarid täidetakse mingi suure erikaaluga lahusega, näiteks 15-17%-lise CuSO_4 -lahusega. Mõlemates reservuaarides olevate lahuste ühele tasapinnale viimiseks peab nad täitma umbes pooles ulatuses. Reservuaari 3 langetamise või tõstmisega võib büretti täita või tühjendada.

Büreti täitmisel pannakse büreti ots lahusesse, seejärel lastakse reservuaar 3 allapoole, vähendades seega vedeliku rõhku reservuaaris 2, ja lahus imetakse büretti. Aeglaselt reservuaari 3 tõstes lastakse lahus tilkhaaval büretist välja.

Kaltsiumi määramine mikromeetodil Clarcki järgi

Kaltsium sadestatakse oksalaadina ja sade lahustatakse väävelhappes. Vabaneva oblikhappe hulk määratakse kaaliumpermanganaadilahusega tiitrimisel.



Kaltsiumi sadestamine oblikhappega on vaja läbi viia äädikhappelahuses (pH 5,4–5,7). See võimaldab eraldada kaltsiumi magneesiumist, nii et lahustatud äädikhappes magneesiumoksaalat lahustub, kaltsiumoksaalat aga ei lahustu. Tugevate mineraalsete hapete juuresolekul võib kaltsiumi sadenemine toimuda mittetäielikult, sellepärast happelised lahused algul neutraliseeritakse ammooniaagiga, seejärel aga lisatakse äädikhapet ja viiakse lahuse pH 5,4–5,7-le. Aluselistes lahustes võib Ca välja sadeneda mitte ainult oblikhappesoolana, vaid ka fosfaatidena, mis takistavad kaltsiumi õige hulga määramist lahuses. Seepärast on neid lahuseid vaja hapestada tarviliku pH-ni.

Vajalikud reaktiivid

Kontsentreeritud NH_4OH ja jää-äädikhape (CH_3COOH), $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ -küllastatud lahus, 12%-line H_2SO_4 , 0,02%-line metüülpunane, Nessleri reaktiiv, 0,01 N KMnO_4 -lahus, 0,01 N $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -lahus.

KMnO_4 -lahuse tiitri kindlakstegemiseks on vaja $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -lahust. Selleks kuumutatakse oblikhape 105°C temperatuuril ja lahustatakse destilleeritud vees. Seejärel lisatakse 12%-list H_2SO_4 , et kontsentratsioon oleks 5%-line.

Algul valmistatakse 0,05 N $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -lahus, sellest aga valmistatakse 0,01 N lahus ja lisatakse uuesti vajalik H_2SO_4 hulk.

Kaltsiumi määramine

Tsentrifuugiprobiiri viiakse täpselt mõõdetud hulk (1–2 ml) uuritavat lahust ja üks tilk metüülpunast. Kui metüülpunase lahus on omandanud vaarika värvuse, lisatakse ammoniaaki kuni kollase värvuse ilmuniseni ning seejärel tilkadena äädikhapet seni, kuni pH on 5,4–5,6. Kui uuritav lahus on aluseline, hapendatakse teda äädikhappega vajaliku pH-ni. Probiirid pannakse veevannile 60° temperatuuril ja lisatakse 5–6 tilka küllastatud ammooniumoksaalilahust, millega

sadestatakse Ca. Probiirid jäetakse veevannile 0,5-1 tunniks ja pärast seda 12 tunniks toatemperatuuril seisma. Soovitatav on probiirid jätta 60° temperatuuri 4 tunniks, kuna sel juhul moodustuvad väiksemad kaltsiumoksalaadi kristallid. Selle aja möödumisel vedelik koos sademega tsentrifuugitakse 15 minuti jooksul (1500-2000 tiiru minutis). Mitte lastes sademel seguneda, eraldatakse vedelik Ambari pipeti abil. Seejärel lisatakse sademele 1 ml destilleeritud vett, mida eelnevalt soojendatakse 60°-ni, siis tsentrifuugitakse 5 minutit ja uuesti asendatakse vedelik sooja veega. Pesemist korratakse seni, kuni oksalaat-ioon on pesuveest täielikult eraldatud. Oblikhape puudumist pesuvees võib kindlaks teha 1-2 tilga Nessleri reaktiiviga. Kui kollast värvust ei teki, võib pesemise lõpetada.

Pärast seda lisatakse sademele 1 ml 12%-list H_2SO_4 ja segu peenikese klaaspulgaga segades pannakse veevannile (t° 60°). Klaaspulk peab jääma probiiri kuni määramise lõpuni. Vabanenud oblikhapet tiitritakse mikrobüretist 0,01 N $KMnO_4$ -lahusega roosa värvuse tekkimiseni. Mn taandamine seitsmevalentselt kahevalentselt toimub ainult tugevas happelises keskkonnas ja 60°-le lähedases temperatuuris. Nende tingimuste mittetäitmisel ei taandu Mn täielikult ja moodustuvad vahepealsed hapendid, mida saab kindlaks teha pruunika helbelise sademe ilmumise või lahuse pruunikaskollaseks värvumise põhjal. Juhul, kui tiitrimisel kulub palju $KMnO_4$, on vaja töö ajal lisada H_2SO_4 .

Mikromeetodi kasutamisel on vaja arvestada indikaatori parandust ($KMnO_4$ -lahuse hulk, mis läheb lahuse värvimiseks). Indikaatori paranduse määramiseks võetakse probiiri selline hulk destilleeritud vett koos H_2SO_4 -ga, mis oli tiitrimise lõpetamisel katseprobiirides. Probiiri lisatakse $KMnO_4$ -lahust sellise värvuse saamiseni, nagu oli tiitrimisel. Indikaatori parandus arvatakse maha permanganaadi hulgast, mis kulus uuritava lahuse tiitrimiseks.

