

PAUL RAHNO

MULLA MIKROBIOLOOGIA
JA BAKTERVÄETISED



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“

PAUL RAHNO

MULLA MIKROBIOLOOGIA
JA BAKTERVÄETISED

Kõustuslik kontrollieksemplar



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“
TARTU, 1949



14610

A-1756.1



ARHIIVKOGU

Eessõna.

Seoses nende ulatuslike ülesannetega, mis meie põllumajanduse alal töötajatele on antud Eesti NSV viie aasta plaaniga ja ÜK(b)P Keskkomitee veebruaripleenumi ja EK(b)P Keskkomitee XVI pleenumi otsustega meie mullaviljakuse tõstmise ja põllumajandussaaduste kogusaagi suurendamise alal, tuleb meil senisest palju rohkem tähelepanu pöörata uutele teaduslikult põhjendatud võtetele põllumajanduses, laiaulatuslikult tutvustada ja tootmisse rakendada NSV Liidu ja Eesti NSV teaduslike uurimis- asutiste poolt selgitatud uusi võtteid ja leiutisi. Üheks selliseks võtteks on bakterväetiste tarvitamine.

Viimasel ajal on tegelikkude põllupidajate seas hakanud ilmnenema suurenev huvi bakterväetiste tarvitamise vastu. ENSV Teaduste Akadeemia Põllumajanduse Instituudi Kuusiku Filiaal on saanud arvukaid tellimusi bakterväetiste saamiseks, kuid ühes nendega ka hulga järelepärimisi bakterväetiste mõju ja omaduste kohta. Esitatud küsimustest nähtub, et mitte ainult tegelikel põllumeestel, vaid tihti ka nooremal agrotehnilisel personalil puuduvad selles asjas põhilised teoreetilised teadmised. Käesolev brošüür on mõeldud nende teadmiste puuduse kõrvaldamiseks.

Bakterväetiste tarvitamine põhineb mulla mikrobioloogia alustel, seepärast ei või loota, et suudetaks bakterväetisi efektiivselt rakendada, omamata algelisi teadmisi mulla mikrobioloogia põhialuste ja mullastikus esinevate

mikroorganismide elutegevuse kohta. Lähtudes sellelt seisukohalt on püütud käesolevas brošüüris käsitleda bakterväetiste küsimust.

Bakterväetised võivad anda suuri lisasaake ainult nende teadlikul ja oskuslikul kasutamisel. NSV Liidu vennasvabariikides on bakterväetiste rakendamisel saadud silmapaistvaid tulemusi eesrindlikes sotsialistliku põllumajanduse süsteemi kuuluvais suurmajandites — kollektiivmajapidamistes ja sovhoosides, kus nende tarvitamine on toimunud asjatundliku ja pideva agrotehnilise juhtimise ja kontrolli all. Ainult nende eeltingimuste silmaspidamisel võib ka Eesti NSV-s bakterväetistest oodata maksimaalseid tulemusi.

P. Rahno.

Sissejuhatuseks.

Mikrobioloogia on teadus, mis tegeleb elusolendite erilise grupi, mikroorganismide ehk mikroobide elutegevuse uurimisega. Mikroorganismid on väga väikesed olendid, mistõttu võib neid näha ainult eriliste seadeldiste, mikroskoopide abil, kasutades 500—1500-kordset suurendust. Hoolimata oma tähtsusetult väikesest „suurusest”, etendavad mikroorganismid looduses erakordselt tähtsat osa. Võib öelda, et ilma mikroorganismide tegevuseta ei oleks elu maa peal üldse võimalik. Mikroobe leidub kõikjal: õhus, vees ja eriti suurel arvul mullas. Kuni mikroskoobi leiutamiseni olid mikroobid tundmatud. Orgaaniliste ainete ja jätete mädanemine, käärimine ja hapnemine olid tuntud juba väga ammu. Kuigi ei tuntud nende nähtuste põhjustajaid, püüti neid väga mitmeti seletada.

Esimesena avastas mikroorganisme käärivates lahustes — äädikas, piimas jne. — Rooma astroloogia professor Kircher eriti tugeva luubi abil juba 1646. aastal, kuid sel ajal pöörati neile „väga väikestele ussikestele” vähe tähelepanu. Mikrobioloogia kui teaduse isaks võib pidada hollandlast Antony van Leeuwenhoek'i (1632—1723), kes endavalmistatud mikroskoobi abil saavutas 160-kordse suurenduse ja avastas seni nähtamatuid „loomakesi” tohutul arvul paljudes lihtsates ühendites.

Et mikrobioloogia võis areneda tõeliseks teaduseks, selles on erakordsed teened kõigepealt Louis Pasteur'il (1822—1895), kes esmakordselt tõestas, et käärimine ja

roiskumine teostuvad mikroobide toimel. Pasteur andis alused mikroobide süstematiseerimiseks nende välise kuju ja erinevate omaduste põhjal ning avastas kaitsepooked mitme nakkushaiguse vastu. Erilise tähtsuse omandas Pasteuri marutõvevastane seerum.

Pasteuri töödele järgnesid Robert Koch'i (1843—1910) tööd, kes eriti tegeles kardetavamate nakkushaiguste, nagu tuberkuloosi, siberi katku ja koolerat tekitavate mikroorganismide uurimisega. Koch'i poolt on leiutatud ka rida võtteid mikroobide eraldamiseks puhaskultuurideks kunstlikes toitelahustes ja tarretistes, millega sai võimalikuks mikroobide eriomaduste tundmaõppimine.

Kui Pasteur ja Koch tegelesid peamiselt inimsoo kardetavaimate vaenlastega mikroorganismide seas, siis leidis Pasteuri ja Koch'i järglaste hulgas juba 19. sajandi lõpul väljapaistvaid mikrobiolooge, kes tutvustasid meile meie sama päritoluga sõpru ja abilisi. Sellest ajast on pärit esimesed katsed ja leiutised põllumajandusliku mikrobioloogia alal. Siin on eriti suuri teeneid vene teadlastel S. Vinogradski'il ja V. Omeļanski'il ning hollandi teadlasel Beijerinck'il, kellede uurimused panid aluse mullas elunevate mikroorganismide tundmaõppimisele. Selgus, et mikroorganismid ei ole ainult laastavate taudide põhjustajad, vaid et paljud nendest on tarvilikud ainete ringkäigu teostumisel looduses, seega inimesele väga oluliste ja tarvilikkude protsesside abistajad, millised protsessid võimaldavad uute ainete väärtuste loomist. Inimene õppis mikroorganismide tegevust korraldama, seda oma hüveolu tõstmiseks kasutama ja juhtima.

Põllumajanduslik mikrobioloogia jaguneb mitmesse eriharusse, milledest üks uurib mullastikus esinevate mikroorganismide osatähtsust mullaviljakuse tõstmisel, teised mikroorganismide tegevust põllundus- ja karjasaaduste

töötlemisel ja võitluses põllumajanduslike kahjurite vastu. Käesoleva brošüüri ülesandeks on tutvustada meie põllumeeste laialdasemaid hulki mullastiku mikroobide tegevusega ja võimalustega seda tegevust korraldada ning suunata kõrgemate saakide saamiseks põllu- ja aiakultuuridelt.

Kõik mullastikus elunevad mikroorganismid võtavad suuremal või väiksemal määral osa mullastikus toimuvatest protsessidest, milledest oleneb mullaviljakus. Kõigepealt teostavad mikroorganismid looma- ja taimeriigi jätete lagundamist roiskumisprotsessi kaudu. Iga vegetatsiooniperioodi lõppedes jääb põllule suur hulk taimejätteid kõrte, lehtede, juurte jne. näol, arvestamata inimese poolt lisatavaid orgaanilisi väetisi. Kõigi nende orgaaniliste jätete lagunemine toimub mikroorganismide tegevuse tulemusena, kes teostavad nende jätete ümbermuutmist taimedele kättesaadavaks keemilisteks ühenditeks. Ka laudaväetis saab taimedele kättesaadavaks ainult mikroorganismide tegevuse kaudu; samuti ei suuda taimed otseselt kasutada paljusid mullas leiduvaid mineraalühendeid ilma mikroorganismide vahetalitusega. Näiteks võib mullas leiduda küllaldaselt fosforit vees ja taimede juurtemahlas lahustumatute ühenditena, taimed aga kannatavad fosforipuuduse all, kui mullas ei ole vastavaid mikroorganisme, kes raskelt lahustuva fosfori muudavad ümber taimedele kättesaadavaks fosforiks. Humuse tekkimine ja lagunemine mineraalühenditeks, mulla struktuuri moodustamine ja parandamine, taimekasvuks eriti tähtsate lämmastikühendite kogumine ja ümbermuutmise — kõik see on mullastikus leiduvate mikroorganismide tegevuse tulemus.

Et nendes rohkearvulistes protsessides orienteeruda ja neid juhtida, on tarvis lähemalt tutvuda mikroorganismide liikide, nende erinevuste ja elutingimustega.

Mikroorganismide tähtsamad liigid.

Käsitledes mullas esinevaid mikroorganisme, tuleb märkida, et nende seas leidub peaaegu kõigi tähtsamate mikroorganismide liikide esindajaid. Need on: bakterid, seened, kiirikseened, vetikad ja algloomad (*Protozoa*). Iga selline põhiliik jaguneb omakorda paljudeks alaliikideks, olenevalt oma rakukese ehitusest (suurem osa mikroorganisme koosneb ühestainsast rakust), välisest kujust, paljunemisviisidest, toitainetest, muudest arenemistingimustest jne. Kui ühed mikroorganismid vajavad toiduks ainult lihtsaid keemilisi ühendeid, kasutavad teised teatavaid liitühendeid; ühed arenevad üksnes kõrge temperatuuril (nn. termofiilsed), teised paraja või madala temperatuuri puhul; ühed vajavad elutegevuseks kokkupuutumist välisõhuga (aeroobsed), teised võivad areneda ainult välisõhust isoleeritult (anaeroobsed), jne. Peatume lühidalt üksikute tähtsamate mikroorganismide liikide juures.

1. Bakterid.

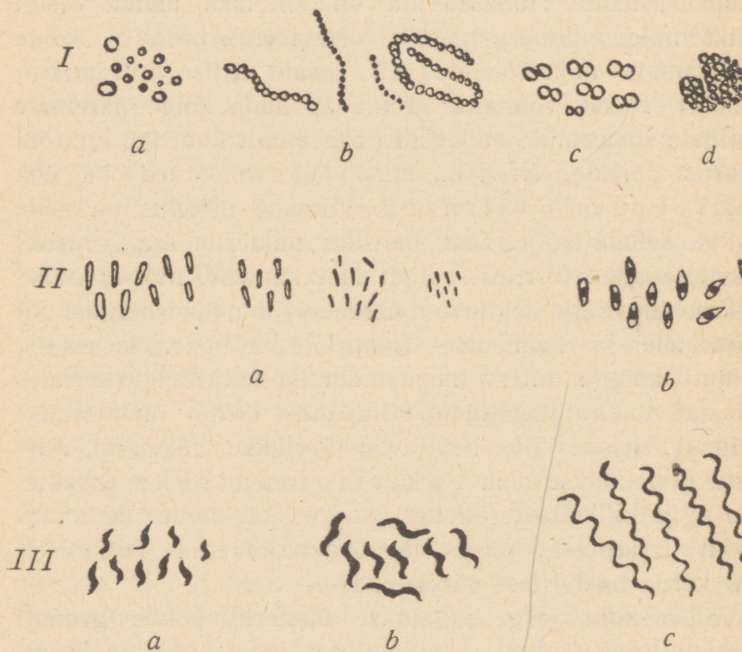
Bakterid on looduses üldse, eriti aga mullas kõige laialdasemalt levinud mikroorganismid. Sellele vastavalt omab nende tegevus keemiliste ainete ümbermuutmisel suurimat tähtsust. Bakterite suurust mõõdetakse mikronitega (1 mikron võrdub ühe tuhandiku millimeetriga; nii näeme 1 mikroni pikkust bakterit mikroskoobi all 1000-kordse suuren-

duse puhul 1 millimeetri pikkusena). Peab märkima, et kui suurema osa seni avastatud bakterite mõõtmed ulatuvad 1—3 mikronini, näivad paljud bakterid ka 1500-kordsel suurendusel alles vaevalt eralduvate punktikestena või kriipsukestena. Viimasel ajal on kindlaks tehtud veelgi väiksemate mikroorganismide olemasolu, keda ka kõige tugevamate mikroskoopide all (peale erilise ultramikroskoobi) ei ole võimalik eraldada, kuna kõige paremate optiliste süsteemide abil võib näha ainult kuni 0,2 mikroni suurusi objekte. Need on nn. ultramikroobid ehk filtreeruvad viirused. Viimane nimetus on neile antud selletõttu, et nad harilike bakterite eraldamiseks tarvitatavatel filtritest vabalt läbi lähevad. Mõned ultramikroobide liigid tekitavad kardetavaid nakkushaigusi nii inimestele ja loomadele (marutõbi, rõuged, veisekatk, samuti kõigile tuttav nohu) kui ka taimedele (kartulil, tubakal, tomatil ja paljudel viljapuudel esinev nn. mosaiikhaigus), teised jälle hävitavad harilikke baktereid, mistõttu nimetatakse neid bakteriofaagideks („bakterite õgijaiks“). Bakteriofaagi „suurus“ on umbes 20 tuhandikku mikronist, niisiis on bakteriofaagid keskmiselt 500 korda bakteritest väiksemad.

