









A-31714 II

I. JÖGISTE, R. KALMET, A. PIHO, E. RAUD-  
VALI, K. TARANDI, E. TURBAS, J. VEEVO,  
H. VIPPER

# AGROKEEMIA ALUSED

Koostanud E. Turbas

Paifu lanu kõikidele, kes taimeid valmistamiseks ühel või  
viiel kaaluga ühikuga ühikuga ühikuga ühikuga ühikuga ühikuga  
kes raamatus märgitud puudustel koostajal informatsioon  
ressit: Tartu, Eesti Põllumajanduse Akadeemia

5  
TARTU ÜLKOOL  
RAAMATUKOGU  
51377

4-3-8  
88-71

Kaane kujundanud G. Pant

Eesti NSV Põllumajanduse Ministeeriumi poolt lubatud kasutada õppevahendina sovhoostehnikumides.

Raamatus käsitletakse lühidalt agrokeemia arengut ja taimede toitumist. Üksikasjalikumalt peatutakse mineraalväetiste tootmisel ja omadustel ning nende toime ja kasutamise iseärasustel. Lähemat käsitlemist leiavad ka orgaanilised väetised ning lubi- ja bakterväetised. Esitatakse kokkuvõtlik ülevaade väetustööde mehhaniseerimisest. Selgitatakse väetussüsteemi koostamise põhi- aluseid ja tuuakse lühike ülevaade agrokeemiateenistusest.

Raamat on mõeldud õppevahendiks agrokeemia õppimisel sovhoostehnikumides, Eesti Põllumajanduse Akadeemias ja seda võivad teadmiste täiendamiseks kasutada ka praktikud.

2  
TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU  
213777

## EESSÕNA

Professor O. Halliku raamatud «Väetised ja nende kasutamine» (1956) ning «Agrokeemia» (1963) on juba raskesti kättesaadavad. Tekkinud lünka püüab täita käesolev raamat. Selle kirjutamisel on silmas peetud eeskätt sovhoostehnikumide õpilasi ja Eesti Põllumajanduse Akadeemia üliõpilasi. Samuti võib raamatust abi olla põllumajanduse spetsialistidel ja asjahuvilistel oma teadmiste värskendamisel või täiendamisel.

Raamatu kirjutamisest võttis osa kaheksa põllumajandusteadlast: sissejuhatus — *K. Tarandi* ja *E. Turbas*, taimele tootumise alused — põhiliselt *K. Tarandi*, lämmastik- ja fosforväetised — *K. Tarandi*, kaalium- ja kompleksväetised — *E. Turbas*, mikroväetised — *R. Kalmet*, orgaanilised väetised — põhiliselt *I. Jõgiste*, bakter- ja haljasväetised — *H. Vipper*, väetustööde mehhaniseerimine — *J. Veevo*, happeliste muldade lupjamine — *E. Turbas*, agrokeemia uurimismeetodid ja agrokeemiateenistus — *E. Raudväli* ja *E. Turbas*, väetussüsteem — *A. Piho*.

Palju tänu kõikidele, kes raamatu valmistamisel ühel või teisel viisil kaastegevad olid. Samuti olgu tänatud lugupeetavad lugejad, kes raamatus märgatud puudustest koostajat informeerivad aadressil: Tartu, Eesti Põllumajanduse Akadeemia.

Tartu, detsember 1969.

*Koostaja*

## 12. AGROKEEMIA KUI TEADUSE KIJUNEMINE JA ARENEMINE

### 12.1. TAHTSAMAIK MOMENTE AGROKEEMIA TEKKELOOST

Taimede kasvamise ja toitumise küsimused huvitasid inimesi juba ammu. Põllumajandusega tegelemise alguses märgati, et loomade väijahaidete asemel ja tuleasemeil kasvavad taimed lopsakamalt kui mujal. Pikaajaliste kogemuste ja tähelepanekute kaudu õppisid põlluharijad tundma paljusid võtteid, mis aitasid suurendada saaki. Ajast, mil inimesed hakati kodustama ja lautades hoidma, sai



# 1. SISSEJUHATUS

## 1.1. AGROKEEMIA MÕISTE, AINEALA JA ÜLESANNE

Agronoomiliseks keemiaks ehk lühidalt agro-keemiaks nimetatakse teadusharu, mis uurib taimede, mulla ja väetiste vahelisi suhteid põllumajanduskultuuride saakide tõstmise eesmärgil.

Nõukogude agrokeemia rajaja akadeemik Dmitri Prjanišnikovi määrangu järgi on agrokeemia ülesandeks tundma õppida ainete ringet maaviljeluses ning selgitada neid mullas ja taimedes kulgevaid keemilisi protsesse mõjutavaid tegureid, mis võivad suurendada saaki või muuta selle koostist.

Agrotehniliste võtete, eriti väetiste kasutamise kaudu mõjustab inimene ainete ringet taimekasvatuses. Väetised avaldavad mõju nii mullale, muutes selle keemilisi, füüsikalisi ja bioloogilisi omadusi, kui ka taimedele, mõjutades nende kasvu, arenemist, vastupanuvõimet ebasoodsatele tingimustele, saagi suurust ja kvaliteeti.

Agrokeemia tegeleb taimede toitumise uurimisega, aga veelgi enam sellega, kuidas taimede toitumist suunata ja reguleerida väetiste kasutamise teel, et põllumajanduskultuuride saagid suureneksid ja nende kvaliteet paraneks.

## 1.2. AGROKEEMIA KUI TEADUSE KUJUNEMINE JA ARENEMINE

### 1.2.1. TÄHTSAMAIK MOmente AGROKEEMIA TEKKELOOST

Taimede kasvamise ja toitumise küsimused huvitasid inimesi juba ammu. Põllundusega tegelemise alguses märgati, et loomade väljaheidete asemeil ja tuleasemeil kasvasid taimed lopsakamalt kui mujal. Pikaajaliste kogemuste ja tähelepanekute kaudu õppisid põlluharijad tundma paljusid võtteid, mis aitasid suurendada saaki. Ajast, mil loomi hakati kodustama ja lautades hoidma, sai

alguse sõnnikuga väetamine. Väga ammu tunti ka puutuha ja mergli mõju väetisena. Vanas Egiptuses künti mitmesuguseid liblikõielisi taimi haljasväetisena mulda. Ameerikas kasutasid indiaanlased kalu väetisena. Mitmeid väetamise võtteid tunti ka muistses Kreekas ja Rooma impeeriumis.

Keskajal ununesid paljud vana-aja avastused ja teadmised. Ligi tuhat aastat kestis teaduse arengus seisak, mis lõppes alles renessansiajastu saabumisega. Tolleaegse põllumajandust käsitleva kirjanduse hulgast paistab silma prantsuse loodusteadlase Palissy töö 1563. aastast, milles ta kirjutab, et taimede elu aluseks on maast ammutatav sool. Soola all mõistis ta seejuures kõiki taimedele vajalikke mineraalaineid. See oli esmakordselt õigesti väljendatud seisukoht mulla kui taimede mineraalainetega varustamise allika kohta. Milliseid sooli aga taim vajab, seda Palissy ei võinudki teada, sest keemiat kui teadust veel polnud. Mõõdus mitu sajandit, kuni kujunes välja keemia ja hiljem sellele tuginev agrokeemia.