Pidades silmas seda, et kasutatakse nõrka $KMnO_4$ -lahust, on vaja tema tiitrit tihti kontrollida. Lahuse tiitri määramisel arvestatakse samuti indikaatori parandust.

Juhul, kui uuritavas lahuses on Ca väga vähe, siis tiit-

ritakse veel madalama kontsentratsiooniga KMnO_4 -lahusega (0,0025 N).

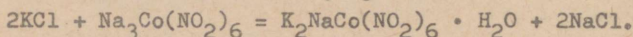
Kaltsiumi hulga arvutamine proovis toimub järgmiselt:

- 1) tuuakse KMnO_4 -lahuse hulk, mis kulus ära 0,01 N $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -lahuse tiitrimisel;
- 2) arvutatakse Ca hulk, mis vastab 0,01 N KMnO_4 -lahusele;
- 3) nende kahe suuruse järgi saame Ca hulga.

Kaaliumi määramine Kramereri ja Tisdali mikromeetodil

Kaaliumi sadestatakse naatriumheksanitrokobaltaadiga $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$. Seejärel määratakse sademes olev nitrit-ioon viimase hapendamisel KMnO_4 -lahusega happelises keskkonnas.

Sadestamine toimub järgmiselt:



Peale eespool märgitud ühendite võib sade sisaldada teatud hulga nii $\text{K}_2\text{NaCo}(\text{NO}_2)_6$ kui ka $\text{K}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Sademele KMnO_4 -lahuse lisamisel H_2SO_4 manulusel toimub sademe lahustumine, ja sademest vabanev NO_2 hapendatakse NO_3^- -ks, samaaegselt taandatakse Mg seitsmevalentselt kahevalentselt ja Co kolmevalentselt kahevalentselt.

Reageerinud kaaliumpermanganaadi hulga järgi võib arvutada NO_2 hulga sademes ning järelikult ka kaaliumi hulga.

Üks ml 0,01 N kaaliumpermanganaadilahust vastab 0,06-0,075 mg kaaliumile (koefitsient).

Sademe koostis oleneb temperatuurist, seismisajast jm. Seepärast on vaja kõigepealt kindlaks teha kaaliumi koefitsient kasutades täpselt valmistatud kaaliumiühendite teatud kontsentratsioone.

Edasine kaaliumi määramine uuritavates lahustes peab toimuma rangelt samades tingimustes nagu koefitsiendi määramine.

Naatriumheksanitrokobaltaat võib peale kaaliumi sadestada ka ammooniumioone NH_4^+ . Seepärast on enne kaaliumi määramist vaja kindlasti kontrollida uuritavat lahust Nessleri reaktiiviga.

Vajalikud reaktiivid

1. Naatriumheksanitrokobaltaat valmistatakse kahe lahuse, a ja b segamisel: lahus a - 500 ml 18%-lisele koobaltnitraadilahusele lisatakse 125 ml jää-äädikhapet; lahus b - 29%-line NaNO_2 -lahus.

Päev enne lahuse tarvitamist segatakse kolm osa lahust a viie osa lahusega b. Lämmastiku hapendamise vältimiseks puhutakse läbi segu õhku 2-3 tundi, pärast seda jäetakse lahus 12-15 tunniks pimedasse ja filtreeritakse. Lahus säilitatakse pimedas ja jahedas kohas (kasutamiskõlblik 2-3 nädalat).

2. 0,01 N KMnO_4 -lahus. 3. 0,01 N $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -lahus. 4. 25%-line H_2SO_4 -lahus. 5. Nessleri reaktiiv. 6. K_2SO_4 või KNO_3 või KH_2PO_4 (keemiliselt puhtad). Lahus peab sisaldama 100 mg kaaliumi liitris. 7. 40%-line formaliinilahus. Formaliini keemilist puhtust tuleb kontrollida naatriumheksanitrokobaltaadilahusega. (Sadet ei tohi tekkida!)

Kaaliumi koefitsiendi määramine

Pipetiga (jaotuse täpsus 0,01 ml) võetakse tsentrifuugi-probiiri 1 ml kaaliumi sisaldavat lahust (lahus 6). Sellele lisatakse aeglaselt 0,5 ml naatriumheksanitrokobaltaadilahust. Pärast 12-15-tunnilist seismist tsentrifuugitakse probiiri 15 minuti kestel (1500-2000 tiiru minutis).

Lahus eemaldatakse sademelt Ambari pipetiga ja sademele lisatakse 1 ml destilleeritud vett. Seejärel tsentrifuugitakse uuesti 5 minutit ja eemaldatakse vedelik. Sadet pestakse seni, kuni pestav vedelik jääb värvusetuks.

Pestud sademele lisatakse mikrobüretist 0,01 N KMnO_4 -lahust ja 25%-list väävelhapet. Viimase maht peab olema võrdne poole KMnO_4 -lahuse hulgaga. Seda segatakse peene klaaspulgaga. Lahust segatakse probiiris hoolikalt ja soojendatakse veevannil ($t^\circ 60^\circ\text{C}$). Soojendatakse seni, kuni sade ei ole täielikult lahustunud ja värvuse intensiivsus muutub nõrgemaks. Kui soojendamisel värvus täielikult kaob, siis lisatakse veel KMnO_4 ja väävelhapet.

Kui värvus jääb püsima, lisatakse 0,01 N $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ -lahust,

kuni värvus kaob. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ liia korral tiitritakse KMnO_4 -lahusega nõrga roosa värvuseni. Kaaliumpermanganaadilahuse tiitrit kontrollitakse iga kord enne määramist.

Arvutatakse KMnO_4 -lahuse hulk, mis kulus reaktsioonile. Selleks arvutatakse üldisest kaaliumpermanganaadilahuse milliliitrite hulgast, mis valati probiiri, see lahuse hulk, mis kulus $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ reaktsiooniks. Teades K hulka, mis võeti määramiseks, arvutatakse koefitsient, s. o. K hulk, mis vastab 1 ml 0,01 N KMnO_4 -lahusele sademe tekkimisel. Seda koefitsienti kasutatakse edasistel arvutamistel.