Välise kuju järgi jagatakse bakterid kolme gruppi: kerakujulised (kokid), kepikujulised (kepikesed) ja krulikujulised.

Kerakujulised bakterid ehk kokid omavad ümargust või kergesti kokkusurutud kera kuju. Olenevalt bakterite vastastikusest asetusest eraldatakse monokokke (joon. 1, I-a), streptokokke (joon. 1, I-b), diplokokke (joon. 1, I-c) ja sartsine (joon. 1, I-d). Peale väheste erandite ei oma kokid iseseisvat liikumisvõimet, seevastu kepikesed ja eriti krulikujulised bakterid on iseliikumisevõimelised.

Kepikujulised bakterid e. kepikesed omavad pikerguste, silindrikujuliste kepikeste või pulgakesvälimust, kusjuures nende pikkus harilikult ületab tunduvalt jämeduse, kuid leidub ka kerakujuliste ja kepikes



Joon. 1. Bakterid.

vahelisi üleminekuvorme, millede pikkus on väevalt suurem jämedusest. Üldiselt kutsutakse pulgakesi lihtsakteriteks. Nad ei moodusta spore. Spore moodustavaid kepikesi nimetatakse batsillideks (joon. 1, II-a, II-b).

Kruvikujulised bakterid jagunevad omakor kolme gruppi: kergelt kõverdunud pulgakesed — vibri

(joon. 1, III-a), ühe või kahe korrapärase keeruga kepikesed — spirillid (joon. 1, III-b) ja paljude korrapärase keeruduga kepikesed — spirohheedid (joon. 1, III-c).

Spoore moodustavad kepikesed ehk batsillid (joon. 1, II-b), sattunud ebasoodsaisse elamistingimustesse (toitainete puudus, batsillide elutegevusele kahjulikkude, nende endi erituste või teiste mürkainete kogunemine, liiga kõrge või liiga madal temperatuur, kuivus jne.), omavad erilist võimet moodustada oma keharakukesest erilist ümmargust või ovaalset eost ehk nn. spoori, mis omab eriti tihedat kesta ja seetõttu on väga suure vastupidavusega. Mõningate batsillide spore on isegi keetmisega võimatu hävitada, sest nad kannatavad välja mitmetunnist keetmist. Seetõttu võivad batsillid spooridena taluda ebasoodsaid tingimusi väga kaua; sattunud aga jälle soodsaisse tingimustesse, võivad nad taas võtta endise kuju. Peab märkima, et spooride moodustamisel ei ole midagi ühist bakterite paljunemisega, sest tavaliselt võib tekkida ühest bakterist ainult üks spoor. Spooride moodustamine on vaid üks enese alalhoiu abinõudest.

Bakterite paljunemine toimub harilikult lihtsa pooldumise teel. Bakterirakukese sisemuses tekib vahekiile, mis jagab rakukese kaheks. Mõlemad pooled kasvavad kiiresti kaheks iseseisvaks bakteriks. Selline pooldumine toimub soodsais tingimustes poole tunni jooksul. Niisugusel korral võib ühestainsast bakterist juba 15 tunni möödudes saada üle ühe miljardi bakteri, kuna 35 tunni pärast võib ühestainsast rakukesest arenenud bakterite hulk moodustada 1000 kantmeetri suuruse massi, millise koguse mahutamiseks on tarvis sajast vagunist koosnev rong. Takistamatult edasi arenedes täidaksid ühe bakteri järeltulijad juba viie päeva pärast kõik maakera merede ja ookeanide basseinid. Tegelikult seda muidugi ei sünni,

sest bakterite arenemist pidurdavad toidupuudus ja nende endi elutegevuse tõttu tekkivad toksiidid, ebasoodsad temperatuuri- ja niiskusetingimused ning teised mikroorganismid.

Liikumisvõimet omab vaid osa bakterite liike, nimelt sellised, kes on varustatud eriliste liiklemisorganitega, viburite ehk flagellidega, s. o. väga õrnade ja peenikeste niidikestega, mis on asetatud bakterrakukese ühte või mõlemasse otsa. Mõnedel liikidel on kogu rakuke kaetud viburitega. Viburite abil võivad bakterid, arvestades nende suurust, liikuda väga kiiresti. Bakterite levikut soodustavaks teguriks on tuul, kandes neid edasi ühes tolmuaga; samuti aitavad nende levikut teostada vesi, putukad, loomad ja inimene (peamiselt muidugi ebateadlikult).

Bakterite toitumine toimub läbi neid katva, ainult vedelikke läbilaskva kesta, mistõttu toitained peavad olema lahustatud väljaspool rakukesi. Nagu kõik teised organismid nii vajavad ka bakterid toiduks peale vee, lämmastik- ja süsinikühendite veel mitmesuguseid mineraalsooli. Et paljud sellised ühendid ei lahustu vees, toimub nende omastamine bakterite poolt nn. ektofermentide abil, s. o. selliste fermentide abil, mida bakterrakuke eritab enesest väljapoole. Ektofermentide toimel lahustuvad väga mitmesugused orgaanilised ühendid — valgud, tärklis, rasvad, tselluloos jne. — võrdlemisi hõlpsasti. Niiviisi lagunduvad loomade korjused, taimede jäänused, puulehed, sõnnik jne. Seejuures imeb bakterrakuke osa lahustatud ühendeid enesesse ja kasutab need ära toitainena, kuna üsna suur osa jääb üle ning mineraliseerub. Nendest mineraliseerumisprotsessidest olenebki peamiselt mullabakterite mõju taimekasvule, sest bakterite poolt lahustatud, kuid kasutamata jäänud ühendid muutuvad taimedele kättesaadavaks. Bakterite poolt ärakasutatud, s. o.

tema kesta imetud mineraalained saavad hiljem, harilikult pärast bakteri surma või hävimist samuti taimedele kättesaadavaks.

Hingamine omab bakterite puhul samasugust tähtsust kui teiste elusolendite puhul, nimelt elutegevuseks vajaliku energia juurdevooluna, ja toimub bakteritel, kes vajavad hingamiseks vaba hapnikku, kesta kaudu (aeroobid). Paljud bakterite liigid (anaeroobid) ei vaja hingamiseks hapnikku, sest nad saavad oma elutegevuseks tarvitamineva energia, lahustades keerulise koostisega orgaanilisi ühendeid (tihti süsivesikuid) lihtsamateks ühenditeks. Praktikas tuntakse anaeroobsete bakterite hingamisprotsesse mitmesuguste käärimisnähtustena. Hingamise ja käärimise puhul vabanevat energiat ei tarvitata alati bakterite poolt jäägita ära, osa sellest võib muutuda soojuks. Sellise nähtusega puutume tihti kokku sõnnikuhunnikute, niiskete heinakuhjade jne. kuumenemisel — üldse seal, kus küllaldane niiskus ja toitainete olemasolu pakuvad eriti häid võimalusi mikrobioloogilisteks protsessideks.

Põllumajanduses omavad peamist tähtsust järgmiste bakterite liigid:

1. Lämmastikühendite muutmise tegelevad bakterid:
 - a) vabalt mullas esinevad õhulämmastiku kogujad (azotobakteri mitmesugused liigid, *Clostridium Pasteurianum*);
 - b) taimedega seotud õhulämmastiku kogujad (liblikõieliste mügarbakterid);
 - c) valke ammoniaakühenditeks muutvad bakterid (*Bact. subtilis*, *Bac. mycoides*, *Bac. mesentericus*, *Proteus vulgaris*);
 - d) nitritiseerijad, kes muudavad ammoniaaki lämmastikushappeks (*Nitrosomonas*) ja lämmas-

tikushapet lämmastikhappeks ja salpeetriks (*Bact. nitrobacter*);

- e) denitrifitseerijad, kes taandavad lämmastikhappe soolasid kuni ammoniaagini või isegi vaba lämmastikuni (*Bact. fluorescens liquefaciens*, *Bact. denitrificans* ja teised).

2. Väävlit muutmise tegelevad bakterid, kes taandavad nitraate kuni vaba lämmastikuni, kusjuures nad ei kasuta energia saamiseks mitte orgaanilisi aineid, vaid väävlit (*Thiobacillus denitrificans*).

3. Põllumajandussaaduste töötlemisel tegelevad bakterid:

- a) piimhappebakterid, kes lagundavad piimasuhkrut, kutsudes esile piima hapnemise (*Streptococcus lacticus*, *Bact. bulgaricum*) ja juustu valmistamise (*Bact. casei*), samuti olles tegevad silovalmistamisel;
- b) äädikhappebakterid, kelle abil hapendatakse etüülalkohol äädikhappeks ja lagundatakse puitainet (anaeroobseis tingimuses *Bac. cellulosaes methanicus*, *Bac. cellulosaes hydrogenicus*, aeroobseis tingimuses mullas *Cytophaga*, *Cellvibrio*, *Cellfaccula*);
- c) kiudtaimede (lina, kanep) leotamisel pektiinainete käärimist tekitavad bakterid (*Granulobacter pectinovorum*, *Clostridium pectinovorum*);
- d) võihappebakterid, kes kutsuvad esile juustu, toitainete ja veini riknemise, viljaseemne nn. „piimalemineku” märjas mullas (*Bac. amylobacter*).

4. Taimehaiguste tekitajad.

5. Patogeensed (inimeste ja loomade haigusi põhjustavad) bakterid.

Vastavalt käesoleva brošüüri ülesannetele peatume edas-

pidi pikemalt peamiselt õhulämmastikku koguvate bakteri-
liikide juures.

2. Seened.

Oma ehituselt on seened baktereid tunduvalt erinevad, olles reeglipäraselt paljurakulised, paljunedes eoste kaudu ja pungumise teel (võsusid ajades). Paljud seenteliigid põhjustavad taimehaigusi (ristikuvähk, jahukasted jt.) ja toitainete riknemist; on ka inimeste ja loomade haigestumise põhjustavaid liike. Mullas toimuvaid bioloogilisi protsesse mõjustavatest seeneliikidest võiks nimetada kõigepealt hallitusseeni, mis on looduses väga levinud ja võtavad orgaaniliste jätete lagundamisest mullas tõhusalt osa (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*). Voronin'i uurimuste kohaselt leidub lepa juuremügarates õhulämmastikku koguv seenteliik, mida ta nimetab *Schinzia alni*. On kindel, et need juuremügarad võimaldavad meie harilikul valgel lepal üsna nimetamisväärset hulgal kasutada õhulämmastikku. Neid mügaraid tekitavaid mikroorganisme on aga seni veel vähe uuritud. Et hallitusseened, samuti mõned teised mikroseeente liigid (*Phoma*, *Macrosporium* jt.) seovad õhulämmastikku, on tõendanud arvukad uurimised. Paljud sellised õhulämmastikku koguvad mikrosee-
ned esinevad eriti metsaalustel ja teistel happistel muldadel, kus nad nähtavasti etendavad lämmastiku kogujatena olulist osa. Pärmiseente õhulämmastiku fikseerimise võime on seni vaieldav, igal juhul on see tähtsuse-
tult väike.

Viimasel ajal on arstiteaduses väga palju tegeldud mõne seeneliigi, peamiselt *Penicilliumi* baktereid hävitava toime uurimisega, milledest valmistatud nn. penitsilliin leiab juba praegu ulatuslikku kasutamist.