Vahepeal kogunes rohkesti fakte taimede toitumise alalt. Millest aga taim toitub, see küsimus jäi kauaks õige vastuseta. Näiteks hollandlase van Helmonti 1652. aastal avaldatud töös kirjeldati 5 aastat kestnud katset, kus mulda istutatud 2 kg raskune pajuoks kasvas selle aja jooksul ainult vihmaveega kastmisel 66 kg raskuseks puuks. Sellest tehti ekslik järeldus, et taimedele jätkub kasvuks ainult veest. Öhu süsihappegaasi olemasolu ja selle kasutamist taimede poolt veel ei teatud, samuti jäi tähelepanemata mullast omastatud soolade hulk, sest mulla kaalus (ca 100 kg) suuremaid muutusi ei avastatud.

1699. a. kontrollis inglane Woodward van Helmonti katset ning jõudis hoopis teistsugusele järeldusele. Kasvatatud münti mitmesuguse päritoluga vees, leidis ta, et 77 päeva pärast oli jõevees kasvatatud taime kaal 8 korda, aiamalla-jõevee leotises kasvatamisel aga 17 korda suurem, võrreldes vihmavees kasvatatud taime kaaluga. Nii selgus, et veest üksi ei piisa taimede kasvamiseks ja et muld sisaldab mingisuguseid aineid, mis soodustavad taimede kasvu.

Toetudes põllumajanduse praktika kogemustele, et huumusrikam muld annab suurema saagi, töötas rootsi keemik Vallerius 1766. aastal välja taimede huumustoitumise teooria, arvates ekslikult, et taimed omastavad mullast juurtega vahetult huumust. Uhtlasi arvas ta, et tuhk soodustab huumuse lahustumist ja omastamist. Taimede huumustoitumise teooria valitses kaua aega ja selle agaram populariseerija XIX sajandi alguses oli saksa agronoom Thaer. Kaasajal teame, et huumuse koostises on küll mitmeid taimetoitelemente, mis aga saavad taimedele omastatavaiks alles pärast huumuse mikrobioloogilist lagunemist.

Hollandlane Ingenhousz ja šveitslane Sennebieer näitasid 1780-ndatel aastatel, et taime rohelised lehed lagundavad valguse

käes süsihappegaasi, kusjuures hapnik eraldub õhku, süsiniku aga omastavad taimed. Seega oli avastatud fotosüntees, kuigi läks veel hulk aega selle olemuse selgitamiseks.

XIX sajandi alguses (1804) selgus šveitslase Saussure'i tööde põhjal ka taimejuurte poolt mullast omastatavate mineraalainete tähtsus. Akadeemik Prjanišnikovi järgi tuleb teadusliku 'agrokeemia alguseks lugeda 1836. aastat, mil ilmusid prantslase Boussingault' tööd ainete ringe kohta maaviljeluses, kus esmakordselt rakendati kvantitatiivset meetodit põldkatsetes ja koostati taime- toitaineite bilanss.

Suuri teened taimede toitumise küsimuste lahendamisel on saksa keemikul Liebigil, kes ühes 1840. aastal ilmunud töös andis purustava hoobi Thaeri seni üldiselt tunnustatud taimede huumus- toitumise teooriale. Ta tõestas täie veenvusega taimede mineraal- toitumise olemuse. Liebigi tööd andsid tõuke mineraalväetiste tööstuslikuks tootmiseks ning 1843. aastal asutatigi Inglismaal maailma esimene superfosfaaditehas.

Boussingault' poolt juba 1843. aastal alustatud tööd liblikõie- liste taimede omapärasest lämmastiktoitumisest viis saklane Hellriegel lõpule 1886. aastal. Ta tõestas, et liblikõielised taimed omastavad õhust lämmastikku nende juurtel kasvavate mügarate vahendusel.

Võib öelda, et juba XIX sajandi keskel oli üldiselt tunnustatud seisukoht, et taimed omastavad lehtede kaudu õhust süsihappe- gaasi ning juurte abil mullast vett selles lahustunud mitmesuguste sooladega.

## 1.2.2. VENE JA NÕUKOGUDE TEADLASTE OSA AGROKEEMIA ARENGUS

Venemaal oli XVIII sajandil silmapaistvamaks teadlaseks M. Lomonossov, kes muude teadusharude kõrval huvitus ka põllu- majandusest. Juba 1753. aastal püstitas ta oletuse, et taimed omastavad lehtede kaudu õhust mingeid aineid. Mida nimelt, seda tol ajal ei võidud teada, sest õhu koostisosad olid veel avastamata.

1770. aastal ilmunud raamatus maade väetamise kohta kirjutas A. Bolotov, ennetades Lääne-Euroopa teadlasi, et taimed võtavad mullast mineraalaineid ja neid on vaja mulda juurde anda. I. Komov kirjeldas 1788. aastal ilmunud maaviljeluse õpikus muu hulgas ka väetamist. Selles töös antakse sõnniku, lubja, kompos- tide ja teiste vajalike väetiste omaduste ja kasutamise kohta juba nii asjalikke juhiseid, et need on rakendatavad tänapäevalgi.

Tähtsa etapi agrokeemia arengus moodustavad A. Engelgardti tööd, kes esimesena juhtis tähelepanu kodumaistele fosforiididele ning tõestas nende kasutamiskõlblikkust leetmuldade väetamisel. 1878. aastal avaldas ta raamatu «Põllumajanduse keemilised alused».

Kaasaegse keemia rajaja D. Mendelejev tundis sügavat huvi keemia rakendamise vastu põllumajanduses. Esimesena Venemaal korraldas ta aastail 1867—1869 ulatuslikke põldkatseid mineraalväetistega neljas kubermangus. Väetuskatsete tulemused näitasid, et väetamisega saab tunduvalt tõsta saake mitte ainult leetmuldadel, vaid ka mustmuldadel.

K. Timirjazevi peamine teene on fotosünteesi olemuse selgitamine ning taimefüsioloogia rajamine. Tema õpilane D. Prjanišnikov (1865—1948) sai nõukogude koolkonna rajajaks agrokeemias. Ta tegeles väga paljude agrokeemia-alaste küsimustega, kuid tema suurimaks teeneks on taimede lämmastiktoitumise uurimisel tehtud avastus: taimed omastavad nii nitraat- kui ka ammoniumlämmastikku. Akadeemik Prjanišnikov oli ülemaailmse kuulsusega agrokeemik. Ta avaldas trükkis üle 500 töö taimede toitumise, väetamise ja paljude muude agrokeemia-alaste küsimuste kohta. Nende hulgas oli ka põhjalik raamat «Agrokeemia» (ilmus 1934. aastal), mis oli põhiliseks agrokeemia õpikuks Nõukogude Liidu kõrgemates koolides kuni 1965. aastani, mil ilmus uus õpik.