Kaaliumi määramine uuritavas lahuses

Kõigepealt kontrollitakse NH_4 -ioonide esinemist lahuses. Selleks lisatakse uuritava lahuse 0,2-0,5 ml-le 1-2 tilka Nessleri reaktiivi, mis annab NH_4 -ioonidega kollase värvuse. NH_4 puudumisel määratakse K selliselt nagu kaaliumi koefitsiendi määramisel. Enne sadestamist tuleb aga kontrollida lahuse pH-d, mis peab olema 4,5-6,5 piirides. Vajaduse korral võib kasutada äädikhapet või naatriumhüdrosiidi, mis ei sisalda K. Uuritava lahuse proov pannakse tsentrifuugiprobiiri.

Kui uuritavas lahuses oli NH_4 -ioone, siis pärast teatud hulga lahuse valamist tsentrifuugiprobiiri lisatakse sinna 35-40%-list formaliini (pool uuritava lahuse mahust). Probiiris olevat lahust soojendatakse veevannil 20 minutit ($t^\circ 60^\circ\text{C}$). Pärast jahutamist toatemperatuurini määratakse tavalisel teel lahusest kaalium.

K arvutamiseks proovis kasutatakse järgmist valemit.

$$[(A_1 + A_2) \cdot K_1 B] \cdot K_2,$$

kus A_1 - KMnO_4 -lahuse hulk ml-tes, mis algul valati probiiri,

A_2 - KMnO_4 -lahuse hulk ml-tes, mis kulus tiitrimiseks,

K_1 - KMnO_4 -lahuse parandus,

B - NaC_2O_4 -lahuse ml hulk,

K_2 - koefitsient, mis võrdub K hulgaga sademes ja mis vastab 1 ml-le 0,01 N KMnO_4 -lahusele.

Varuainete sisaldus puude võrsetes ja nende muutumine aasta kestel

Varuained (tähtslik, õli, valgud) ladestuvad talveks koo-reparenhüümi, säsiikiirtesse, niineparenhüümi ja teistesse kudedesse. Taimede kasvamisel aasta jooksul alluvad need ained muutustele. Näiteks õlirikastel puuliikidel tähtslik talvel laguneb ja rakkudesse jääb õli. Mõnedel puudel läheb talvel kudedes olev tähtslik üle suhkruks.

Varuainete muutumise säsis, puidus ja võsude kooses võib kindlaks teha mitmesuguste reaktsioonidega. Uuritavast materjalist tehakse lõigud, pannakse alusklaasile ja töödeldakse keemiliste reaktiividega.

1. Tähtslik saab kindlaks teha I+IK-lahusega. Tähtslik-terad värvuvad tumelillaks või tumesiniseks.

2. Õlisisaldus kudedes tehakse kindlaks 0,001 N sudaan III alkohollahusega. Lõigud pannakse sudaan III lahusesse, loputatakse veega ja vaadeldakse veetilgas. Õli värvub rakus helepunaseks.

3. Suhkur määratakse Fehlingi lahusega. Suhkrute esinemise korral on rakus näha üliväikesi punakaid kristalle. Rikkalikul suhkruisisaldusel võib isegi nõrga suurendusega näha punast suhkrusadet. Suhkrute määramine toimub järgmiselt: lõigud pannakse Fehlingi I ja II lahusesse, kaetakse katteklaa-siga, soojendatakse ettevaatlikult piirituslambi leegil, et lahus päris ära ei auruks. Preparaati vaadeldakse mikroskoobis.

4. Parkained ja vaigud värvuvad 0,1 N FeCl₃-lahusega sinakaks või tumeroheliseks. Pärast värvimist pannakse lõigud vette.

Lõike valmistatakse rohkem, et neid saaks mikroskoobis võrrelda.

Materjaliks võetakse nii suvel kui ka talvel lõigatud pärna-, tamme- ja männioksi, millest valmistatakse õhukesed lõigud. Iga reaktsiooni jaoks valmistatakse uued lõigud. Tullemused kirjutame tabelisse.

Võrsed	Tärklis	Õlid	Suhkur	Parkained
Pärnavõrsed talvel				
Pärnavõrsed suvel				
Tammevõrsed talvel				
Tammevõrsed suvel				
Männivõrsed				

T ö ö 12

Toortuha määramine puude erinevates kudedes

Puude erinevad organid ja nende koed sisaldavad erinevaid mineraal- ja orgaanilisi aineid. Puidu, lehtede, koore ja okste põlemisel jääb taimedesse põlematuid osi, n.-ö. mineraalsooli.

Vahendid

Puude erinevad organid, tiigel ja kaalud.

Töö käik

Kaalutakse tühi tiigel täpsusega 0,01 g, mis tähistatakse A-ga. Tiiglisse pannakse uuritavat materjali, näiteks oksti, lehti jm. Tiigel kaalutakse koos materjaliga. Kui materjaliks on puit, siis kaalutakse võetud materjal ilma tiiglita. Materjali võetakse järgmiselt: puitu 5 g, lehti, seemneid 1 g ja koort 2 g. Tiigel koos toormaterjaliga kaalub C g. Tiigel kaalutud materjaliga pannakse 20-30 minutiks muhvelahju. Pärast seda võetakse ahjust tiigel ning pannakse 2-3 minutiks asbestalusele ja seejärel eksikaatorisse kuni täieliku jahtumiseni (umbes 30-45 minutiks).