3. Kiirikseened (*Actinomycetes*).

Need üherakulised, harulise kasvuga mikroorganismid on oma arenemiselt bakterite ja seente vahepealsed, moodustades midagi üleminekuastme-taolist. Mullas on nad väga levinud ja võtavad aktiivselt osa puitaine ja orgaaniliste jäänuste lagundamisest ja huumuse moodustamisest. Leidub samuti taime-, looma- ja inimhaigusi tekitavaid liike.

4. Vetikad.

Vetikad kuuluvad alamate taimede hulka ja on oma suuruselt väga varieeruvad (mõnest mikronist kümnete meetriteni). Pruunvetikaid, mis on tuntud „adru” nime all, kasutatakse rannaäärsetel põldudel juba vanast ajast väetusainena. Oma suure kaalisalduse tõttu sobib selline väetis eriti kaalinõudlikele kultuuridele (kartul). Mullas esineb arvukalt mikrovetika liike, mis nähtavasti otseselt või mullabakterite kaasabil võtavad osa õhulämmastiku kogumisest. Tegelikud põllumehed on võinud tihti märgata, et neil aastail, kui küntud põllud kattuvad roheka vinega, võib oodata kõrgeid saake. NSV Liidu mikrobioloogide uuemad uurimused tõendavad vetikate koostööd õhulämmastiku kogumisel tähtsama õhulämmastikku koguva bakteriliigiga — azotobakteriga, kusjuures vetikad varustavad azotobaktereid nendele lämmastiku kogumiseks vajalike orgaaniliste ühenditega.

5. Algloomad (*Protozoa*).

Üherakulised, mikroskoopilised, loomariiki kuuluvad olendid sigivad pooldumise, jagunemise või pungumise

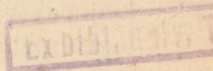
teel; liiguvad viburite, ripsmete või pseudopoodide abil. Paljud algloomad elunevad parasiitidena teistes organismides, tekitades kardetavaid haigusi (malaaria, unetõbi), kuid paljude algloomade liike leidub ka vees ja niiskes mullas, kus nad esinevad peamiselt bakterite hävitajana. Märgades muldades võib algloomi olla suurel arvul ja nad võivad niisugusel korral takistada põllumajanduslikult kasulike bakterite (azotobakterite) tegevust.

* *

*

Nagu esitatud lühiülevaatest selgub, asub mullas väga mitmekesine ja liikide-rohke elanikkond. Paljude uurijate andmete põhjal on mikroorganisme ühes grammis mullas, olenevalt mulla omadustest ja seal valitsevatest tingimustest, 800 kuni 5000 miljonit. Kui arvestada, et ainult 1000 miljonit mikroobi on 1 grammis mullas, siis saame 30 cm paksusest kihist 1 ha kohta mikroorganisme kogukaalus keskmiselt 5 tonni. Neutraalsetes ja leelisestes muldades on kõige rohkem baktereid (60—80% mikroorganismide üldarvust), kuna happestes muldades võib seente ja kiirikseente arv ületada bakterite arvu. Bakterite ülekaal suureneb tunduvalt otstarbekohase maaharimise ja eriti happeste maade lupjamise puhul, kus ilmuvad mulda nitrifitseerijad ja azotobakteri liigid, mis vastavalt mõjustavad ka viljasaaki.

Mikroorganismide arengus omab erilist tähtsust nende vahekord taimedega. Eriti kinnitavad viimased uurimused, et siin omab põhilist tähtsust vastastikune sõltuvus: ühelt poolt olenevad mikroorganismid taimekasvust, teiselt poolt oleneb taimekasv mikroorganismide tegevusest.



Taimede mõju mikroorganismide arengule mullas.

Taimed üksnes ei omasta juurte kaudu mullast oma elutegevuseks vajalikke toitaineid, vaid eritavad ka mulda mitmesuguseid aineid, mida nad ise enam ei tarvita. Selliste taimejuurte eritiste hulka kuuluvad niihästi orgaanilised ühendid, nagu suhkur, orgaanilised happed, aldehüüdid, alkoholid jne., kuid ka kaltsiumi, kaaliumi, fosfori jt. ühendid. Peale selle heidavad taimejuured vahetpidamata ära niihästi üksikuid epidermise rakukesi kui ka juusjuuri. Kõik sellised heited ja eritised on mikroorganismidele pidevalt toitainete allikaks.

Taimejuured pakuvad mikroorganismidele oma ümb-
ruses ka teisiti soodsaid elutingimusi. Kõigepealt tasakaalustavad nad mulla reaktsiooni: liiga happesed mullad muutuvad juurte ümbruses vähem happesteks ja leelised mullad vähem leelisesteks. Niiskuse puududes säilitavad juured oma vahetus ümbruses rohkem niiskust, samuti omab muld juurte ümbruses sobivamat struktuuri, mis võimaldab paremat õhuvahetust; viimane tingimus mõjub aga eriti soodustavalt aeroobsete mikroobide arengule.

Loetletud põhjustel esinevad mikroorganismid taimejuurte keskkonnas, nn. r i s o s f ä ä r i s, tihti sadu ja isegi tuhandeid kordi suuremal arvul kui väljaspool seda keskkonda, kattes taime juuri tavaliselt tiheda kihina. Selle kihi paksus, olenevalt taime liigist ja mullastiku omadustest, ulatub 1—3 millimeetrini juure pinnalt, kusjuures otse juure pinnal on kõige rohkem mikroorganisme. Samuti

oleneb mikroorganismide hulk risosfääris taime vanusest, olles kõige suurem taime vegetatiivse kasvu perioodist kuni õitsemiseni. Peale õitsemist langeb mikroorganismide arv suurema osa taimede risosfääris. Taimede vegetatiivse kasvu perioodil esinevad siin peamiselt bakterid, mis ei moodusta spore; hilisematel perioodidel suureneb spore moodustavate batsillide, kiirikseente ja seente arv, kuigi ka siin mikroorganismide liikidest baktereil on ülekaal. Et mitmesuguste taimede juured eritavad keemiliselt koosseisult ja hulgald erinevaid aineid, erineb ka nende risosfääri elanikkond, nagu seda tõendavad paljude silmapaistvate NSV Liidu mikrobioloogide (K r a s s i l n i k o v, K o r e n j a k o jt.) katsed. Neist katseist järeldub, et teatavate taimede juurte-eritised mõjuvad ühele mikroorganismide liigile soodustavalt, teisele aga pidurdavalt, mistõttu iga bakterite liik eelistab vastavalt oma nõuetele keskkonna suhtes mõne teatava taimeliigi risosfääri.

Meil levinud põllumajandusliku tähtsusega taimedest soodustavad liblikõielised oma juurtel õhulämmastikku koguvate bakterite arenemist. Kõigepealt on liblikõielistele omane sümbioos — kooselu teatavate mügarbakterite (*Bact. radicola* ehk *Rhizobium*) rassidega, millised mitte ainult ei esine nende liblikõieliste juurte ümbruses, vaid tungivad juurte kudedesse ja stimuleerivad seal ümbritseva koe kasvu — mügarate teket, kasutades juurte mahlu endale toiduks, samaaegselt sidudes õhulämmastikku ja tehes seda seega oma peremees-taimele kättesaadavaks. Muidugi on selline kooselu mõlemaile väga kasulik. Sellised sümbioosinähtused esinevad ka valge lepa, mitmesuguste okaspuude (mänd, kuusk, lehis jt.), hõbepuude ja sõnajalaliste palmide juures.

Autoril õnnestus eraldada erilist bakteriliiki söödapor-
gandist, milline bakter nähtavasti mõjub söödapor-
gandi

kasvule soodustavalt. Katsed selle bakteriliigi praktiliseks rakendamiseks jätkuvad praegu Kuusiku mikrobioloogia laboratooriumis.

Liblikõielised soodustavad peale kudedes esinevate mügarbakterite ka väljaspool oma kudesid, kuid oma juurte keskkonnas olevate azotobakterite arengut.

Nagu näeme, avaldavad taimed oma eluajal mikroorganismide elutegevusele mullas ja eriti oma juurtekava lähemas ümbruses soodustavat mõju. Pärast taimede surma osutuvad aga nende ainsateks pärijateks jällegi mikroorganismid, kes surnud taime osad ära kasutavad toitaineteks.

Vaatleme nüüd, millist vastutasu pakuvad mikroorganismid omalt poolt taimedele.

Mullastiku mikroorganismide mõju taimede arengule.

Mikroorganismid, ümbritsedes tiheda kihina taimede juurtekava, loovad sellega juurte ümber tiheda filtri, millest käivad läbi kõik taimejuurtesse mullast imetavad toitained. Läbides sellist bioloogiliselt aktiivset filtrit, teevad need ained läbi väga olulisi muutusi, millest tihti oleneb, kas taimetele mullas leiduvad lämmastik-, fosfor, jt. ühendid muutuvad kättesaadavaks või mitte.

Risosfääri bakterid kasutavad toiduks peamiselt taimejuurte eritisi, mis ei ole enam taimetele vajalikud, vaid vastupidiselt: kogunedes suuremal hulgal taimejuurte lähemas ümbruses, mõjuvad taimekasvule kahjulikult. Nähtavasti suudavad paljud taimejuurte keskkonnas esinevad bakterid omandada ka süsihappegaasi, sünteserides sellest orgaanilisi aineid. Seega osutavad bakterid taimedele jällegi teene, takistades süsihappegaasi kogunemist juurte ümbrusse, mistõttu juured võiksid lämbuda.

Orgaaniliste ainete lagundumisel ja ümbermuutumisel tekivad mullas mitmesuguste mikroorganismide grupid, mis mõjuvad üksteisele erinevalt. Nii võivad teatavad mikroorganismide elutegevuse tõttu tekkinud ained kas soodustada või takistada teiste mikroorganismide arengut. Puitaine (tselluloosi) lagundumisest võtab osa hulk mikroorganisme — nii aeroobseid kui ka anaeroobseid baktereid, hallitusseeni jne. Sellest tekkinud aineid kasutab toiduks samuti terve rida teisi mikroorganisme: denitritifitseerijad,

azotobakter jt. Puitaine mittetäieliku lagundumise korral lähevad saadud produktid nähtavasti üle huumusainete koostisse. Mõlemal juhul mõjub see taimekasvule. Lämmastiku ringkäik mullas, mis eriti tihedalt on seotud mullaviljakusega, toimub samuti väga mitmesuguste mikroorganismide tegevuse tulemusena.

Taimed vajavad oma toiduks lämmastikku ammoonium- ja lämmastikhappe soolade näol. Valkainete lagundumisel mitmesuguste mädanemisbakterite tegevuse tulemusena tekib mullas ammoniaak. See muudetakse järgnevalt teise bakterite grupi — nitrifitseerijate bakterite — toimel lämmastikhappe sooladeks. Tegelikult võtavad sellest nn. nitrifikatsiooniprotsessist osa kaks bakterite gruppi: nitroosobakterid ja nitrobakterid, kusjuures mõlema grupi vahel on läbi viidud range „tööjaotus”. Esimesed muudavad ammoniaaki lämmastikushappeks (HNO_2), teised jätkavad lämmastikushappe edasioksüdeerimist lämmastikhappeks (HNO_3). Lämmastikhape, andes reaktsiooni maapinnas asetsevate süsihappesooladega, moodustab nitraadid, mis on taimedele toitainetena otseselt kättesaadavad.

Teine mikroorganismide grupp, denitrifitseerijad, töötab vastupidises suunas, lagundades nitraate ammoniaagini ja isegi vaba lämmastikuni. Selline tegevus võib põhjustada lämmastiku kadumist mullast, mis otseselt kahjustab taimekasvu. Eriti ilmneb denitrifitseerijate bakterite kahjulik tegevus sellistes muldades, kus õhu juurdepääs on liigse niiskuse tõttu takistatud, kuna sel korral denitrifitseerijad bakterid oma elutegevuseks vajaliku energia saamiseks võtavad hapnikku nitraatidest (salpeetritest). Kultuurmuldades, eriti hea harimise korral, ei saa selline nähtus esineda. Siin võivad ka denitrifitseerijad bakterid etendada positiivset osa, muutes raskelt lahustuvaid lämmastiksoolaid kergemalt lahustuvateks ja seega

taimedele kättesaadavamateks. Nagu igal pool looduses ei saa ka mulla mikrobioloogias esinevaid nähtusi vaadelda isoleeritult ja tingimusteta, vaid siingi on kõik nähtused omavahel seotud ja olenevad üksteisest, omades seesmisi vastuolusid, oma eitavaid ja jaatavaid külgi, mida uurides tuleb lähtuda dialektiliselt vaatekohalt.