Käesolevaks ajaks on agrokeemia muutunud juba õpetatavaks erialaks. Seitseteist Nõukogude Liidu õppeasutust laseb välja kõrgema haridusega diplomeeritud agrokeemikuid, kes leiavad töökoha põllumajanduse juhtivates organites, majandites või uurimis-asutustes. Üksnes väljapaistvate agrokeemiateadlaste arv ulatub sadadesse.

Agrokeemia-alase teadusliku uurimistööga tegelevad plaanipäraselt kõrgemad põllumajanduslikud õppeasutused, ülikoolid ja teadusliku uurimise instituudid oma katsejaamade võrguga. Üleliiduliselt kesketeks suunavateks ja koordineerivateks uurimis-instituutideks on Moskvas asuvad D. N. Prjanišnikovi nimeline Üleliiduline Väetiste ja Agromullateaduse Instituut ning J. V. Samoilovi nimeline Väetiste ja Insektofungitsiidide Instituut.

### 1.2.3. AGROKEEMIA TEADUSE ARENEMINE EESTIS

Möödunud sajandi silmapaistev kultuuritegelane C. R. Jakobson (1841—1882) rakendas oma talus Kurgjal edukalt mitmesuguseid uuendusi põllumajanduses ja populariseeris neid oma kõnedes ja kirjutistes. Tema raamat «Teadus ja Seadus põllul» (1869) oli pioneeriks eestikeelses põllumajanduslikus kirjanduses. Selles teoses käsitles autor ulatuslikult ka väetusküsimusi.

Väetuskatseid hakati ulatuslikumalt korraldama XX sajandi algaastail. Enne Esimest maailmasõda korraldati taludes mitusada väetuskatset, mille eesmärgiks oli tutvustada mineraalväetiste mõju ja propageerida nende kasutamist. Taoliste masskatsete korraldamine jätkus ka pärast Esimest maailmasõda ja nende tule-



Eesti NSV teeneline teadlane V. I. Lenini nime-  
lise Üleliidulise Põllumajandusteaduste Aka-  
deemia korrespondentliige põllumajandustea-  
duse doktor professor Osvald Hallik.

mustest selgus fosfor-, kaalium- ja lämmastikväetiste efektiivsus mitmesuguste kultuuride saagile erinevatel muldadel.

1910. aastal asutati Tooma Sookatsejaam (praegu Eesti Maa-  
viljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi —  
EMMTUI — Tooma Katsebaas), kus muude küsimuste kõrval on  
tänapäevani pidevalt uuritud sookultuuride väetamist.

1920. aastal asutatud Jõgeva Sordikasvanduses (praegu  
EMMTUI Jõgeva Sordiaretusjaam) on sordiaretustöö kõrval alati  
tegelatud väetusküsimustega. Eriti resultatiivselt töötasid seal  
doktor Julius Aamisepp (1883—1950) ja doktor Mihkel Pill (1884—  
1951).

1920. aastal asutati Riigi Põllutöö Katsejaam, mis alguses  
töötas Arukülas, kuid 1924. aastal viidi üle Kuusiku mõisa, kus  
praegu asub EMMTUI Kuusiku Katsebaas. Kogu selle aja kestel  
on just Kuusikul toimunud kõige intensiivsem väetusalane uuri-

mistöö, mis baseerub laialdastel väetuskatsetel. Keskseks küsimuseks on Kuusikul olnud muldade väetistarbe määramine. Esimene väetistarbe uurimise laboratoorium Eestis organiseeriti 1940. aastal N. Ruubeli poolt, kuid see töö katkes hiljem. 1958. aastal rajati E. Raudvälja juhtimisel Kuusikul uus muldade väetistarbe laboratoorium, mis töötas rida aastaid väga edukalt. 1964. aastal organiseeriti selle baasil EMMTUI juurde agrookeemia osakond (juhataja E. Raudväli) ja Vabariiklik Agrookeemia Laboratoorium (juhataja L. Kevvai). Peale nimetatute uuritakse käesoleval ajal väetusküsimusi veel teistes EMMTUI lülides, eriti ulatuslikult agrotehnika sektoris (juhataja A. Piho). Meie muldade mikroelementide sisalduse ja mikroväetiste mõju uurimisel on suuri teeneid EMMTUI keemiliste analüüside kesklaboratooriumi töötajail (juhataja H. Michelson).

Ulatuslikku agrookeemia-alast uurimistööd tehakse Eesti Põllumajanduse Akadeemias. See sai alguse 1921. aastal, kui Tartu Ülikooli juurde Raadile organiseeriti Agrikultuurkeemia Katsejaam, kus professor A. Nõmmiku (1882—1957) juhtimisel uuriti mitmeid agrookeemia küsimusi. Muu hulgas korraldati rohkesti väetuskatseid, kus selgitati orgaaniliste ja mineraalväetiste efektiivsust.

Eriti suure tähtsusega on olnud professor O. Halliku (1906—1964) lupjamisalased uurimused. Ta selgitas välja happeliste muldade paiknemise vabariigis, valmistas vabariigi mullareaktsioonikaardi, uuris detailselt lubiväetiste varusid kohalikes leiukohtades, korraldas hulgaliselt lupjamiskatseid ja propageeris nende tulemusi.

Käesoleval ajal käib eksperimentaalne agrookeemia-alane uurimistöö mitmes EPA kateedris vastavalt kateedri profiilile.

### 1.3. MINERAALVÄETISTE TOOTMISE JA KASUTAMISE TASE

Kui käsitletakse mineraalväetiste tootmist ja kasutamist üldiselt, opereeritakse tavaliselt tinglike kogustega, sest eri väetiste füüsiliste koguste kokkuliitmine ei anna erineva taimetoitainete sisalduse tõttu võrreldavat pilti. Appi tulevad tingväetise ja tegevaine mõisted, mis on välja kujunenud juba ammu ja üldkasutatavad kogu maailmas.

Tingväetised on ammooniumsulfaat lämmastikusisaldusega 20,5%, superfosfaat  $P_2O_5$ -sisaldusega 18,7% (lahustuvate fosforväetiste osas), fosforiidijahu  $P_2O_5$ -sisaldusega 19,0% ja kaalisool  $K_2O$ -sisaldusega 41,6%. Tavaliselt jäetakse tingväetise konkreetne nimetus (näit. ammooniumsulfaat) ära ja räägitakse

ting-lämmastikväetisest või lihtsalt näiteks lämmastikväetiste kogutoodangust, kusjuures seda mõõdetakse tingimata tingväetisena.