Eksikaatorist väljavõtmise järel kaalutakse tiigel koos tuhaga. Saadakse tiigli ja tuha kaal B. Toortuha protsent võetud materjalis arvutatakse järgmiselt:

$$\text{materjali toorkaal } C - A = M$$

$$\text{toortuha kaal } B - A = G$$

X - toortuhasisalduse protsent materjalis, kui kaalutiseks võtta 100, on

$$M - 100 = G - X$$

$$X = \frac{G \cdot 100}{M}$$

Töö lõpus võrrelda toortuha hulka puude erinevates organites ja kudedes.

Toortuhasisaldus %-des

Puuliik	Puit	Võrsed	Lehed
Mänd			
Kuusk			
Keskised andmed			

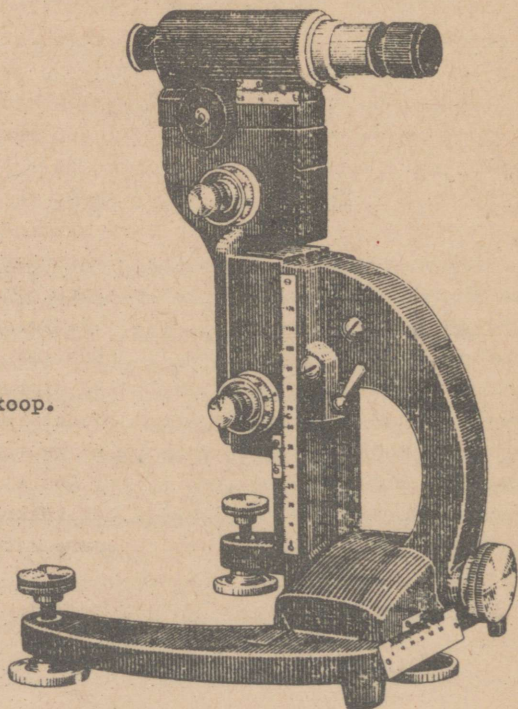
II. TAIMEDE KASV

T ö ö 13

Kasvukiiruse määramine horisontaalmikroskoobiga

Vahendid

Niiskuskambrid idandatud seemnetega, horisontaalmikroskoop (joon. 7) ja okulaarmikromeeter.



Joon. 7.
Horisontaalmikroskoop.

Töö käik

Mikroskoobi lauale kinnitada niiskuskamber koos idandatud seemnetega nii, et väikese suurendusega mikroskoobi vaateväljas on näha sirge juurekese tipp. Seada juure tipp kokku ühe okulaarmikromeetri jaotusega ja jälgida 30 minuti jooksul juure kasvu kiirust. Määrata okulaarmikromeetri jaotuse suurus. Arvutada juure kasvu kiirus.

T ö ö 14

Juure kasvatsooni määramine

Vahendid

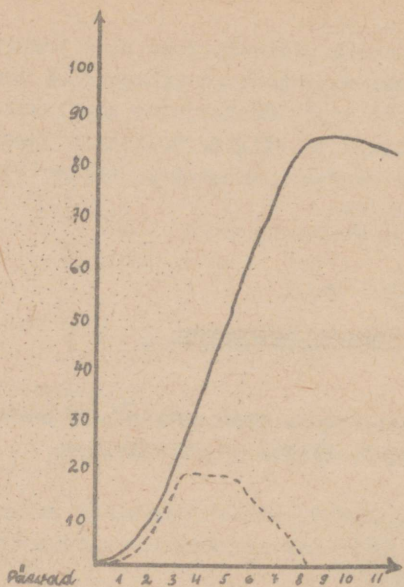
Idanenud seemned (hernes, uba), tušš, nõelad, millimeetripaper, niiskuskamber, korgid, käärid ja filterpaper.

Töö käik

Võetakse herne- või oaidandid, mille juurekese pikkus on 1-1,5 sm. Juurekesele, alates kasvukuhikust, tehakse tuššiga 1-mm-se vahemaaga kriipsud.

Seemned asetatakse nn. niiskuskambrisse. Selleks võib kasutada ükskõik millist klaasnõu. Nõu kaetakse pealt kas klaasplaadiga (plaadi sisemisele küljele kleebitakse korgid) või lihtsalt korgiga. 1/3 anuma mahust täidetakse veega. Seinad kaetakse filterpaperiga, mille alumine äär ulatub vette.

Seemned kinnitatakse korgile ettevaatlikult nõela abil selliselt, et juurekest ei vigastataks ja et see asetseks vertikaalselt. Seemnete kuivamise vältimiseks pannakse nende alla vette ulatuv filterpaperi kitsas riba. Harilikult võetakse kümme seemet. Katse asetatakse pimedasse, kus temperatuur on 20-25°C. 24 tunni pärast mõõdetakse millimeetripaperiga juurte märkide vahemaa, siis arvutatakse keskmine vahemaa ja joonistatakse kasvukõver. Abstsisssteljel märgitakse jaotused järjekorras, ordinaatteljel keskmine juurdekasv jaotuste vahel. Saadud kõver vastab suure kasvuperioodi kõverale (joon. 8).



Joon. 8.
Suur kasvuperioodi kõver.

Juure kasvutsooni määramine

Juured	Kasvutsoonid mm-tes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	a	b	c							
2	a ₁	b ₁	c ₁							
3	a ₂	b ₂	c ₂							
4	.	.	.							
5	.	.	.							
6	.	.	.							
7	.	.	.							
8	.	.	.							
9	.	.	.							
10	a ₁₀	b ₁₀	c ₁₀							
Keskmine	a _x	b _x	c _x							

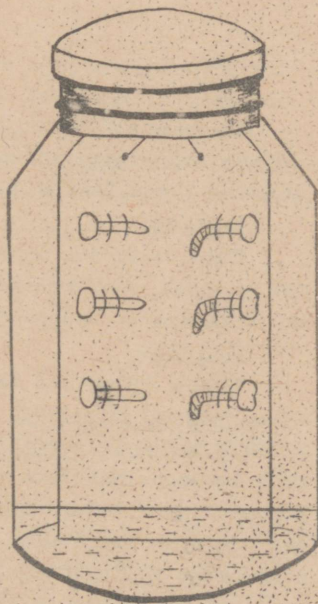
Vahendid

Idandatud herned, päevalilleseemned jt., tušš, niit, nõel, filterpaber, nuga, skalpell, termostaat, millimeetri-paber ja klaasnõu korgiga.