Erilist tähtsust taimede arengule omavad mullas esinevad õhulämmastikku siduvad mikroorganismid. Lämmastik on orgaanilisele elule tähtsaks elemendiks. Umbes 16—17% lämmastikku kuulub kõikide valkude koostisse, mis on elusate organismide aluseks. Meid ümbritsevas õhus on kaalu järgi 78% lämmastikku, kuid sellest suurest lämmastikuhulgast ei saa taimed otseselt grammigi kasutada. Ainult kahel viisil muutub õhulämmastik taimedele kättesaadavaks: elektrilaengute mõjul pikse ajal ja õhulämmastikku koguvate mikroorganismide kaudu. Esimene viis omab meie kliimarajoonis vähe praktilist tähtsust. Peamine tähtsus õhulämmastiku sidumisel mullastikuga on meil vastavate mikroorganismide tegevusel. Soodsais tingimustes koguvad vabalt mullas elunevad mikroorganismid maapinda aastas kuni 50 kg seotud lämmastikku hektari kohta. Veelgi suuremaid lämmastikuhulki koguvad peamiselt liblikõieliste juurtel esinevad mügarbakterid.

Vabalt mullas elunevaist õhulämmastikku koguvaist mikroorganismidest omab kõige rohkem tähtsust azotobakter. Azotobakteri mullas esinemine on oleneb teatavaist konkreetseist eeltingimustest. Paljudes muldades ei leidu üldse azotobaktereid — nii happestes muldades kui ka sellistes, kus leidub azotobakteri elutegevusele kahjulikult mõjuvaid aineid (raua happelisi ühendeid, mõningaid alumiiniumi sooli jne.) või kus ülekaalukalt leidub antagonistlikke mikroorganisme. Ka väga kuivades muldades ei arene

azotobakter. Mõnikord leidub küll teatavas mullas azotobaktereid, kuid need on kohalikkude ebasoodsate olude või tingimuste tõttu oma õhulämmastiku kogumise võime kaotanud. Metsa alt ülesharitud uudismaadel azotobakter harilikult puudub, ilmudes sinna alles maa pikemaajalisel kasutamisel põlluna ja harimisel. Kõige rohkem leidub neid neutraalseis huumuse- ja lubjarikastes põllumuldades, mis on hästi haritud ja sisaldavad küllaldaselt fosfor- ja kaaliühendeid.

Kokku võttes võime ütelda, et kui taimed avaldavad mikroorganismide arengule mullas küllalt olulist mõju, siis on mullastiku mikroorganismide mõju taimede arengule veelgi olulisem. Seetõttu on arusaadav, et eesrindlik agrotehnika, otsides abinõusid taimekasvu arendamiseks, ei saa jätta tähele panemata sellist olulist tegurit, nagu on seda mikroorganismide mõju kultuurtaimede arengule. Sellele põhimõttele on rajatud bakterväetiste rakendamine põllumajanduses.

Bakterväetised.

Mullastiku mikroorganismide avastamisel tõusis ka kohe küsimus, kas ei ole võimalik teatavate muldade mikrofloorat muuta ja mõjustada oma soovide kohaselt, kandes mikroorganisme kunstlikult üle sellistesse muldadesse, kus teatav mikroorganismi liik puudub või kus ta küllaldaselt ei esine. Paljudel juhtudel saadigi selliste ülekannetega küllalt tõhusaid tulemusi. Kuid bakterväetiste rakendamisel tootmisprotsessi selgus, et katsetamisel häid tulemusi andnud preparaadid ei avaldanud küllaldast mõju erinevais tingimustes. Et pealegi kapitalistliku korra puhul ei saadud uue paljutootava väetusaaine valmistamisest eemale jätta ärimehi, kellele ei olnud niivõrd tähtis bakterväetise mõju mullaviljakusele kui sellest saadavad kasumid, muutus bakterväetiste valmistamine ja levitamine peagi äriliseks ettevõtteks. Üksikud ettevõtjad reklaamisid oma preparaate laialdaselt, kuid hoolitsesid vähenende tegeliku väärtuse tõstmise eest. Et tarvitajal puudus peaaegu igasugune kontrollimise võimalus, lasti turule mõnikord täiesti kõlbmatuid preparaate. Seetõttu kadus peagi esialgne huvi põllumeeste seas bakterväetiste vastu.

Kuid sellega ei lakanud mikrobioloogide töö põllumajanduses. Loobuti esialgsetest väärkujutlustest bakterväetiste tarvitusele võtmise kohta. Katsetamisel selgus, et kui katsealuses mullas puudub teatav bakteriliik, siis on vähe sellest, et seda bakterit sinna kunstlikult sisse viia,

muutmata mullastikus valitsevaid tingimusi. Bakterväetiste tarvitamisel ei tohi unustada, et siin on tegemist palja silmaga nähtamatute elavate olenditega, kes oma arenemiseks vajavad toitu, õhku ja parajal määral niiskust. Mikroorganismide areng oleneb — nagu kõigi teistegi elusolendite areng — kõigepealt keskkonnast, milles see areng toimub.

Kuid sobivais keskkondades — hästi haritud, kuivatatud, neutraalse mullareaktsiooniga, orgaaniliste ainetega küllaldaselt varustatud muldades — leidub juba looduslikult selline hulk mikroorganisme, millede arenemiseks on seal kõik eeltingimused olemas. Nagu eespool mainitud, leidub mikroorganismide elutegevuseks soodsais muldades ühe grammi kohta 800 kuni 5000 miljonit mikroorganismi, s. o. 4—25 tonni mikrorakukesi 1 hektari mulla pealiskihis.

Milliseid tunduvald muudatusi mullastiku mikroflooras ja mullaviljakuses võime siis saavutada, külvates sellisesse mulda veel mõne kilogrammi meile eriti soovitavaid mikroorganisme?

Peame kõigepealt arvestama, et kui teatav keskkond meile soovitava mikroorganismi arenguks on soodne, siis võib leiduda neid soovitud mikroorganisme seal juba sellisel hulgal, milleks mullastikus valitsevad olud on neile võimalusi andnud; kui see keskkond aga ei ole soodne, siis võime mikroorganisme külvata sinna ka tonnide viisi, saavutamata mingeid tulemusi, sest külvatud mikroorganismid hävivad ebasoodsate olude tõttu seal enne, kui nad suudavad mullastikus mingeid muudatusi esile kutsuda.

Uurimused on näidanud, et bakterväetiste tarvitamine võib siiski küllalt tõhusaid tulemusi anda. Kõik oleneb sel-

lest, mida mulda külvata, kuidas seda teha ja millal seda teha.

Tihti leidub mullas küll teatava mikroorganismi liik, kuid see võib mõnesugustel põhjustel olla oma aktiivsuse kaotanud; näiteks mullas esineb küll ehk azotobakter, kuid see kas ei fikseeri õhulämmastikku üldse mitte või ei tee seda küllalt energiliselt. Selliseid mandunud bakteriliike leidub väga paljudes kohtades. Uue aktiivse bakteriliini mulda viimisel võib see hakata paljunema, välja tõrjuda vana mandunud liini ja mullaviljakust tunduvalt mõjustada. See on eriti tõenäoline siis, kui ühtlasi on leitud ja kõrvaldatud vana bakteriliini mandumise põhjus, niisiis seoses vajalikkude maaparandustöödega, nagu on lupjamine, kuivendamine, puuduvate toitainete või mullastiku mikroelementide andmine jne. Tihti võib aga ka (eriti liblikõieliste mügarbakterite puhul) ilma mingi lisavõtteta uue aktiivse mikroorganismi liini külviga saavutada tulemusi.

Bakterväetiste kasutusele võtmisel külvati see lihtsalt küntud maale laiali, niisama nagu seda tehakse veel praegu mineraalväetistega. Läheb palju aega, enne kui väljakülvatud bakterid paljunedes suudavad täita kogu künnikihi ja hakata mõjustama kultuurtaimede arengut. Mõnikord võivad nad, sattunud põllul kasvavate umbrohtude juurte keskkonda, soodustada kultuurtaimede asemel nende umbrohtude arengut. Alles hiljem võeti NSV Liidu mikrobioloogide poolt bakterväetiste tarvitamise tehnikas ette väike, kuid väga oluline parandus. Nimelt ei hakatud bakterväetisi mulda viima mitte enam neid laiali külvates üle kogu maa nagu varem, vaid külviseemnega koos. Seega satuvad bakterirakukesed kohe areneva kultuurtaime arengu keskusse, ja niipea kui seemnest tungivad

juured mulda, kattuvad nad aktiivsete, taime arengut soodustavate mullabakteritega.

Selle uue bakterväetiste mulda viimise viisiga on seotud veel teine väga oluline põhimõte: viia bakterväetised mulda varakevadel, taimekasvu perioodi algul. Mikroorganismide areng mullas, eriti meie kliimas, toimub tsükliliselt. Talvised külmad ja külmast tingitud toidupuudus hävitavad külmunud mullas suurema osa mullastiku mikroorganisme. Kevadel maa sulades hakkavad üksikud külmaperioodi üleelanud mikroorganismid intensiivselt paljunema ja saavutavad maksimaalse arengu suve lõpul. Sügisel taimekasvu perioodi lõppedes peatub ka mullastiku mikroorganismide areng, ja sellest alates hakkab nende arv mullas langema, jõudes järgmiseks kevadeks kõige madalamasse seisutsüklisse. Kui nüüd bakterväetisega mulda viia ka väike hulk aktiivseid mikroorganisme, saavutavad need vähese võistluse tõttu kiiresti ülekaalu ja võivad takistamatult edasi areneda, kergesti alla surudes antagonistlike mikroorganismide kahjuliku mõju. Varakult väljaarenenud põllumajanduslikult kasulike bakterite kultuur hakkab ka varakult mõjustama kultuurtaimede arengut ja tõstab tunduvalt saaki.

Sellistele põhimõtetele on praegusel ajal rajatud bakterväetiste kasutamine. Seni on NSV Liidus laialdasemalt kasutamisele võetud kaks bakterväetise liiki: nitragiin — mügarbakterite puhaskultuuride preparaas liblikõielistele, samuti azotogeen — azotobakteri puhaskultuuride preparaas teiste põlluviljade jaoks. Mõlemad sisaldavad õhulämmastikku koguvate bakterite kultuure ja mõjustavad mullastiku rikastamist lämmastikuga. Väheia levikuga on mullabakterite preparaasid, nn. „AMB” ja „fosforobakteriin”, mis muudavad mullas leiduvad orgaanilised fosforühendid ümber taimedele kättesaadavaks fosforiks.

1. Nitragiin.

Mügarbakterid, nende avastamine ja omadused.

Liblikõielised taimed — ristik, hernes, vikk, uba, lupiin, lutsern, mesikas ja teised — äratasid põllumeeste tähelepanu juba ammu enne mikroorganismide tegevuse avastamist omadusega hästi areneda ilma lämmastikväetisteta lämmastikuvaestel muldadel, andes oma saagiga igal aastal isegi rohkem lämmastikaineid kui näiteks teraviljad hektari kohta. Samuti paistis silma, et vaatamata võrdlemisi suurtele lämmastikaine saakidele ei kurna liblikõielised põldu lämmastiku suhtes, vaid isegi rikastavad seda, millisele nähtusele põhjeneb liblikõieliste sisekünd haljasväetiseks. Liblikõieliste taimede lähemal uurimisel leiti veel üks erinevus teistest taimedest: mügarad nende juurtel. Katsetel selgus, et kehvadel maadel arenevad hästi ainult need liblikõielised taimed, millede juurtel leidub palju mügaraid. See nähtus viis arvamusele, et liblikõielised võivad oma juurtel leiduvate mügarate abil omandada ja oma toiduks kasutada õhulämmastikku. Selle hüpoteesi kontrollimiseks katsetas Boussingault 1838. a. ristiku ja herne kultuuridega. Saanud algul nende kultuuridega häid tulemusi lämmastikuvaeses keskkonnas, püüdis Boussingault katset veelgi täpsustada. Et muldadedest, kus katse korraldati, kõrvaldada viimaseid jälgi lämmastikühenditest, kuumutas Boussingault mulla läbi, aima-mata, et ta sellega ühtlasi hävitas mullas leiduvad mikroorganismid. Katse ei andnud tulemusi, sest läbikuumutatud mullas arenesid liblikõielised niisama halvasti kui võrdluseks võetud teraviljakultuurid.