Väetiste tegevained ehk toimeained on N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  ja mikroelemendid (B, Cu, Mo jne.).  $P_2O_5$  ja  $K_2O$  põhjustavad vahel segadust. Tuleb silmas pidada, et  $P_2O_5$  ja  $K_2O$  on agrokeemias tinglikud ühendid. Uheski väetises, mullas ega taimes ei esine fosfor  $P_2O_5$  näol ega kaalium  $K_2O$ -na. Suur viga tehakse nimetades  $P_2O_5$ -sisalduse arvulist väärtust väetise (mulla, taime) fosforisisalduseks: on ju  $P_2O_5$ -s ainult 43,6% fosforit (P). Korreksem oleks  $P_2O_5$ -sisalduse asemel välja tuua fosforisisaldus ja  $K_2O$ -sisalduse asemel kaaliumisisaldus, kuid kord juba juurdunud esitusviisi on tülikas muuta.

Tähtis näitaja on veel tegevainete suhe N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$ . Alati on N esimesel,  $P_2O_5$  teisel ja  $K_2O$  kolmandal kohal. See suhe näitab üksikute tegevainete osatähtsust mingis väetiste kogumis. Üheks võetakse  $P_2O_5$  või N, seega näiteks 1,2 : 1 : 0,9 ehk 1 : 0,83 : 0,75.

Hektarile antavad või anda tulevad mineraalväetiste kogused väljendatakse lühendatult tegevaine kilogrammides indeksina vastava elemendi sümboli all. Siingi peetakse kinni järjestusest N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ . Näiteks väljend «odrale anti mullaharimisel  $N_{50}P_{40}K_{60}$ » tähendab, et odrale anti mullaharimisel mineraalväetisi hektarile koguses, mis sisaldab 50 kg N, 40 kg  $P_2O_5$  (mitte P!) ja 60 kg  $K_2O$  (mitte K!).

### 1.3.1. VÕRD LUSANDMEID MAAILMA MASTAABIS

Mineraalväetiste tootmine ja kasutamine kasvab maailmas väga kiiresti (tabel 1). Tegelik kasvutempo ületab prognoosidega ettearvestatud tempot. Erilist rõhku pannakse lämmastikväetiste tootmisele: nende suhteline osa mineraalväetiste üldkoguses on kiiresti kasvanud.

1966/67. majandusaastal toodeti maailmas umbes 220 miljonit tonni mineraalväetisi (tingväetistena arvestatult). Kõige suurema mineraalväetiste tootja, Ameerika Ühendriikide arvele tuli sellest ligemale 68 miljonit tonni ehk üle 30% maailma mineraalväetiste üldtoodangust. Seejuures Ameerika Ühendriikides arendatakse mineraalväetiste tootmist veelgi kiires tempos. Aastatel 1967—1970 ehitatavast 62 lämmastikväetisetehasest asub 30 Ameerika Ühendriikides.

Agrokeemikute rahvusvahelisel kongressil 1968. aastal esitatud kokkuvõtte järgi kasutati mineraalväetisi erinevates maailmajagudes ja maades tabelis 2 toodud kogustes.

Neist arvudest ilmneb äärmiselt suur ebahütlus mineraalväetiste kasutamises erinevates maades. Looduslike tegurite kõrval

TABEL 1

## Mineraalväetiste kasutamine maailmas

Aastad	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Kokku tegevainet	Suhe N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O
	miljonit tonni aastas				
1900	0,299	1,154	0,239	1,682	0,26 : 1,0 : 0,21
1959/60	—	—	—	—	0,96 : 1,0 : 0,85
1966/67	21,6	15,2	13,6	50,4	1,42 : 1,0 : 0,89
1970*	29,5	23,7	18,0	71,2	1,24 : 1,0 : 0,76

\* Loodetav tootmine.

TABEL 2

## Mineraalväetiste kasutamine erinevates maades

Maailmajaod või maad	Aasta	Anti tegevainet kg/ha			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	kokku
Aafrika	1965	2,68	1,57	0,71	4,96
Aasia	"	7,34	3,35	1,89	12,58
Lääne-Euroopa	"	48,42	45,26	44,73	138,41
Jaapan	"	120,00	81,66	100,00	301,66
Ameerika	"	"	"	"	"
Ühendriigid	"	24,32	16,75	14,53	55,60
Kanada	"	2,85	7,61	28,57	39,03
NSV Liit	"	7,60	5,43	4,78	17,81
India	"	3,70	1,23	0,31	5,24
Belgia	1966/67	96,0	90,0	109,0	295,0
Holland	"	150,0	43,0	55,0	248,0
Saksa FV	"	63,3	57,1	76,0	196,4
Taani	"	63,6	42,3	60,9	166,8
Soome	"	34,8	47,7	37,6	120,1
Rootsi	"	47,5	38,3	30,7	116,5

etendab tähtsat osa riikide majandusliku arengu tase. Pole kahtlust, et mineraalväetiste ulatuslikumaks kasutamiseks maailmas on veel väga suuri võimalusi.

### 1.3.2. MINERAALVÄETISTE TOOTMINE JA KASUTAMINE NSV LIIDUS

Tsaristlikul Venemaal kasutati mineraalväetisi väga vähe ja neistki veeti suurem osa sisse välismaalt. Suure Isamaasõja alguseks ulatus mineraalväetiste toodang Nõukogude Liidus juba üle kolme miljoni tonni aastas. 1950. aastal toodeti mineraalväetisi juba 5,5 ja 1960. aastal 13,9 miljonit tonni.

TABEL 3

Põhiliste põllukultuuride saagid ja mineraalväetiste keskmised normid  
Nõukogude Liidus 1967. a.

Kultuurid	Keskmine saak ts/ha	Tegevainet kg/ha			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	kokku
Puu vill (niisutatav)	24,4	196	99	19	314
Suhkrupeet	229,0	79	73	63	215
Lina (kiud)	3,3	43	32	58	133
Kartul	114,0	27	43	66	136
Mais (terad)	26,0	14	8	6	28
Teraviljad	12,1	9	5	4	18
Keskmiselt põllumaa kohta		14,2	11,7	9,8	35,7

Suure tõuke mineraalväetiste tootmise laiendamiseks andis NLKP Keskkomitee 1963. aasta detsembripleenum, kus võeti vastu grandioosne programm antud küsimuses. Siitpeale hakkas mineraalväetiste tootmine arenema kiires tempos. 1965. aastal ulatus toodang 31,3 miljoni tonnini, 1967. aastal toodeti 40,1, 1969. aastal 46,0 ja 1970. aastal 55,4 miljonit tonni mineraalväetisi. Põllumajandus sai 1970. aastal 46 miljonit tonni mineraalväetisi ja söödafosfaate.

Viimastel aastakümnetel on suuresti kasvanud lämmastikväetiste osa mineraalväetiste üldhulgas. Põllumajandusele eraldatud mineraalväetiste koguses on suhe N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O olnud järgmine: 1950-ndal 0,58:1:0,63, 1960-ndal 0,71:1:0,71, 1965-ndal 1,08:1:0,89 ja 1967-ndal aastal 1,23:1:0,85.