Töö käik

Valitakse kuus ühesugust sirge juurega idanenud seemet. Tuššiga märgitakse idandite juurtele 1 mm vahekaugusega kriipsud, alates juure tipust.

Kolmel idandil lõigatakse skalpelliga ära juure kasvutipp, kuna kolm jäetakse normaalse juure kasvukuhikuga. Kõik nad pannakse niiskuskambrisse või avara kaelaga purki. Purki valatakse vett. Neljakordsest filterpaberist lõigatakse nõusse sobiva laiusega riba ja nii pikk, et see ulatub vette.



Joon. 9.
Idandid niiskel filterpaberil.

Sellele filterpaberile õmmeldakse horisontaalselt idandid (joon. 9). Paber on mõõdukalt märgunud ja moodustab idandite kasvuks soodsa keskkonna.

Nõud pannakse 24 tunniks termostaati ($t^{\circ} 20^{\circ}-25^{\circ}C$), mis asetatakse pimedasse ruumi. 24-48 tunni pärast märgitakse idanditel esinevad erinevused. Katsed kinnitavad järgmist.

I. Geotropism avaldub nimelt juure maksimaalses kasvutsoonis, seal, kus toimub rakkude venituvusfaas kõige intensiivsemalt.

2. Kui juure kasvukuhik on eraldatud, siis mingisugust kõverdumist ei toimu. Katse näitab, et ainult kasvukuhiku rakud reageerivad maa raskustungi mõjule. See ärritus antakse edasi teistele rakkudele, mis kutsuvad esile juurte kõverdumise raskustungi suunas.

Tulemused joonistada.

T ö ö 16

Fototropism

Taimikasvu liikumise mehhanismi tundmaõppimiseks peab pöörama tähelepanu valgusele kui ärritajale. Selleks ongi järgmine katse üheiduleheliste koleoptiilidega pimekambris.

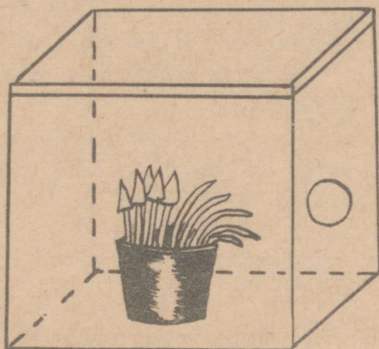
Vahendid

Nisu, odra jt. üheiduleheliste terve koleoptiiliga noored idandid, stanniolipaber, tuletikud, fototroopiline kamber (pimekamber ühepoolse valgustusavaga).

Töö käik

Nisu-, odra- jt. terised külvatakse potti mulda ja pannakse täiesti pimedasse idanema. Kui idandite pikkus on 1,0-1,5 sm ja koleoptiil veel terve, kaetakse 5 taime koleoptiil stanniolipaberiga (valgust mitte läbi laskev). Stanniolipaberist kate valmistatakse järgmiselt: võetakse 1 sm suurused tüki ja keeratakse ümber tikku, kusjuures tipmine osa keeratakse kokku. Saadakse koonusekujuline stanniolipaberist vorm, mis tihedalt ja ettevaatlikult pannakse koleoptiilile. Ülejäänud idandid, terve koleoptiiliga samas potis, jäetakse kontrolliks katmata. Nüüd pannakse pott fototroopilisse kamb-

risse (joon. 10), kus valguskiir tungib ühelt küljelt pimedasse kambrisse. See kamber asetatakse sooja ($t^{\circ} 20^{\circ}-25^{\circ}\text{C}$) ruumi. 24 tunni pärast avaldub fototropism.



Joon. 10.

Fototropiline kamber.

Katse näitab, et need taimed, mis olid kaetud valgust läbilaskmatu stanniolipaberiga, ei kõverdunud valguse poole. Ülejäänud taime koleoptiilid, mis olid katmata, kõverdusid.

Siit saame järeldada, et valgusärrituse vastuvõtjaks on koleoptiili tipmised rakud, milledest ärritus liigub edasi teistesse rakkudesse ja kutsub esile maapealsete organite kõverdumise valguse suunas.

Tulemused joonistada.

T ö ö 17

Valguse, temperatuuri ja mullaniiskuse mõju taimede kasvule

Temperatuur, valgus ja niiskus avaldavad suurt mõju taimede kasvule. Paraskliimas on enamikule taimedele optimaalseks temperatuuriks $25^{\circ}-27^{\circ}\text{C}$. Sobivaimaks mullaniiskuseks on umbes 65% mulla veemahutavusest. Valgus avaldab mõju taimede kasvule otseselt ja kaudselt. Valguse kaudne mõju taimede kasvule avaldub fotosünteesiproduktide hulga kaudu. Mida rohkem

sünteesitakse produkte, seda intensiivsem on kasv. Valguse otsene mõju on järgmine: valgusspektri ultravioletne osa piirduvad raku kasvu venituvusfaasi läbimist ja aeglustab seega kasvu kiirust (näit. kõrgmägede taimed), Nõrga valguse või spektri ultravioletse osa puudumise tõttu venivad taime varred tugevasti välja ja lehed ei arene normaalselt (see nähtus võib esineda kasvuhoone taimedel).

Vahendid

Nisu, odra, herne jt. paisunud seemned, 4 vegetatsiooninõu, muld, pimekapp, mensuur, kühvel, joonlaud, termostaat, kaalukaasid, tehnilised ning analüütilised kaalud, pintsetid ja värvipliatsid.