Paljude aastate kestel oli liblikõieliste salapärane omadus — anda kõrgeid saake, kulutamata mullas leiduvaid

lämmastiku varusid — mõistatuseks. Alles 1888. a. õnnestus Hellriegelil ja Willfahrtil oma klassikalise uurimusega lahendada seda mõistatust. Terve rea täpsete katsete tulemusena tegid need uurijad kindlaks alljärgneva.

1. Liblikõielised taimed võivad oma toiduks kasutada õhulämmastikku.
2. Selline võime on liblikõielistel ainult juhtudel, kui mulda, kuhu liblikõieliste seemned välja külvatakse, ei ole eelnevalt kuumutatud või muul viisil steriliseeritud.
3. Steriliseeritud muldades võivad liblikõielised normaalselt areneda vaid juhul, kui külvatavaile seemneile lisada pisut mulda või mullaekstrakti sellistelt maadelt, kus varem on kasvanud sama liblikõieliste kultuur, kusjuures seda mulda või mullaekstrakti ei tohi kuumutada ega keeta.
4. Harilikus mullas ja normaalselt arenevate liblikõieliste juurtel tekivad alati mügarad, kuna steriilses mullas kasvavate liblikõieliste juurtel ei esine mügaraid.

Nende tulemuste põhjal võis juba siis otsustada, et õhulämmastiku omandamine liblikõieliste poolt on seoses mikroorganismide tegevusega. Pisut hiljem eraldas M. Beijerinck liblikõieliste juurtel leiduvatest mügaratest väikese, 1 kuni 4 mikroni pikkuse pulgakese ja nimetas selle *Bacterium radicitcola*. Kõik hilisemad katsed on tõendanud, et liblikõieliste taimede õhulämmastiku kasutamise võime on tingitud *Bact. radicitcola* tegevusest.

Mügarbakterite kooselu liblikõielistega on õieti järjekindel vastastikune parasitism. Nimelt kasutavad bakterid algul, tungides mullastikust noore taime juurtesse, ainult taime mahlu ega anna omalt poolt taimele midagi vastu.

Sedamööda kuidas mügarbakterite arv taime kudedes suureneb, hakkavad nad siduma õhulämmastikku, mida taim seejärel kasutab. Lõppeks oma täieliku arenemise perioodil surub taim oma hapumate mahladega bakterite elutegevuse alla ning kasutab nende poolt kogutud lämmastiku tagavarasid. Kui liblikõielise taime juurtel leidub küllalt mügaraid, elab taim peamiselt mügarbakterite poolt õhust fikseeritava lämmastiku arvel. Pärast taime viljade valmimist ja kogumist lagunevad juurtel asetsevad mügarad ja nendes asetsenud bakterid satuvad mulda, kus nad paljude aastate kestel võivad vabalt eluneda. Kui sellisesse mulda satub uuesti vastava liblikõielise seeme, siis tungivad mügarbakterid, niipea kui taimel on välja arenenud juurtekava, juure kudedesse ja moodustavad seal jälle mügaraid.

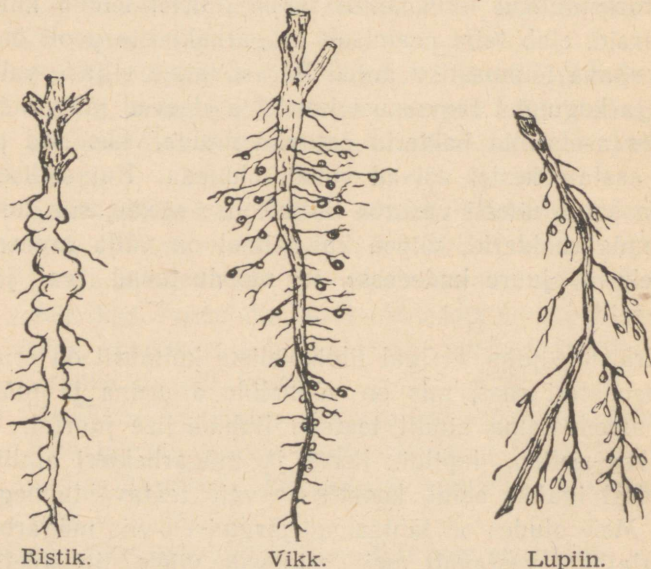
Märkisime juba, et igal liblikõieliste kultuuril on erinev mügarbakteri rass, mis on võimeline arenema ja mügaraid moodustama ainult teatava liblikõielise juurtel. Nii tuntakse ristiku, lupiini, herne jt. mügarbakteri alaliike, milledest igaüks astub koostöösse vaid teatava taimegruuga. Meie oludes on tähtsamad järgmised viis mügarbakteri alaliiki vastavalt meil esinevale viiele liblikõieliste taimede grupile:

- I grupp — mesikas, lutsern;
- II grupp — ristik (punane, rootsi, valge jne.);
- III grupp — hernes, vikk, seahernes, uba;
- IV grupp — aeduba (türgiuba);
- V grupp — lupiin, seradella.

Ka välimuselt on mitmesuguste liblikõieliste taimede juurtel leiduvad mügarad erinevad. Ristikul, lutsernil ja mesikal on nad piklikud ja peened, hernel ja vikil pisut suuremad, sojaoal ümmargused ja kuni herneterasuurused,

lupiinil asetsevad nad enamasti peajuurel, olles ebakorrapärase kujuga ja tihti metspähklisuurused.

Väikeste mügarate, nagu ristiku, mesika jt. puhul võib mügarate arv ühel taimel kõikuda 100—200 vahel. Suuri mügaraid, nagu lupiinil, on ühel taimel vähem, vahel



Joon. 2. Mitmesuguste liblikõieliste juurestik ühes mügaratega.

ainult 1—3. Normaalselt peaks mügarate kaal taimे täisarengul moodustama juuresüsteemi kogukaalust 5—10%. Kui on see aga väiksem, tuleb järeldada, et kohalikus mullas esinev mügarbakteri kultuur ei ole aktiivne. Seda võivad põhjustada mitmesugused kohalikud tingimused: mitesobiv mulla reaktsioon (happesed maad), mullastiku teised keemilised omadused, mügarbakteritele vastumeelised eelkultuurid (lina ja teised antagonistlikud mikroorganismid (*Bact. coli*, *Bac. mesentericus* jt.)). Sellisel kor-

ral ei suuda vastav liblikõielise kultuur enam maksimaalset saaki anda.

Kui külvame mõnd uut liblikõielise kultuuri, mida varem külvi alla tuleval põllul pole kasvatatud, peame arvestama, et siin mullas vajalikke mügarbaktereid ei leidu. Sellisel juhul peame tingimata mõtlema ka sellele, kuidas neid baktereid mulda viia, kuna ilma nendeta on liblikõielistele õhulämmastik niisama vähe kättesaadav kui teistelegi taimedele.

Põllumeestel oli juba enne mügarbakterite avastamist teada, et sellistel maadel, kus varem teatavat liblikõieliste kultuuri pole kasvatatud, ei taha nad algul hästi kasvada. Niisugusel korral võeti teiselt põllult, kus kasvas varem sama liblikõielise kultuur, 100—200 kg mulda ja külvati ühes seemnega uuele põllule. Ühes mullaga kanti üle muidugi ka mullas leiduvad mügarbakterid. See oligi baktervætiste esialgne vorm, mida mõnikord ka praegu rakendatakse päris rahuldavate tulemustega.

Kuid alati ei ole läheduses sellist vajalikke mügarbaktereid sisaldavat mulda, kaugemalt on aga raske nõutavat hulka kohale vedada. Vahel ei ole kaugemaltki transporditava mulla ülekandmine taimekaitse seisukohalt soovitatav. Seetõttu hakati üle kandma juuremügaraid, kaevates neid ühes liblikõieliste juurtega välja, pestes mullast puhaks, muljudes puruks ja niisutades väljapressitud vedelikuga külvatavat seemet. Seejuures võib väljakaevatud juuri mügaratega ka kauemat aega alal hoida, neid kuivatades ja tarvitusele võtmisel uuesti üles niisutades. See on nn. „kodune nitragiin”, mille tarvitamist paljudel juhtudel võib soovitada. Mügaraid tuleb võtta hästi arenenud ja tervetelt taimedelt. Tihti kasvatatakse selleks otstarbeks liblikõielisi taimi erilistes lavades. Peab märkima, et „koduse nitragiini” tarvitamisel kanname üle peale mügar-

bakterite ka igasuguseid teisi mullabaktereid. Harilikult ei osutu need kahjulikuks ei taimekasvule ega mügarbakterite arengule, vahel isegi soodustavad mügarbakterite arengut. Kuid võib esineda vastupidiseidki nähtusi.

Varsti pärast mügarbakterite avastamist hakati valmistama ka nende laboratoorseid preparaate, et nendega



Joon. 3. Ülesvõtte lupiinist Kuusiku katsepõllul 1946. a. Vasakul neli mügarateta taime, paremal üks juuremügaratega taim.

mõjustada liblikõieliste kultuuride kasvu. Esimese sellise preparaadi, mis koosneb kuuest mügarbakterite alaliigist, lasksid N o b b e ja H i l t n e r välja juba 1897. a. „nitragiini” nime all. Varsti ilmus terve hulk järeletegijaid. Esi-algu saavutati julgustavaid tulemusi. Kuid üldiselt oli asi siiski liiga uudne, preparaati ei osatud õigesti tarvitada. Valmistajad reklaamisid selle tarvitamist enneaegselt üle-

liia ja ei pannud küllaldast rõhku kõigile olulistele nõuetele selle valmistamisel. Nii leidis tuntud vene mikrobioloog M a k r i n o v selliseid preparaate analüüsidest mitmest müügile lastud „nitragiini” preparaadist kõiksuguste mikroorganismide esindajaid, täiesti puudusid aga — mügarbakterid! Teistes preparaatides leidis küll *Bact. radicola*, kuid peale selle ka palju mitmesuguseid muid mikroorganisme.

Praegu valmistatakse NSV Liidu teaduslike uurimis-asutiste laboratooriumides nitragiini miljonite hektarite jaoks. Et siin sünnib valmistamine range teadusliku kontrolli all ega ole seotud isikliku rikastumise püüetega, on ka tulemused nitragiini tarvitamisel hoopis paremad. Võib öelda, et nitragiin annab positiivseid tulemusi kõigil juhtudel, kus selle tarvitamiseks on eeldusi. Vajalik on:

1. Korralik maaharimine, maa veerežiimi korraldamine, mulla happesuse korral lupjamine, mulla fosfori- ja kaalitarbe rahuldamine.

2. Külvide õigeaegne teostamine; hoidumine hilisest külvist kuiva mulda.

Eriti märgatavaid tulemusi võib loota uute liblikõieliste kultuuride külvi korral (mesikas, lupiin), teostades seda seoses laiaulatusliku happeste maade lupjamisega.

Nitragiini valmistamine.

Nitragiini valmistamiseks eraldatakse kõigepealt hästi arenenud, väljapaistvalt suured, tumerohelise värvusega liblikõielised taimed ja võetakse nendelt õitsemise algul mügarad, kui need on tihedad, siledad ja roosaka värvusega. Väikesed, kortsunud, kollakad, juurestikus laialipaisatud mügarad osutavad neid esilekutsunud mügarbakte-

rite vähesele aktiivsusele ja sellised mügarad pole sobivad nitragiini valmistamiseks.