Vaatamata sellele et Nõukogude Liit on mineraalväetiste tootmise poolest teisel kohal maailmas, ei jätku neid ikkagi veel, sest väetamist vajav pind on väga suur. Esmajärjekorras rahuldatakse tehniliste kultuuride vajadused, teraviljale ja heintaimedele on aga väetisi jätkunud kaunis napilt (tabel 3).

Planeeritud mineraalväetiste toodangu kasv võimaldab edaspidi täielikumalt rahuldada kõikide kultuuride vajadusi. Kui kaheksanda viisaastaku plaan nägi ette toota 1970. aastal 62...65 miljonit tonni mineraalväetisi, siis 1975. aastaks kavatakse nende toodang viia 90 miljoni tonnini. 1975. aastal saab Nõukogude Liidu põllumajandus plaani kohaselt 72 miljonit tonni mineraalväetisi.

Toodangu laiendamise kõrval parandatakse ka mineraalväetiste kvaliteeti. Järjest suureneb kontsentreeritud (kõrge tegevainesisaldusega) ja mitmekülgsete mineraalväetiste tootmine.

### 1.3.3. MINERAALVÄETISTE TOOTMINE JA KASUTAMINE EESTIS

Mineraalväetiste tootmine Eestis algas 1922. aastal fosforiidijahu valmistamisega. Käesoleval ajal toodetakse fosforväetisi Maardu Keemiakombinaadis, kus peale fosforiidijahu valmistatakse 1956. aastast alates ka pulbrilist lihtsuperfosfaati. Samas lasti 1971. aastal käiku granuleeritud superfosfaadi tootmise tsehh.

1950. aastal toodeti Eesti NSV-s ainult 77 900 tonni fosforiidijahu. Kümme aastat hiljem toodeti mineraalväetisi juba 464 600 tonni, sealhulgas superfosfaati 253 000 ja fosforiidijahu 211 600 tonni. 1968. aastal toodeti vabariigis 889 900 tonni mineraalväetisi: 527 900 tonni superfosfaati ja 362 000 tonni fosforiidijahu.

1969. aastal alustas Kohtla-Järvel tööd lämmastikväetiste tehas. Siit saab meie põllumajandus ka ammoniaakvett.

1969. aastal ületas mineraalväetiste toodang Eesti NSV-s juba miljoni tonni piiri (1 033 100 t). 1970. aastal toodeti Eesti NSV-s 1,325 miljonit tonni mineraalväetisi.

Mineraalväetiste kasutamise tasemest Eesti NSV-s annab ülevaate tabel 4. Sellest selgub, et iga kümne aasta jooksul on mineraalväetiste kogused umbes kahekordistunud.

Eri väetiselikidest paistab silma lämmastikväetiste koguse järsk suurenemine 1960-ndatel aastatel: 1969. aastal saadi neid 5,4 korda rohkem kui 1960. aastal. Lämmastikväetiste ulatuslikum

TABEL 4

#### Vabariigi põllumajanduse varustamine mineraalväetistega

Väetised	1939	1950	1960	1965	1967	1969
<b>Tingväetisi tuhandetes tonnides</b>						
Kokku	82,5	150,5	300,5	469,0	492,7	577,7
sellest						
lämmastikväetised	7,2	20,9	47,4	130,2	152,0	255,5
lahustuvad fosforväetised	50,5	73,8	113,6	126,6	118,8	123,3
fosforiidijahu	15,0	12,0	64,8	101,2	83,2	78,8
kaaliumväetised	9,8	43,8	74,1	108,7	136,4	118,9
<b>Tegevainet kg 1 ha põllumaale</b>						
Lämmastikväetised	1	5	11	32	42	64
Lahustuvad fosforväetised	9	16	25	28	30	28
Fosforiidijahu	3	2	15	23	21	19
Kaaliumväetised	4	21	36	53	76	61
Kokku	17	44	87	136	169	172

kasutamine on kahtlemata üks olulisemaid tegureid selles, et põllukultuuride saigid järsult tõusid.

Kahjuks ei ole viimasel ajal suurenenud fosforväetiste saamine. Ka annab end tunda liiga suur fosforiidijahu osatähtsus, mis kõigub 40% ümber  $P_2O_5$  üldkogusest.

Vabariigis kasutatud mineraalväetiste tegevainete suhe on viimasel aastakümnel põhjalikult muutunud: N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$  oli 1960. aastal 0,29 : 1 : 0,92, 1965. aastal 0,62 : 1 : 1,05, 1967. aastal 0,82 : 1 : 1,49 ja 1969. aastal juba 1,38 : 1 : 1,30.

Võrreldes üleliidulise keskmisega, on meie vabariik mineraalväetistega umbes 4 korda paremini varustatud. Meie looduslikud tingimused võimaldavad väetisi efektiivselt kasutada.

### Kordamisküsimusi

1. Millega tegeleb agrokeemia?
2. Millal ja kuidas kujunes agrokeemiateadus?
3. Kes on nõukogude agrokeemia rajaja?
4. Millistes asutustes NSV Liidus tehakse agrokeemia-alast uurimistööd?
5. Milliseid agrokeemia-alaseid uurimisi tehakse Eesti NSV-s?
6. Nimetage tuntumaid eesti agrokeemikuid. Kas te teate nende tähtsamaid teeneid?
7. Selgitage väetiste tegevaine mõistet. Milleks on seda vaja?
8. Kui suur on tingväetiste tegevainesisaldus?
9. Mitu protsenti on kaaliumoksiidis kaaliumi? (K %  $K_2O$ -s?)
10. Mida väljendab suhe N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$ ? Kuidas on see suhe maailma mineraalväetiste toodangus muutunud ja milline on praegusel ajal selle ligikaudne suurus?
11. Iseloomustage Nõukogude Liidu osa mineraalväetiste tootmisel maailmas.
12. Millistes riikides antakse mineraalväetisi pinnaühikule kõige rohkem?
13. Kuidas areneb mineraalväetiste tootmine ja kasutamine Nõukogude Liidus?
14. Nimetage tähtsamaid NLKP ja Nõukogude Liidu valitsuse otsuseid, milles käsitletakse mineraalväetiste tootmist. Milliseid ülesandeid neis antakse?
15. Milliseid mineraalväetisi toodetakse Eesti NSV-s?
16. Iseloomustage mineraalväetiste kasutamise taset Eesti NSV-s.

## 2. TAIMEDE TOITUMISE ALUSED

### 2.1. TAIMETOITEELEMENTIDE JAGUNEMINE

Rohked orgaanilised ühendid, mis taimede koostises esinevad, on moodustunud veest, süsihappegaasist ja mineraalsooladest, mis sisaldavad lämmastikku, fosforit, kaaliumi, kaltsiumi, magneesiumi, rauda, väävlit ja teisi elemente.