Töö käik

Võetakse neli kaalutud vegetatsiooninõu, täidetakse õhukuiva mullaga (400 g mulda), mille niiskus on 17%. Niiskuseprotsendi alusel saame teada, et 400 g õhukuiva mulda sisaldab 68 g vett ja 332 g absoluutselt kuiva mulda. Mulla optimaalse niiskuse (65% täielikust veemahutavusest) puhul sisaldub 332 g mullas 107,9 g vett. Kuna 17% niiskuse puhul on mullas juba 68 g vett, peame igasse nõusse lisama veel juurde 39,9 g vett. Antud katses kolmes nõus säilitatakse optimaalne niiskus vee lisamisega. Ühte aga vett juurde ei valata, see jääb kontrolliks. Pärast nõude ettevalmistamist istutatakse igähte 10 taime. Üks nõu mulla optimaalse niiskusega ja teine nõu puuduliku niiskusega jäävad laboratooriumi 20°-25°C temperatuuri optimaalse valguse kätte.

Üks nõu taimedega pannakse jahedasse (t° 5°C) valgesse ruumi, kuid teine nõu pimedasse ja sooja (t° 20°-25°C).

Kahe nädala pärast tehakse katsete kontroll. Siis mõõdetakse taime kõrgus, kirjeldatakse lehtede kuju ja värvus. Lõigatakse taime maapealne osa ja määratakse toor- ja kuivkaal. Tulemused märgitakse tabelisse.

Taimet nimetus	Katse algus			Katse lõpp	
	Nõu nr.	Taimet kõrgus sm	Toor-kaal g-des	Kuiv-kaal g-s	Lehtede kirjeldus
a) Optim. niiskus, valgus t ^o 20 ^o -25 ^o C	1				
b) Kuiv, valgus, t ^o 20 ^o -25 ^o C	2				
c) Optim. niiskus, pimedus, t ^o 20 ^o -25 ^o C	3				
d) Optim. niiskus, valgus, t ^o ca 5 ^o C	4				

T ö ö 18

Seemne varuainete hulga mõju taime kasvule

Taimede esialgne kasv sõltub suurel määral seemnes olevatest varuainetest. Mida suuremad on seemned ja mida rohkem varuaineid nad sisaldavad, seda tugevamad kasvavad taimed. Seepärast peavad agronoomid pöörama vajalikku tähelepanu seemnete absoluutsele kaalule (1000 tera kaalule) ja nende suurusele.

Vahendid

Nisu, maisi, herne jt. leotatud seemned, 4 lillepotti, saepuru, skalpell, kaalukaasid, termostaat, tehnilised ning analüütilised kaalud ja pintsetid.

Töö käik

Kaheksakümmend ühtlaselt paisunud seemet jagatakse nelja ossa, igauhte kakskümmend seemet. Katse toimub neljas variandis järgmiselt: esimeses variandis on terved seemned (kontroll), teises lõigatakse igal seemnel ära pool endospermi. Kolmandas variandis lõigatakse seemnetel ära 3/4 endospermi ja neljandas 7/8.

Lillepotid täidetakse saepuruga. Saepuru niisutatakse ühtlaselt nii, et üleliigne vesi poti august välja voolab. Potid nummerdatakse. Katsematerjal istutatakse niiskesse saepurusse. Esimesse potti istutatakse terved seemned, teise - poole endospermiga, kolmandasse 1/4 endospermiga ja neljandasse 1/8 endospermiga seemned.

Kõik potid pannakse kaheks nädalaks pimedasse termostaati. Vajaduse korral tuleb saepuru niisutada.

Pärast kahe nädala möödumist võetakse taimed ettevaatlikult potist välja, juured loputatakse veega saepurust puhtaks ja loetakse taimede arv igas potis eraldi. Taimed asetatakse kaalukaussi, kuhu märgitakse ka poti number. Nii saadakse neli kaussi (igas kausis 20 taime), mis pannakse kuueks tunniks termostaati ($t^{\circ} 100^{\circ}-105^{\circ}C$). Edasiselt määratakse taimede kuivkaal ja arvestatakse see ümber 100 taime kohta.

Tulemused kirjutatakse tabelisse.

Poti nr. Variandid	20 seemnest idanes		Kuivkaal 100 taime kohta	
	Arv	%	g	%
1. Kontroll				100
2. 1/2 endospermist				
3. 1/4 "				
4. 1/8 "				

Tabelisse tuleb märkida idanenud seemnete arv igas variandis (protsent 20 seemne kohta). Saja taime kuivkaal tervetest seemnetest loetakse 100%-ks. Teiste variantide taimede kuivkaal arvestatakse protsentides kontrollvariandist.

T ö ö 19

Lehtede tähtsus juurte moodustumisel

Peale välistingimuste avaldavad taime kasvule mõju ka sisetingimused. Taimepistikud juurduvad paremini, kui neile jääb vähemalt üks leht või osa lehest. See seletub asjaoluga, et lehtedes moodustuvad valguse käes kasvuregulaatorid (auk-

siinid), mis voolavad pistiku alumisse ossa, kutsudes esile kalluse ja seejärel juurte tekke.

Katsed tehakse kiiresti juurduvate taimedega, näiteks tomati, pelargooniumi ja teistega. Võetakse 5-6 lehega pistikud. Variandid on järgmised:

1. Jäetakse alles kõik lehed ja latv (normaalne pistik).
2. Lõigatakse ära kõik lehed.
3. " ära kõik lehed ja latv.
4. " ära kolm alumist lehte.
5. " ära kolm ülemist lehte.

Pistikud asetatakse katseklaasidesse vette ja katseklaasi sisse vee lähedale pannakse 1,5 sm laiuselt vatti. Katseklaas kaetakse musta paberiga ja asetatakse statiivile valguse kätte.