Väljakaevatud juured pestakse mullast puhtaks, eraldatakse ettevaatlikult nendelt üksikud mügarad, pestakse uuesti veega, steriliseeritakse väljastpoolt sublimaadi lahusega ja kõrvaldatakse sublimaadi jäljed steriilse vee ja piirituse abil. Selliselt ettevalmistatud mügarad muljutakse steriilsetes klaasnõudes katki ja kantakse pisut nende sisemusest üle selleks eraldatud oa agarile katseklaasis. Pärast mõnepäevast hoidmist 25-kraadises temperatuuris ilmuvad agari pinnale poolläbipaistvad, limased mügarbakterite kolooniad. Hoolimata esialgsetest steriliseerimisvõtetest leidub nendes harilikult veel kõrvalisi mikroorganisme. Viimastest vabanemiseks külvatakse saadud mügarbakteri kultuur korduvalt ümber, kontrollides bakterite sisaldust mikroskoobi all ja külvidega mitmesugustesse toitelahustesse. Olles veendunud, et uus kultuur ei sisalda teisi mikroorganisme, kontrollitakse selle aktiivsust mügarate moodustamisel ja mõju taimekasvule pottkatsetega, võrreldes uue puhaskultuuri mõju teiste puhaskultuuridega ja külviga ilma mügarbakteriteta. Kontrollitud aktiivseid puhaskultuure kasutatakse massiliseks nitragiini valmistamiseks.

NSV Liidus valmistatakse nitragiini peamiselt mulla substraadil, kuna muld on mügarbakterite arenemiseks täiesti kohane keskkond. Mullas esinevad teised mikroorganismid võivad aga mõjuda mügarbakterite arengule takistavalt, mispärast nitragiini valmistamiseks võetav muld tuleb steriliseerida, milleks hoitakse mulda autoklaavis 2-atmosfäärise rõhu all 120—130-kraadises temperatuuris 2,5 tundi. Sellises mullas on kõik elav hävinud, ja kandes üle sinna peale steriliseerimist mügarbaktereid, võivad need seal takistamatult paljuneda ja areneda.

Nitragiini valmistamiseks valitakse huumuserikas, neutraalse reaktsiooniga muld (happelise reaktsiooni korral lisatakse vajalikul hulgal kriiti), sõelutakse see läbi ja asetatakse vastavatesse nõudesse. Selleks on kohased laia-kaelalised piimapudelid. Igasse pudelisse mahutatakse 500 grammi vajalikult ettevalmistatud mulda, korgitakse need vattkorkidega, mähitakse paberisse ja steriliseeritakse autoklaavis. Mulla steriilsust tuleb hoolega kontrollida.

Üheaegselt mulla ettevalmistamisega paljundatakse mügarbakterite puhaskultuuri vedelates oa või herne lahustes. Vedelsubstraatidega täidetud pudelitesse kantakse üle pisut puhaskultuuri ja hoitakse 26—28-kraadises temperatuuris 8—10 päeva, millise aja kestel paljunevad mügarbakterid maksimaalselt. Nõutav bakterirakukeste hulk ühes kuupsentimeetris on vähemalt 20 miljonit.

Seejärel segatakse vedelkultuur ettevalmistatud steriilse mullaga, mida tuleb teha väga ettevaatlikult ja hoolikalt, et ära hoida õhust kõrvaliste mikroorganismide sattumist pudelisse. Peale mügarbakteritega nakatumist hoitakse pudelid 5—8 päeva 26—28-kraadises temperatuuris, mille järel määratakse mügarbakterite sisaldavus valmispreparaadis.

Korralikult valmistatud nitragiin peab sisaldama igas grammis vähemalt 50—100 miljonit mügarbakterit, kuid tihti tõuseb nende sisaldavus kuni ühe miljardini grammis. Kõrvalisi baktereid ei tohi esineda üle 10% mügarbakterite arvust.

Kuni kohtadele väljasaatmiseni hoitakse nitragiini jahe-
das kuivas ruumis (8—10-kraadises temperatuuris). Nitragiini võib alal hoida sellistes tingimustes kuni ühe aastani. Ühekordne temperatuuri langus ei ole prepara-

dile kardetav, näiteks talvisel transportimisel, kuid tuleb hoiduda korduvate külmetamiste ja ülessulamiste eest.

Nitragiini tarvitamine.

Nitragiini tarvitatakse liblikõieliste kultuuridele, kusjuures igale liblikõieliste kultuurile on ette nähtud eri bakterikultuur. Ristikuga jaoks määratud nitragiini võib



Joon. 4. Ülesvõtte Huuksi katsepunkti põllult 1947. a. Mesikataimed koristatud odratüüstikus: vasakul nitraginiseerimata, paremal nitraginiseeritud.

kasutada ainult mitmesuguste ristikuliikide nitraginiseerimiseks, mitte aga teiste liblikõieliste kultuuridele. Nitragiini pudelite etikettidele märgitakse, millisele kultuurile neid tuleb kasutada.

Nitragiini ei külvata otse põllule, nagu seda tehakse harilikult mineraalväetistega, vaid nitragiin viiakse mulda ühes külviseemnega. Selleks puistatakse seemned laudpõrandale või presendile. Nitragiin raputatakse pudelist

puhtasse nõusse ja lisatakse 500-grammise pudeli kohta 2—2,5 klaasi vett, segatakse hästi veega ja saadud poolvedela mudaga, seda seisma jätmata, niisutatakse seemned, neid jälle hästi läbi segades, nii et iga seemnetera külge jääksid nitragiini jäljed. Seejärel lastakse seemned kergelt taheneda ja külvatakse otsekohe mulda. Kogu töö vältel tuleb seemneid hoida otseste päikesekiirte eest ja käsitsi väljakülvatud seeme viivitamatult sisse äestada, pidades meeles, et päikesekiired mõjuvad surmavalt mügarbakteritele.

Kui sellist „märga” nitraginiseerimisviisi peetakse suu-remate koguste puhul tülikaks, võib kasutada ka teist, nn. „kuiva” nitraginiseerimisviisi. Sel korral segatakse nitragiin vee asemel maanteetõlmuga, võttes viimast koguselt umbes niisama palju või pisut rohkem kui nitragiini. Saadud seguga puistatakse seemned üle ja segatakse seda puulabidaga seni, kuni nitragiin ühetasaselt on seemnete külge hakanud. Pärast seda võib kohe külvata.

Seemne nitraginiseerimisel tuleb kasutada puhtimata seemet, kuna puhtimisained võivad mõjuda bakterväetisele kahjulikult, kuigi katsetes üksikud puhtimisained (mõned elavhõbeda soolade ühendid) on soodustanud bakterväetiste toimet.

2. Azotogeen.

Azotogeen on bakterväetis, mille mõju põhineb mullas vabalt esineva õhulämmastikku siduva mikroorganismi — azotobakteri — tegevusel. Azotobakter avastati mügarbakteritest palju hiljem (1902. aastal) hollandi teadlase Beijerinck'i poolt, kes esimesena eraldas mügarbakterid puhas-kultuurina. Azotobakter jaguneb mitmeks alaliigiks. Tähtsaim nendest on *Azotobacter chroococcum*, võrdlemisi

suur, pisut pikergune 4—6 mikroni pikkune kokk. Ta ei oma iseseisvat liikumisvõimet ega moodusta spoore. Tema kolooniad värvuvad seismisel tumepruuniks, hiljem pea-aegu mustaks erilise pigmendi eraldumise tõttu. Rakukesed grupeeruvad harilikult paariviisi (diplokokk).

Teised alaliigid — *Azotobacter agile* ja *Azotobacter Beijerinckii* — ei moodusta pruuni pigmenti. Peale nimetatute on kirjeldatud veel mitut alaliiki, kuid peab märkima, et mõned uurijad (P r a s m o v s k i, L ö h n i s jt.) peavad kõiki azotobakteri alaliike vaid üheainsa liigi variatsioonideks. Need kõik on teatavais tingimustes võimelised siduma õhulämmastikku.

Sellistest tingimustest on esimene keskkonna neutraalne reaktsioon. On kindlaks tehtud, et happeses keskkonnas azotobakter lämmastikku ei fikseeri. Teiseks vajab azotobakter toitaineteks ja energiaallikaks süsivesikuid ja orgaanilisi happeid, kasutades mullas selliste ainetena taimjätete lagundumisel tekkivaid aineid ja taimjuurte eritisi. Kolmandaks on azotobakteri arenemiseks tingimata vajalikud fosfor-, kaalium- ja kaltsiumühendid. Selle omaduse põhjal on isegi välja töötatud mullastiku fosfori- ja kaalitarbe määramise meetodid azotobakteri mullastikus esinemise põhjal. Viimaks vajab azotobakter hapniku ja lämmastiku saamiseks veel takistamatut õhu juurdevoolu, mistõttu tema arenguks on vajalikud hästi haritud ja mitte liiga märjad mullad. Optimaalne temperatuur azotobakteri arenguks on 25° C, kuigi tema areng on võimalik ka juba 10-kraadises temperatuuris. Uurimuste kohaselt soodustavad azotobakteri arengut ja tõstavad tema lämmastiku fikseerimise võimet tunduvalt nn. mikroelementide — molübdeeni, vanaadiumi, volframi, mangaani, boori jt. soolade — minimaalsed kontsentratsioonid. Selle nähtuse uurimiseks on korraldatud terve rida katseid, mis tõenda-

vad mikroelementide stimuleerivat mõju azotobakteri tegevusele.

1946/47. aastal Kuusikul korraldatud põldkatse talirukiga näitas, et mikrostimulaatoritega talivilja seemneid puhtides võib tõsta märkimisväärselt saaki. Ammooniummolübdiaadi ja mangansulfaadi madalad kontsentratsioonid — 120 grammi hektari kohta — tõstsid nii tera- kui ka põhusaake keskmiselt 20% võrra. Kuna harilikke bakterväetisi taliviljadele ei saa kasutada, võib siin mikrostimulaatorite rakendamine omada suurt tähtsust.

Azotobakteri tegevust soodustab ka koostöö mõnede teiste mikroorganismidega, eriti vetikatega, millises koostöös vetikad varustavad azotobaktereid neile toiduks vajalike süsivesikutega; azotobakter aga, ära kasutanud need süsivesikud, fikseerib õhulämmastikku, tehes seda vetikatele kättesaadavaks. Ka mõned teised bakterid, kiirikseened ja seened avaldavad azotobakteri tegevusele soodustavat mõju.

Azotobakteri mõju taimekasvule vastab 30—45 kilogrammi mineraal-lämmastikväetisele. Peab märkima, et azotobakteri toime ei piirdu siiski ainult õhulämmastiku sidumisega, vaid et paljude autorite uurimuste kohaselt moodustab azotobakter ka erilisi kasvuhormoone, millised mõjustavad taimede, kuid ka teiste mikroorganismide kiiremat kasvu ja arenemist. Hormoonide (heteroauksiin ja bioos) osatähtsuse selgitamiseks azotobakteri puhul on NSV Liidu teadlase L. I. Rubentšik'i poolt korraldatud hulk uurimusi, millede tulemusena Rubentšik soovib azotobakteri kultuuridega pritsida viljapuid õite ja puuvilja mahalangemisest hoidumiseks.

Kuna azotobakter kasutab oma arenemiseks risosfääris taimejuurte eritisi, oletatakse, et mitmesugused taimed avaldavad tema arengule erinevat mõju. N. A. Krassilni-

kovi uurimuste järgi areneb azotobakter hästi liblikõieliste, raiheina ja keraheina juurte keskkonnas. Tema arengule ei avalda erilist mõju kaer, oder, kartul ja juurviljad, kuna azotobakteri arengut pidurdavad lina ja nisu, mispärast Krassilnikov ei soovita azotogeeni kasutamist lina ja nisu kultuuridele. Lõplikult ei ole see küsimus aga veel lahendatud, sest mõned teised mikrobioloogid (Sluhhain-Natalšenko) väidavad, et nad on saavutanud nisu puhul azotogeeniga väga häid tulemusi. Masskatsetes Eesti NSV-s on azotogeen suvinisu puhul andnud niisama suuri saagitõuse kui teistegi suviviljade puhul. Kuid peab meele pidama, et azotobakteri mõju ei olene siiski niivõrd teatavatel muldadel kasvavatest kultuuridest, kuivõrd paljudest teistest tingimustest, milledest kõige olulisemad on mullastiku omadused.