Kaasajal tuntakse juba 104 keemilist elementi, millest 92 on nn. uraanieelsed, alates vesinikust kuni uraanini, viimane kaasa arvatud, ja 12 transuraansed (uraanijärgsed) elemendid. Viimased on saadud ainult tehnikult ja ei kuulu seetõttu taimede koostisse looduslikes tingimustes. 92-st uraanieelsest elemendist on seni taimedes avastatud üle 70. On tõenäoline, et ka ülejäänud elemendid, kuigi üliväikestes hulkades, võivad kuuluda taimede koostisse. Viimaseid pole taimedes leitud, vahest seepärast, et neid on taimedes äärmiselt vähe ja seni kasutatavad uurimismeetodid pole veel piisavalt täpsed nende avastamiseks.

Taimedes esinevaid elemente jagatakse eraldumisviiside järgi: 1) lenduvad elemendid ja 2) tuhaelemendid, ning sisalduse järgi: 1) makroelemendid, 2) mikroelemendid ja 3) ultramikroelemendid.

Taimede põletamisel süsinik, vesinik, hapnik, väävel ja lämmastik lenduvad kas täielikult või suurelt osalt süsihappegaasina, veeauruna või muude ühenditena. Need on lenduvad elemendid. Kõik teised taimede koostisse kuuluvad elemendid muutuvad põletamisel peamiselt mitmesugusteks oksiidideks —  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$  jne. — ja jäävad tuha koostisse. Neid elemente nimetataksegi tuhaelementideks.

Lämmastik, hapnik, vesinik, süsinik, väävel, fosfor, kaalium, kaltsium, magneesium ja raud esinevad taimede koostises suhteliselt suuremates hulkades (mitukümmend kuni mõni kümnendik protsenti kuivainest) ja neid nimetatakse seetõttu makroelementideks.

Boor, mangaan, vask, tsink, koobalt, molübdeen ja mõned teised elemendid kuuluvad taimede koostisesse märksa väiksemais hulkades ( $10^{-3} \dots 10^{-5}\%$ ). Selliseid elemente nimetatakse mikroelementideks.

Paljud elemendid (strontsium, kaadmium, tseesium, rubiidium jne.) esinevad taimedes üliväikestes hulkades ( $10^{-6} \dots 10^{-12}\%$ ), mistõttu neid nimetatakse ultramikroelementideks.

## 2.2. PÖLLUMAJANDUSLIKE TAIMEDE KEEMILINE KOOSTIS

Loomade ja taimede koed koosnevad veest ja kuivainest, milles on orgaanilisi ja mineraalseid ühendeid. Enamik taime organeid ja kudesid sisaldab vett suhteliselt rohkesti (ligikaudu 80...95%), kuivainet aga palju vähem (5...20%). Valmivais seemneis väheneb veesisaldus ja suureneb kuivainesisaldus (keskmiselt 85...90%). Eri taimeliikide kuivainesisalduses on suuri erinevusi (tabel 5).

Kõrgete saakide kasvatamisel on vaja pinnaühikult saada võimalikult rohkem kuivainet. Taimed moodustavad oma kuivaine õhust omastatud süsihappegaasi ja mullast omastatud vee ning mineraalainete arvel.

Põllumajanduslike taimede kuivaines on keskmiselt 45% süsinikku, 42% hapnikku, 6,5% vesinikku, 1,5% lämmastikku ning 5% teisi taimede koostisse kuuluvaid elemente. Taimede kuivaine koosneb orgaanilistest (80...95%) ja mineraalsetest ühenditest (5...20%). Kuivaine koostisse kuuluvad tähtsamate orgaaniliste ühenditena valgud, nukleiinhapped, vitamiinid, suhkrud, tärklis, kiudaine, rasvad, eeterlikud õlid jne.

Erinevates taimedes ja nende osades on kõigi elementide sisaldus suuresti muutuv. Lämmastiku ja tuhaelementide sisaldus on

TABEL 5

Mõningate taimede vee- ja kuivainesisaldus (%-des)

Taimeosad	Vesi	Kuivaine
Tomati ja kurgi viljad	94...96	4...6
Kapsas, redis (toiduks kasutatav osa)	90...93	7...10
Porgandi ja söögipeedi juurikad	86...91	9...14
Viki haljasmass, paljude põllukultuuride lehed	80...85	15...20
Kartuli mugulad, suhkrupeedi juurikad	75...80	20...25
Toiduteraviljade terad	12...15	85...88
Lina ja päevalille seemned	7...10	90...93

TABEL 6

Kultuuride keemiline koostis (%-des)

Kultuur		N	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	Tuhasaldus
Talirukis	terad	1,60	0,60	0,85	0,09	0,12	1,83
	põhk	0,45	1,00	0,26	0,29	0,09	3,93
Suvinisu	terad	2,05	0,60	0,85	0,05	0,22	2,32
	põhk	0,56	0,75	0,20	0,26	0,09	3,48
Oder	terad	1,50	0,55	0,85	0,10	0,16	2,55
	põhk	0,50	1,00	0,20	0,33	0,09	4,49
Hernes	terad	3,65	1,25	1,00	0,09	0,13	2,63
	põhk	1,40	0,50	0,35	1,82	0,27	3,91
Lina	seemned	4,00	1,00	1,35	0,26	0,47	3,27
	varred	0,62	0,97	0,42	0,69	0,20	3,03
Suhkrupeet	juurikad	0,20	0,25	0,08	0,06	0,05	0,57
	pealsed	0,30	0,50	0,10	0,17	0,11	1,42
Söödapeet	juurikad	0,19	0,42	0,07	0,03	0,04	0,86
	pealsed	0,30	0,25	0,08	0,16	0,14	1,51
Kaalikas	juurikad	0,21	0,35	0,11	0,04	0,03	0,70
	pealsed	0,34	0,42	0,20	0,65	0,08	2,02
Kartul	mugulad	0,32	0,60	0,14	0,03	0,06	0,97
	pealsed	0,30	0,85	0,16	0,80	0,21	2,49
Lutsern, hein	(õitsemise algul)	2,60	1,50	0,65	2,52	0,31	6,29
Punane ristik, hein		1,97	1,50	0,56	2,35	0,76	5,38
Timut, hein		1,55	2,04	0,70	0,49	0,20	5,91

taimede vegetatiivelundites väga suurtes piirides kõikuv, generatiivelundite koostis aga on võrdlemisi püsiv. Generatiivelundite koostis ei allu välistingimuste kõikumistele nii kergesti kui vegetatiivelundite koostis.

Tabelis 6 on esitatud mõnede kultuuride tähtsamate toitainete sisaldus protsentides õhukuivas aines, välja arvatud juur- ja mugulviljad, mille koostis on antud protsentides toorainest. Tabelis esitatud arvud on orienteerivad keskmised, millest esineb kõrvalekaldumisi, sest taimede keemiline koostis pole kuigi püsiv omadus.