Katse kestab 2-3 nädalat. Katsete lõpetamisel mõõdetakse juured, loetakse külgsuurte arv ja tehakse kokkuvõtte lehtede tähtsusest taimejuurte arengule.

T ö ö 20

Taimede puhkeperioodi katkestamine soojade vesivannidega

Vahendid

Mitmesugused puuksad (kirss, pirn), kast 60x80 sm, ämber, papp, terav nuga, saepuru, kott saepuru jaoks ja nõu okstega.

Töö käik

Oksad tuuakse laboratooriumi üks või kaks päeva enne praktikumi. Praktikumi ajal uuendatakse okste lõikepinda vee all endisest 2-3 sm kauguselt. Suuruselt ühesugused oksad jagatakse kahte ossa; üks osa jääb katseks, teine kontrolliks. Kontrolloksad pannakse lihtsalt vette ja jäetakse laboratooriumi, kusjuures temperatuur peab olema 15^o-17^oC. Katseoksad pannakse 9-12 tunniks soojaveevanni (t^o 37^o-39^oC). Soojaveevanniks kasutatakse lihtsat termost, mis valmistatakse järgmiselt võetakse laud- või vineerkast (60x80 sm), põhja pannakse 10-15 sm paksune saepurukiht ja tambitakse kõvasti kinni. Kastikeskele pannakse papisse mähitud soojaveeämber. Ämbri ümbrus tambitakse kõvasti saepuru täis. Papi äär peab ulatuma

12-13 sm ämbri servast kõrgemale, saepuru aga veidi kõrgemale. Kastis olevat saepuru on vaja eelnevalt soojendada. Selleks täidetakse ämber 1 tund enne katse algust keeva veega (90° - 100° C) ja kaetakse puitkaanega, millele asetatakse saepurukott. Viimane ei tohi saada niiskeks. Mõne aja pärast kontrollitakse ämbriis oleva vee temperatuuri. Kui see on 37° - 39° C, pannakse oksad üleni vette ja kast kaetakse pealt saepurukotiga. Nii püsib veetemperatuur ühtlane, langedes katse kestel vaid 2° - 3° C võrra. Olenevalt taime liigist kestab katse 9-12 tundi. Näiteks sirelioksi tuleb vannis hoida 15 tundi. Pärast seda võetakse oksad veest, pannakse teise nõusse vette ja jäetakse samasse ruumi, kus kontrolloksadki. Vette on soovitatav lisada veidi puusütt - käärimisprotsesside kõrvaldamiseks. Ruumi temperatuur olgu 15° - 18° C. Vees olevaid oksa on vaja hoida akna lähedal või kunstlikult valgustada. 5-6 päeva pärast puhkevad okstel pungad ja arenevad õied.

Oksi ei tohi väga kaua soojas vees hoida, sest pungade hingamine on väga intensiivne ja hapnikupuudusel võib aeroobne hingamine üle minna anaeroobseks, mille tagajärjel pungad hävivad. Kõige paremaid võrdluskatseid saab oktoobrist kuni detsembrini, mil pungad on sügavpuhkefaasis. Hilisemad katsed võivad anda ühesuguseid tulemusi: pungad puhkevad ajatatud ja ajatamata okstel üheaegselt.

T ö ö 21

Puude pungade puhkeperioodi katkestamine eetriga

Vahendid

Mitmesuguste puude oksad, vaseliin, purk veega, eeter, klaaskuplid, klaas, väikesed kristallisaatorid ja gradueeritud pipett.

Töö käik

Üks päev enne katset lõigatakse erinevate puude oksa ja pannakse vette. Katse algul jagatakse oksad kahte ossa. Üks osa jääb kontrolliks, teine katseks. Okstel lõigatakse vee all otstest tükk ära ja pannakse siis veega täidetud purki-desse. Kontrollpurk koos okstega jäetakse laboratooriumi,

katseksad aga pannakse suure klaaskupli alla, mille ääred on eelnevalt määratud vaseliiniga. Kupli alla asetatakse veel väike kristallisaator eetriga (0,5 ml eetrit 1 l õhu kohta). Kuppel pannakse klaasile.

Taimed jäävad kupli alla üheks kuni kaheks päevaks. Seejärel tuuakse nad kontrollokste juurde. Võrreldakse pungade puhkemist ja tehakse katsest järeldus.

T ö ö 22

Taimede ajatamine suitsuga

Vahendid

Mitmesugused oksad, vaseliin, paber, vatt, klaasnõud, kaks klaasplaati, kuplid.

Töö käik

Võetakse uuritava materjali oksad ja pannakse veega täidetud kolbi. Kolb viiakse kasvuhoonesse (kontroll). Katseoksad aga pannakse kolviga kupli alla suitsu sisse, kusjuures klaasi ääred määratakse vaseliiniga. Enne vaseliiniga määrimist süüdatakse kortsutatud filterpaber põlema, mis annab tugevat suitsu. Kui kupli all olev ruum on ühtlaselt suitsuga täitunud, jäetakse taimeoksad sinna 24-48 tunniks. Mõne tunni pärast kuplis suitsu enam ei näe, kuid gaasilised produktid avaldavad oma mõju edasi. Pärast katseaja möödumist võetakse oksad ja pannakse kontrollokste juurde kasvuhoonesse.

T ö ö 23

Gibberelliini mõju taimede kasvule

Vahendid

Päevalille, maisi, oa, kanepi, lina noored taimed, 0,01% ja 0,005%-line gibberelliinilahus, pulverisaator, joonlaud ja niit.

Katseks võetakse gibberelliin A₃, mis on füsioloogiliselt aktiivne kasvuregulaator.