Mulla azotobakteri sisaldus on väga muutlik, oleneb mulla omadustest ja tingimustest. Lõunapoolsetes mustmuldades ja üldse huumuserikastes muldades leidub azotobakterit reeglipäraselt palju, samuti harilikult aianduldades. Alati on teda rohkem hästi haritud põllumuldades kui kündmata maades. Paljudes muldades puudub azotobakter täiesti. Sellised mullad sisaldavad kas azotobakterile kahjulikult mõjuvaid keemilisi ühendeid või antagonistlike mikroorganisme. Azotobakter ei armasta väga kuiva mulda ja areneb seepärast ka põuastel aastatel halvemini. Hapestes muldades azotobakter puudub, või kui ta seal esinebki, ei fikseeri ta seal õhulämmastikku. Üksikute azotobakteri liikide lämmastiku fikseerimise võime on üldse küllalt erinev.

Nagu esitatud andmeist nähtub, oleneb azotobakteri õhulämmastiku fikseerimise võime ja ulatus väga paljudest asjaoludest. Seejuures ei ole need veel kaugeltki lõp-

likult kindlaks tehtud. Azotobakteri uurimine jätkub. Praegu tegeleb sellega terve rida NSV Liidu nimekaid mikrobiolooge. Kuid seni saavutatud tulemused võimaldavad azotobakteri praktilise rakendamise bakterväetisena. Algul, peale azotobakteri avastamist, näis see küsimus väga lihtsalt lahendatavana. Azotobakter ei ole seotud mingi taimeliigiga, nagu seda on mügarbakterid. Tähendab, on tarvis vaid muldadesse, kus azotobakterit ei leidu, teda kunstlikult üle kanda. Esialgsed pottides ja väikestel katse-lappidel korraldatud katsed andsidki enamikul juhtudel häid tulemusi: taimed arenesid muldades, kuhu azotobakterit külvati, paremini ja saagid tõusid tunduvalt. Kuid külvates azotobakterit põldudele esinesid tihti juhud, kus enamsaaki ei saadud või kus enamsaak oli tähtsusetult väike. Enamasti olid sellised äpardused tingitud samadest põhjustest, mis esinesid ka nitragiini tarvitusele võtmisel. Võltsingud, ülespuhutud reklaam, mille kohaselt azotogeen pidi mõjuma igasugustes muldades ja tingimustes, ebaotstarbekohane tarvitamisviis jne. põhjustasid uue väetuspreparaadi ajutise tarvituselt kadumise.

Alles 1925. aastal võeti NSV Liidus mikrobioloogide Kostõtševi ja Šeloumova uurimuste tulemusena bakterväetis azotogeen uuesti tarvitusele ühes väikese, kuid väga olulise muudatusega selle tarvitamise tehnikas. Nimelt ei külvatud seda nüüd enam põllule laiali, nagu varem tehti, vaid hakati ühes külviseemnega mulda viima. Seetõttu hakkab mulda viidud azotobakter juba algusest peale arenema ja paljunema taime risosfääris, toitudes selle juurteritistest ja varustades taime lämmastikuga. Kultuurtaim ja azotobakter abistavad teineteist vastastikku, kuigi nad seejuures ei ole sellises tihedas kooselus nagu mügarbakterid liblikõielistega.

Praegu valmistatakse azotogeeni NSV Liidu teaduslike

uurimisasutiste laboratooriumides juba sadade tuhandete hektarite jaoks.

Azotogeeni valmistamine ja tarvitamine.

Azotogeen valmistatakse samuti mulla, vahel ka hästi lagunenu, neutraalse turba preparaadina, milles azotobakteri puhaskultuur maksimaalse hulgani on paljundatud. Riknemise oht kõrvaliste mikroorganismide tõttu ei ole siin nii suur kui nitragiini puhul, mis pärast azotogeeni võib kinniste pudelite asemel valmistada ka lahtistes kastikes, papist karpides või paberist kotikes. Azotobakteri kultuur kasvatatakse tahketel agarsubstraatidel, neid õhukese kihina välja valades puust kastidesse või taldriku-tele ja siis tarduda lastes. 2—3 päeva kestel 28—29-kraadises temperatuuris tekib toitelahuse pinnale rikkalik azotobakteri limakord. Seda kogutakse, lahjendatakse veega ja segatakse eelnevalt kuivatatud ja läbisõelatud mulla või turbaga, lisades pisut suhkrut või piiritust. Viimaste puudumisel võib kasutada ka glütseriini, tärklist või siirupit. Seejärel hoitakse preparaati 1—2 päeva soojas ruumis, et võimaldada azotobakteril valmis preparaadis paljuneda. Hiljem tuleb seda hoida kuivas, vilus ja puhtas ruumis. Seejuures ei kannata azotogeen pikemaajalist hoidmist. Valmis preparaadi kontrollimine seisneb azotobakteri rakukeste loendamises ühe grammi kohta. Iga gramm azotogeeni peab sisaldama 50—100 miljonit azotobakterit.

Azotogeeni võib kasutada kõigi suviviljade puhul (ka liblikõieliste puhul kas ühes nitragiiniga või, kui kohalik mügarbakterite kultuur on küllaldaselt aktiivne, üksikult), samuti teraviljade, kartuli ja juurviljade väetamiseks. Taliviljadele azotogeeni anda pole mõtet, sest see võiks

mõjustada ainult sügisest oraste arenemist, talve jooksul kaotaks aga azotogeen oma mõju.

Mullapreparaadina valmistatud azotogeeni antakse teraviljadele 2—4 kg ja kartulile 5—8 kg hektari kohta. Mulda tuleb azotogeen viia koos külvisemnega nagu nitragiingi. Selleks puistatakse külviks ettenähtud seemned põrandale või presendile ja niisutatakse veega (keskmiselt 1 liiter vett 30—40 kg seemnete kohta). Vastav kogus azotogeeni puistatakse seemnetele ja segatakse puulabidaga hoolega läbi. Kui azotogeen hästi seemnetele külge ei hakka, tuleb lisada veel pisut vett ja uuesti segada. Kui seemned on liiga niisked, tuleb neil lasta pisut taheneda. Azotogeeni segamist seemnetega tuleb teostada tingimata otse külvi eel, eelistavalt samal päeval päikesekiirte eest kaitstud kohas, sest päikesekiired mõjuvad azotobakterile hävitavalt. Käsitsi külvi korral tuleb seeme kohe külvi järel sisse äestada.

Azotogeeni tarvitamisel võib kasutada kas puhtimata või puhitud seemet. Viimasel juhul tuleb puhtimiseks kasutada märgpuhiseid (elavhõbeda ühendid; formaliin). Uuemad uurimused ja masskatsed on näidanud, et märgpuhised, näiteks „Germisan”, ei mõju azotogeenile halvasti. Laboratoorsed katsed tõendavad isegi märgpuhiste soodustavat mõju azotobakterite arengule. Seevastu kuivpuhised vähendavad bakterväetiste mõju, mispärast nende tarvitamisest üheaegselt bakterväetistega tuleb hoiduda.

3. Bakterväetis „AMB”.

Kombineeritud mullabakterite preparaadi „AMB” koostisse kuuluvad: ammoniaagi moodustajad mullas, nitriifitseerijad, puitainete lagundajad, õhulämmastiku fikseerijad ja teised põllumajanduslikult kasulikult mõjuvad mul-

lastiku mikroorganismid. Eriti soovitatakse selle bakterväetise rakendamist muldades, kus mikroorganismide sisaldus on väike ja kus leiduvad suured varud kōdunenud orgaanilisi aineid ja huumust. Sellised on kõigepealt kuivendatud turbamullad, siis veel leetunud mineraalmaad pärast mitmeaastasi heinakultuure ning turbaga komposteerimist ja mõned uudismaad. Hapu reaktsiooniga turbamullad tuleb selle preparaadi tarvitusele võtmisel tingimata lubjata. „AMB”-d võib kasutada kõigi kultuuride puhul.

Selle valmistamine toimub kohapeal. Vähemalt üks kuu enne külvitōde algust võetakse raba pealmisest kihist happelise reaktsiooniga turvast, sulatatakse ära, peenendatakse ja sõelutakse läbi. Iga tonni selliselt ettevalmistatud turba kohta võetakse üks tsentner hästi peenendatud lupja või fosforiiti ja üks kilogramm „AMB” puhaskultuuri ning segatakse mitmekordse ümberkühveldamise teel hoolega läbi. Seejärel laotatakse turbamass kōetavas ruumis 70—80 cm paksusesse kihti ja lastakse kolm nädalat kōõruda, jälgides, et temperatuur selles, ka kõige alumises kihis, ei langeks alla 20° C ega tõuseks ka lühikeseks ajaks üle 40° C. Kord nädalas tuleb väetise mass läbi segada ja kuivamise korral veega niisutada. Paras niiskus on 50% massi maksimaalsest veekapatsiteedist (umbes võrdne mulla niiskusega kasvuhoones). Kolmenädalase kōõrimise järel on väetis tarvitamiseks valmis. Seda tuleb enne seemne külvi maale külvata ja kohe sisse kōnda või äestada, kuna vastasel korral päikesekiired, kuivus ja külmumine võivad selle väetise mõju hävitada. Hektari kohta on tarvis võtta 250 kg väetist. Väljakülvamise hōlbustamiseks võib väetist segada mullaga samalt põllult, kuhu külv tehakse, võttes kuni viiekordne kogus mulda ühe väetise koguse kohta.

„AMB” puhaskultuuri valmistatakse seni ainult Leningradi Põllumajandusliku Mikrobioloogia Instituudi laboratooriumis ja saadetakse tellijatele välja.

4. Fosforobakteriin.

Väljapaistvat asukohta taimedele tingimata vajalike toitainete seas omab fosfor. Tihti leidub mullas küllalt suuri fosforivarusid, kuid need võivad esineda keerukate ja raskesti lahustuvate orgaaniliste ühendite kujul. Selliste ühendite lagundamisel ja nendes esinevate fosforivarude taimedele kättesaadavaks muutmisel etendavad väljapaistvat osa teatavad mullastiku bakterite grupid.

Üleliidulise Põllumajandusliku Mikrobioloogia Instituudi teadusliku kaastöölise R. A. Menkina ja teiste uurimuste põhjal õnnestus selliste bakterite liikide puhaskultuurideks eraldamine. Katsetamisel selgus, et lagundades fosforit sisaldavaid orgaanilisi ühendeid need bakterid mitte üksnes ei varusta endid fosforhappega, vaid on võimelised oma elutegevuse tulemusena koguma ülejäägina ka fosforhapet, mõjustades sellega taimekasvu. Pikemaajaliste katsetamiste tulemusena töötati välja uus bakterväetis — fosforobakteriin. See on fosforit sisaldavate orgaaniliste ühendite lagundamist esile kutsuvate bakterite puhaskultuur, segatud kuiva pulbritaolise kaoliiniga (savi-liik).

Selle preparaadi tarvitamine põllumajanduses on väga lihtne, sest seda viiakse mulda ühes seemnetega, analoogiliselt nitragiini ja azotogeeniga. 250 grammi fosforobakteriini segatakse 2—3 liitri veega toatemperatuuril ja jäetakse üheks tunniks seisma, aegajalt segu hoolega läbi segades. Seejärel valatakse lahus ühes põhja kogunenud settega ühe hektari seemendamiseks ettenähtud seemne-

tele, segatakse hoolega läbi, lastakse pisut taheneda ja külvatakse välja.

Leningradi ja Kirovi oblastites on see väetis orgaaniliste ainete rikastel põldudel andnud 2—5 tsentnerit, s. o. kuni 30% enamsaaki.

Ka fosforobakteriini valmistatakse Leningradi Põllumajandusliku Mikrobioloogia Instituudis, kust tarvitajad seda võivad tellida.

Seega oleme lühidalt tutvunud kõigi laboratooriumides valmistatavate bakterväetise preparaatidega, nende valmistamise tehnikaga ja tarvitamise viisidega. Nagu nägime, nõuab nende valmistamine erilisi seadeldisi ja vastava ettevalmistusega, vilunud, kõrge kvalifikatsiooniga töötajaid. Seetõttu ei saa preparaate valmistada kohapeal, vaid tuleb tellida vastavalt keskasutistelt. Eesti NSV jaoks valmistatakse esialgu nitragiini ja azotogeeni Põllumajanduse Instituudi Kuusiku Filiaali laboratooriumis, „AMB“-d ja fosforobakteriini tellitakse Leningradist. Kaugelt tellimine ja sadade kilomeetrite kaugusele väljasaatmine raskendavad ja takistavad bakterväetiste levikut. Teiseks on keskustes valmistatud bakterväetistel see puudus, et need on saadud ühe bakterikultuuri paljundamisel, mis mitte alati ei avalda ühesugust mõju erinevais mulistikulistest ja kliimaatilistes oludes.