Koos saagi tõusuga suureneb tavaliselt toitainete sisaldus taimedes.

Toitainete üldise sisalduse kõrval taimedes on oluline ka nende omastamise ja paiknemise dünaamika. Nende sisenemine taime ei toimu ühtlaselt kogu kasvuperioodi vältel, vaid esineb eriti intensiivseid omastamisperioode. Toitainete maksimaalse omastamise periood langeb enamikul kultuurtaimedel ühte kasvuperioodi keskel toimuva orgaanilise aine kõige intensiivsema sünteesi perioodiga. Ainult üksikutel lühikesel kasvuperioodiga taimedel, nagu hernes ja varane kartul, toimub toitainete omasta-

mine enam-vähem ühtlase intensiivsusega kogu kasvuperioodi jooksul. Toitainete omastamise kestus kõigub erinevatel kultuuridel väga suurtes piirides. Kuigi näiteks rukis ja oder omastavad peaaegu ühepalju toitaineid, peab oder neid omastama peamiselt kahe kuu jooksul, rukkil on selleks aega viis kuni kuus kuud.

Taimede individuaalses arenemises on kõige tähtsam nooriga. See on taimekasvu kriitiline periood, mille kestel omastatakse toitaineid veel võrdlemisi vähe, kuid toitainete omastamise tempo ruttab ette kuivaine sünteesi tempost. Seetõttu on noore taime kuivaines toitainete protsent kõrgem kui täiskasvanud taime kuivaines. Noores kasvueas on taimed väga tundlikud toitainete puuduse suhtes. Algul kiratsema jäänud taimi ei saa oluliselt enam hilisema väetamisega parandada. Siit järeldeb vajadus tagada taimedele küllaldaselt toitaineid tingimata juba kasvu alguses.

### 2.3. TOITEELEMENTIDE OSA TAIME ELUS

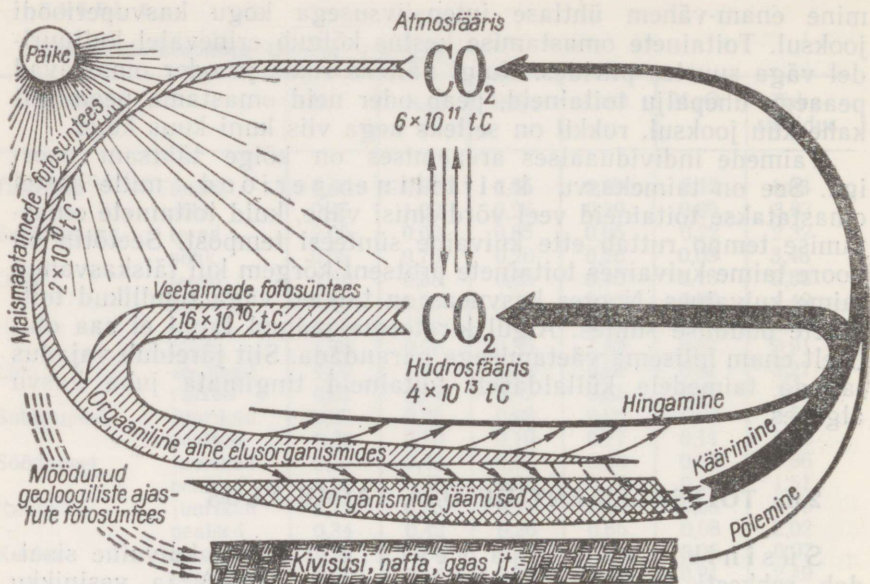
Süsinik, hapnik ja vesinik. Taimede kuivaine sisaldab rohkesti süsinikku (45%), hapnikku (42%) ja vesinikku (6,5%). Põhilise osa süsinikust omastavad taimed õhust süsihappegaasina. Viimast on Maa atmosfääris väga palju (joonis 1).

Vaatamata sellele et süsiniku üldhulk õhus on väga suur (umbes  $6 \cdot 10^{11}$  tonni), moodustab süsihappegaas ainult 0,03% õhu mahust. Ühe hektari kohal on 1 meetri tõeseduses maalähedases õhukihis ainult 5...6 kg CO<sub>2</sub>. Ühel hektaril kasvavad teravilja-kultuurid neelavad aga suvisel päeval 80...100 kg ning juur- ja mugulviljad koguni 200...300 kg CO<sub>2</sub>. Seetõttu peab õhk pidevalt segunema, et toimuks süsihappegaasi juurdevool maalähedasse õhukihti, kus asuvad rohelised lehed. Vastasel juhul fotosüntees nõrgeneb või hoopiski lakkab. Lehtede poolt õhust neelatud süsihappegaasi hulk asendub regulaarselt seetõttu, et CO<sub>2</sub> on õhust raskem ja langeb pidevalt allapoole, samuti toimub see õhu liikumisel tuule ning vihmaga. Peale selle eraldub süsihappegaasi taimede hingamisel, samuti mikrobioloogilistel protsessidel.

Atmosfääri rikastumine süsihappegaasiga toimub ka söe, nafta, gaasi, puu ja muu kütuse põletamisel.

Atmosfääri CO<sub>2</sub>-sisalduse põhiliseks reguleerijaks on hüdro-sfäär (vesikond) — ookeanide, merede, jõgede ja järvede vesi. Hüdro-sfääris on süsihappegaasi ligi sada korda rohkem kui atmosfääris. See suurus pole aga püsiv. Suvel soojas vees väheneb CO<sub>2</sub> lahustuvus ning osa sellest haihtub. Talvel on vastupidi — jahtumisel lahustub vees uuesti osa atmosfääris olevast süsihappegaasist.

Taimed reageerivad hästi ümbritseva õhu süsihappegaasi kontsentratsiooni suurenemisele: hoogustub fotosüntees ja suureneb



Joonis 1. Süsiniku kogus looduses ja iga-aastase fotosünteesi ligikaudsed maastaabid Maal. (Nitšiporovitši järgi.)

saak. Maapealsete roheliste taimede poolt kasutatakse igal aastal ligikaudu  $2 \cdot 10^{10}$  tonni süsinikku, mis moodustab umbes  $\frac{1}{30}$  atmosfääri süsiniku hulgast. Täheandab, kui õhu  $CO_2$  hulgad ei taastuks, häviksid juba mõnekümne aasta vältel taimed süsihappegaasi otsalõppemise tõttu.

Vesinikku orgaaniliste ainete sünteesiks ning hapnikku hingamiseks võtavad taimed veest. Selleks kulub vett vähe ja selle puudust pole taimedel karta. Vahel pole mullaõhus hapnikku piisavalt, põhjustades taimede juurtoitumise halvemise, aeroobse mikrofloora elutegevuse allasurumise või isegi kogu juurtestiku hävinemise. Juurte hingamiseks kulub hapnikku vähe — ööpäevas ligikaudu üks tuhandendik osa nende kuivaine kaalust. Kuid siiski võib teatud tingimustel mullas olla juurte hingamine raskendatud, näiteks soostunud muldades, kus vesi on õhu välja tõrjunud, samuti rasketes muldades, kui mulla pealispind on koorikuks kuivanud. Juurviljapõldudel on mulla pealmise kihiga kobestamine vajalik mulla õhustuse soodustamiseks. Sama eesmärki taotleavad korralik künd ja muud külvielised ja külvi-järgsed mullaharimisvõtted ka kõigi teiste kultuurtaimede kasvatamisel.