Töö käik

Katse jaoks võetakse 3 vegetatsiooninõu, igaühes viis taime. Viit taime pritsitakse 0,01%-lise, 5 taime 0,005%-lise gibberelliin A₃ lahusega ning viit taime destilleeritud veega. Viimased jäävad kontrolliks. Taimi pritsitakse pulverisaatoriga üks kord päevas 5 päeva jooksul.

Enne esimest pritsimist märgitakse ära taimede fenoloogiline faas, mõõdetakse kõrgus ja loetakse lehed. Mõõtmisi ja vaatlusi tehakse iga 3 päeva järel ja märgitakse vihikusse kõik muutused, mis ilmsid taimedel kuu aja vältel.

Töö lõpus koostatakse tabel, kuhu märgitakse katse tulemused ja tehakse järeldused.

Taim	Variant	Fenofaas	Kõrgus (sm-tes)		Juurdekasv
			Algus	Lõpp	
Mais	(Kontroll) vesi 0,01%-lise gibberelliinilahusega 0,005%-lise gibberelliinilahusega				

T ö ö 24

Heteroauksiini pidurdavast ja stimuleerivast toimest juurte kasvusse

Vahendid

Filterpaber, Petri tassid, nisuterised, 0,1%-line heteroauksiinilahus, 1-ml-ne pipett, 10-ml-ne mõõtesilinder.

Töö käik

Petri tassid kaetakse filterpaberiga. Paberid niisutatakse 9 ml kraaniveega või heteroauksiinilahusega järgmise skeemi järgi:

- 1) 0,01%-line heteroauksiinilahus,
- 2) 0,001%-line "
- 3) 0,0001%-line "
- 4) 0,00001%-line "
- 5) kraanivesi.

Nende lahuste saamiseks võetakse 1 ml 0,1%-list hetero-
 auksiinilahust ja valatakse 10-ml-sesse mõõtesilindrisse, mis
 täidetakse veega kuni kriipsuni. Siit valatakse 9 ml Petri
 tassi nr. 2. Järelejäänud 1 ml lahjendatakse veega veel
 10-kordselt, millest jälle 9 ml valatakse Petri tassi jne.

Niisutatud filterpaberile asetatakse 5 nisuterist ja
 tass kaetakse kaanega. Tassid pannakse pimedasse ruumi.

5-6 päeva pärast mõõta juurte pikkust. Teha kindlaks,
 missugused heteroauksiini kontsentratsioonid stimuleerivad
 ja missugused pidurdavad kasvu.

Var. nr.	Variandi nimetus	Juurte pikkus summaarselt (sm-tes)	Juurte keskm. pikkus 1 taime kohta (sm-tes)	Järel- dused
1.	Kraanivesi			
2.	0,01%-line hetero- auksiinilahus			
3.	0,001%-line "			
4.	0,0001%-line "			
5.	0,00001%-line "			

K a s u t a t u d k i r j a n d u s

- Б а с л а в с к а я, С. С., Т р у б е ц к о в а, О. М.,
Практикум по физиологии растений. М., 1964.
- С а к с, А. И., М е л ь н и к, Т. К., Практикум по физио-
логии и биохимии растений для агрономов. Новосибирск,
1962.
- С к а з к и н, Ф. Д., Л о в ч и н о в с к а я, Е. И.,
К р а с н о с е л ь с к а я, Т. А., М и л л е р, М. С.,
А н и к и е в, В. В., Практикум по физиологии растений.
М., 1953.
- С к а з к и н, Ф. Д., Л о в ч и н о в с к а я, Е. И., М и л -
л е р, М. С., А н и к и е в, В. В., Практикум по физио-
логии растений. М., 1958.

S i s u k o r d

I. TAIMEDE TOITUMINE

1. Vesi- ja liivkultuuride toitelahused ja nende valmistamine	3
2. Vesikultuuride rajamise tehnika	10
3. Taimede kasvatamine vesikultuuris täielikul toitelahusel ja mõningate elementide puudumisel	14
4. Liivkultuuride rajamise tehnika	17
5. Muldkultuuride rajamise tehnika	20
6. Juurestiku üldise ja aktiivselt adsorbeeriva pinna määramine	21
7. Ioonide antagonism	23
8. Taimede kasvu võrdlemine nende kasvatamisel puhtas lahuses ja lahuste segudes	24
9. Füsioloogiliselt happelised ja aluselised soolad ..	25
10. Mineraalelementide hulga määramine taimemahlas	27
11. Varuainete sisaldus puude võrsetes ja nende muutumine aasta vältel.....	37
12. Toortuha määramine puude erinevates kudedes	38

II. TAIMEDE KASV

13. Kasvukiiruse määramine horisontaalmikroskoobis	40
14. Juure kasvutsooni määramine	41
15. Geotropism	43
16. Fototropism	44
17. Valguse, temperatuuri ja mullaniiskuse mõju taimede kasvule	45

18. Seemne varuainete hulga mõju taime kasvule	47
19. Lehtede tähtsus juurte moodustamisel	48
20. Taimede puhkeperioodi katkestamine soojade vesi- vannidega	49
21. Puude pungade puhkeperioodi katkestamine eetriga ...	50
22. Taimede ajatamine suitsuga	51
23. Gibberelliini mõju taimede kasvule	51
24. Heteroauksiini pidurdavast ja stimuleerivast mõjust juurte kasvule	52
Kasutatud kirjandus	54

Taimefüsioloogia praktikum

II osa

Taimede toitumine ja kasv

Toimetaja: H. Neerut

Korrektorid: V. Kingo, L. Uuspõld, V. Viilup

Paljundamiseks antud 13. V 1966. Paber 60x84 cm.
Trükipoognaid 3,5. Tingtrükipoognaid 3,19. Arvestus-
poognaid 3,13. Tiraaž 700. MB 03749. Tell. nr. 76.

EPA rotaprint, Tartu, Riia 12

Hind 8 kop.

A-27603

Hind 8 kop.

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00399319 5