Vastavate laboratooriumide puudumisel lähikonnas võib bakterväetisi valmistada ka lihtsustatud korras. Kuigi sellisel kohalikel bakterväetistel on suuri puudusi, peamiselt selletõttu, et need ei ole kõrvalistest mikroorganismidest kunagi täiesti puhtad, kaaluvad hõlpsam ja lihtsam kättesaadavus ning kohaliku päritolu paremused need puudused tihti üles. Et võimaldada kohalike bakterväetiste laialdasemat levikut, lisame ülevaate lihtsamate ja tõhusamate võtete kohta nende valmistamiseks.

Bakterväetiste kodune valmistamine.

1. Kodune nitragiin.

Lihtsustatud võtetega nitragiini valmistamisel tuleb erilist rõhku panna selleks võetava materjali, s. o. mügarate kõrgele kvaliteedile. Selleks tuleb välja valida põldude osad, kus liblikõielised kasvavad kõige paremini. On soovitatav selleks otstarbeks rajada erilised põllulapid aia- või juurviljamaale, külvates sinna vastavaid liblikõieliste kultuure, neid väetades laudasõnniku, fosfori- ja kaaliväetistega ning hoides kõrvalistest kultuuridest puhtad. Sügisel, septembri-oktoobrikuus kaevatakse künnikihi sügavuselt taimede juured välja. Mitmeaastaste liblikõieliste juuri on parem koguda teisel või kolmandal kasvuaastal (ristik, lutsern), kuna üheaastastel kogutakse neid pärast saagi koristamist. Enne juurte kogumist tuleb jälgida, et liblikõielistel, mille juuri kavatsetakse võtta, ei esine taimehaigusi.

Juurte väljakaevamisel kogutakse kõik vastava liblikõielise kultuuri juured kokku, mulda ettevaatlikult rehaga või käsitsi peenendades. Kohe pärast kogumist pestakse nad ettevaatlikult mullast puhtaks ja kuivatatakse varjulises kohas. Kuivatamisel on oluline, et see võimalikult kiirelt lõpule viidaks, kuid seejuures ei tohi temperatuur tõusta üle 30°. Kuivatatud juured lõigatakse hekslimasinaga peeneks, puistatakse kotti ja hoitakse selliselt jahted ja kuivas ruumis kevadeni alal.

Juurte kogumisel peab arvestama, et üheaastaste taimede nitraginiseerimiseks (hernes, uba) tuleb võtta nende taimede kuivatatud juuri 250 grammi 10 hektari kohta, mitmeaastaste taimede (ristik, mesikas jt.) kuivatatud juuri 1,5 kg 10 hektari kohta. Arvestades kaalu kadu kuivatamisel on tarvis tooreid juuri koguda üheaastastel 2,5 kg 10 hektari kohta (10-kordne kahanemine) ja mitmeaastastel 5—6 kg 10 hektari kohta (3—4-kordne kahanemine kuivatamisel).

Värsketes juurtes võib mügarbakterite hulka arvestada keskmiselt 1—10 miljardit iga grammi kohta. Kuivatamisel väheneb nende hulk 100—200 miljonini grammis. Kui aga kuivatatud ja peeneks lõigatud juuri niisutada ja soojas hoida, hakkavad mügarbakterid kiiresti paljunema ja 10—15 päeva pärast võib nende hulk olla suurem, kui see oli esialgu värsketes juurtes.

Kevadel, 15—20 päeva enne külvi, puistatakse kuivatatud juured kotist hästi pestud ja keeva veega uhitud puunõusse, neid niisutades keedetud ja jahutatud veega (1,5 liitrit pisut leiget vett 1 kg juurte kohta). Nõu kaetakse pealt puhta riide või paberiga ja asetatakse umbes 20—25° C soojuse korral ahju või pliidi soojamüüri äärde. Üle päeva on soovitatav juuri läbikeedetud puulusikaga segada. Olenevalt temperatuurist valmib preparaat kasutamiseks 10—15 päeva pärast, omandades poolvedela, ühtlase, pudrutaolise välimuse. Sellise koduse nitragiiniga talitatakse seemnete nitraginiseerimisel täpselt niisama kui laboratooriumis valmistatud nitragiiniga. Tihti on selliselt valmistatud preparaadiga saavutatud tunduvald liblikõieliste kultuuride saakide tõuse, mis on isegi ületanud laboratooriumis valmistatud nitragiini mõju.

2. Kohalik azotogeen.

Ka azotogeeni võib lihtsustatud võtetega koduselt valmistada. Kuna azotobakterit leidub väga paljudes muldades, on tarvis leida vaid azotobakterit sisaldavat mulda, selles azotobakteri sisaldus kindlaks määrata ja püüda seda sisaldust võimalikult suurendada. Harilikult esineb azotobakter hästi haritud ja väetatud aiamuldades hulgaliselt. Seda võib järele proovida alljärgneva lihtsa võttega.

Võetakse umbes 100 grammi mulda ja lisatakse sellele üks teelusikatäis viina ning umbes kümme korda suurem kogus (20—30 cm³) puhast vett. Lahjendatud viinaga niisutatakse kogu muld ühtlaselt, segatakse hoolega läbi ja niisutatakse veel täiendavalt veega, kuni saadakse poolvedel, külgehakkav mass. See määratakse ühetasaselt umbes 1,5 cm paksuse korrana taldrikule ja silutakse pealmine pind teelusikaga. Mulla pind peab olema niiske, kuid mitte märg. Taldrik kaetakse teise samasuguse taldriku või klaasiga ja paigutatakse 3—4 päevaks 25—30° C soojusse. Kui siis mulla pinnale ilmuvad limased täpid või levib läikiv limakord, mis kestmamal soojas hoidmisel võib muutuda tumedaks, on proovitav muld kohaliku azotogeeni valmistamiseks täiesti kohane.

Valmistamine toimub alljärgnevalt.

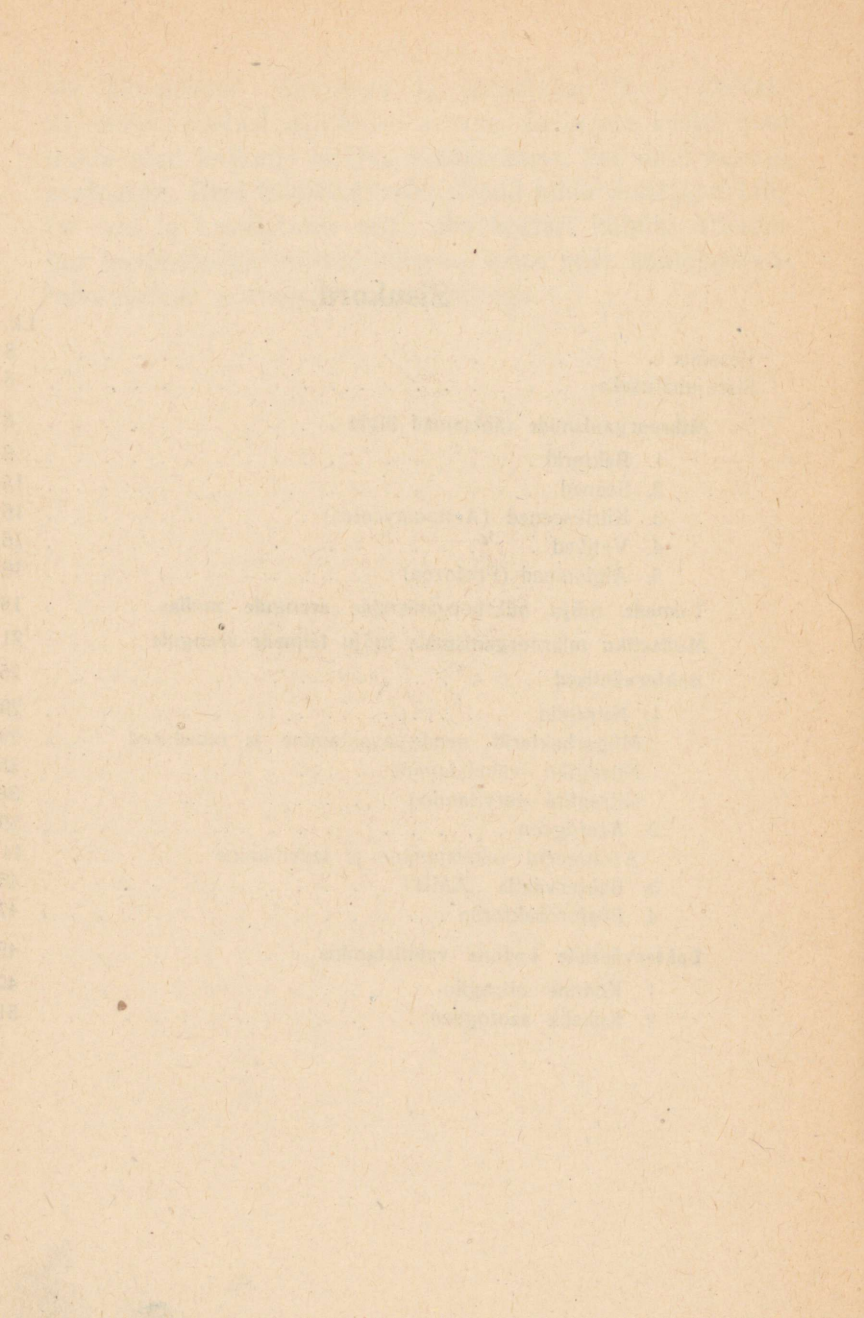
Võetakse 1 kg mulda, mille azotobakteri sisaldus eelnevalt kindlaks tehtud, lisatakse pool klaasi vett, segatud 10 teelusikatäie viinaga. Soovitatav on lisada veel umbes 0,5 grammi superfosfaati. Muld segatakse nüüd hästi läbi, seda vähehaaval täiendavalt niisutades, kuni saadakse ühtlane poolvedel mass. See jaotatakse neljaks osaks ja iga osa määratakse ühetasase kihina madalale taldrikule 1,5 cm paksuse korrana, mille pealmine pind lusika abil tasaseks silutakse. Taldrikud kaetakse teiste taldrikutega

Exhib. 101. 10

või akna klaasi tükkidega ja asetatakse 3—4 päevaks 25—30° C soojust säilitades seisma. Selle aja kestel peab mulla pind kattuma läikiva limakorruga. See ongi kohalik azotogeen. Ühel taldrikul valmistatud kihile lisatakse 1 liiter vett ja kasutatakse segu ühe hektari külviks ettenähtud seemnehulga inifitseerimiseks, tehes seda analoogiliselt laboratoorse azotogeeni tarvitamisega.

Sisukord.

	Lk.
Eessõna	3
Sissejuhatuseks	5
Mikroorganismide tähtsamad liigid	8
1. Bakterid	8
2. Seened	15
3. Kiirikseened (Actinomycetes)	16
4. Vetikad	16
5. Algloomad (Protozoa)	16
Taimede mõju mikroorganismide arengule mullas	18
Mullastiku mikroorganismide mõju taimede arengule	21
Bakterväetised	25
1. Nitragiin	29
Mügarbakterid, nende avastamine ja omadused	29
Nitragiini valmistamine	35
Nitragiini tarvitamine	38
2. Azotogeen	39
Azotogeeni valmistamine ja tarvitamine	44
3. Bakterväetis „AMB”	45
4. Fosforobakteriin	47
Bakterväetiste kodune valmistamine	49
1. Kodune nitragiin	49
2. Kohalik azotogeen	51



Vastutav toimetaja
R. Toomre.
Tehniline toimetaja
H. Seletus.

Ladumisele antud 21. I 49.
Trükkimisele antud 23. II 49.
Paberi kaust 56 × 79. ¹/₁₆.
Trükipoognaid 3¹/₂. Autoripoog-
naid 2. Arvestuspoognaid 2,12.
MB 00174. Laotihedustrpg. 30 000.
Tiraaž 3000. Trükikoja tellimus
nr. 302. Trükikoda „Hans
Heidemann“, Tartu,
Vallikraavi 4.

Hind rbl 3.—

П. Рахво, Микробиология почвы
и бактериальные удобрения.

На эстонском языке.

Эгосиздат „Научная Литера-
тура“, Тарту.



Rbl. 3.—

A-17561

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00495043 4

70 999