**L ä m m a s t i k.** Taimedes esineb lämmastik aminohapete ja valkude koostises. Taimseis valkudes on keskmiselt 16% lämmastikku. Lämmastikku esineb ka nukleiinhapetes, mis on organismi pärilike tunnuste kandjad. Veel kuulub lämmastik klorofüllil, lipoidide, fermentide ja paljude teiste taimes moodustuvate orgaaniliste ühendite koostisse. Kõige rohkem leidub lämmastikku seemneis, märksa vähem aga vegetatiivorganeis. Valminud seemneis on umbes 90% lämmastikust valkude koostises ja ainult umbes 10% muudes lämmastikku sisaldavates ainetes.

Vegetatiivseist organeist on lämmastikurikkamad noored lehed.

Lämmastikuga normaalselt varustatud kultuurid kasvavad kiiresti, nende lehed on tumerohelised ning lopsakad. Lämmastikuga puudulikult varustatud taimede kasv on aga pidurdatud, lehed on helerohelised ning tavaliselt väikesed ja saak on vähene.

Taimede lämmastiktoidu allikaiks on peamiselt ammooniumiühendid ja nitraadid.

Taimede lämmastiktoitumise teooria töötas välja akadeemik Prjanišnikov oma koolkonnaga. Ta tõestas, et ammoonium- ( $\text{NH}_4^+$ ) ja nitraat- ( $\text{NO}_3^-$ ) ionid on taimedele samaväärsed lämmastikuallikad, kui taimedele on loodud soodsad tingimused neid omastada ja kasutada. Taimede algarenguperioodil on ammooniumisoolad üldiselt vähem sobivad kui hiljem. Erandiks on kartul. Ammooniumlämmastiku omastamist soodustavad välistingimused on mulla neutraalne reaktsioon ja kaalium-, kaltsium- ning magneesiumioonide rohkus mullas.

Teisiti on lugu taimede toitumisel nitraatlämmastikuga. Seda lämmastikuvormi ei saa taimed vahetult kasutada sünteesiprotsessides, vaid enne peab see taimedes taanduma ammooniumlämmastikuks. See toimub vastavate fermentide kaasabil ning vajab rohkesti energiat.

**F o s f o r** kuulub taimes paljude ainete koostisse, nagu näiteks nukleoproteiidid, mis on rakutuumade keerulise ehitusega valgud. Samuti leidub teda nukleiinhapetes, lipoidides, fütiinis jne. Vaatamata laialdasele levikule taimedes, on fosforit hulgaliselt siiski vähem kui lämmastikku.

Fosfori mõju taimede elutegevusele on mitmekülgne. Erinevalt lämmastikust kiirendab fosfor taimede arengut.

Taimejuured omastavad fosforit ortofosforhappe mitmesugustest sooladest. Neist ühevalentsete kationide ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) soolad on vees hästi lahustuvad ning taimede poolt kergesti omastatavad. Fosfaatioonid aga neelduvad mullas kiiresti nii keemiliselt (vees lahustumata soolade moodustumine) kui ka asenduvalt. Viimasel juhul neelatakse neid mulla kolloidide poolt, kusjuures lahusesse läheb ekvivalentne hulk teisi anioone.

Vees lahustuvaid fosforiühendeid on mullas tavaliselt vähe (enamasti alla 1 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  1 kg mullas). Sellise  $\text{P}_2\text{O}_5$ -sisalduse korral on ühe hektari 20 sentimeetri tuseduses künnikihis vaid

umbes 3 kg  $P_2O_5$ . Keskmiste saakidega eemaldatakse aga hektarilt umbes 20...30 kg  $P_2O_5$ . Järelikult ainult vees lahustuvaist fosfaatidest taimedele ei piisa.

On selgunud, et taimed saavad kasutada nõrkades hapetes lahustuvaid fosfaate. Ka taimejuured eritavad süsihapet ja mitmeid orgaanilisi happeid. Need muudavad osa vees mittelahustuvaid mulla fosfaate taimedele omastatavaks. Veelgi tugevamaid happeid tekib mullas mikroorganismide elutegevuse tõttu. Süsihappe ja orgaaniliste hapete kõrval moodustub mõningatel spetsiifilistel mikrobioloogilistel protsessidel ka lämmastikhapet, väävelhapet ja teisi tugevatoimelisi happeid.

Nõrkades hapetes ja tugevate hapete lahjades lahustes lahustuvad juba kahevalentsete katioonide vesinikfosfaadid ja muutuvad taimedele omastatavaks. Kahevalentsete katioonide vees lahustumatud lihtfosfaadid lahustuvad nõrkades hapetes väga vähe ja seetõttu pole nad enamikule põllumajandustaimedele fosforiallikaks. Erandi moodustavad lupiin, sinep, hernes, mesikas ja tatar, mis omastavad fosforit ka fosforiidist ja teistest raskesti lahustuvatest fosfaatidest. Nimetatud kultuuride suurt fosfori omastamise võimet seletatakse juurte intensiivsema hapete eraldamisega ja rohke kaltsiumiomastavusega.

Välised fosforipuuduse tunnused taimedel on vähem ilmekad kui lämmastikupuuduse tunnused. Fosforipuudusel muutuvad lehed enamasti tumeroheliseks, olles violetja varjundiga, sageli kitsenevad, leheservad painduvad üles. Taimede kasv pidurdub, valmimine aeglustub. Üliküllusel kasutatakse fosforit puudulikult, ta kuhjub taimesse mineraalses vormis, taimed valmivad enneaegselt ega moodusta kõrget saaki.

Kaaliumi peamine hulk taimedes esineb mitmesuguste orgaaniliste hapete sooladena rakumahlas. Sellistes ühendites sisalduv kaalium on väga liikuv ning väljaleostatav isegi veega. Kaalium rändab taime vanematest lehtedest kergesti noorematesse, s. o. ta reutiliseerub. Väike hulk kaaliumi on ka taime protoplasmas asenduvalt neeldunud olekus.

Kaalium soodustab suhkrute liikumist lehtedest teistesse taimeorganeisse ja valkude sünteesi, seda eriti taime toitumisel ammoooniumlämmastikuga. Kaalium tõstab ka taimede külmakindlust, sest suhkrute suurem hulk rakumahlas alandab selle külmumistemperatuuri. Samuti muudab kaalium kõrre tugevamaks ja vähendab lamandumisohtu. Kaaliumiga hästi varustatud taime rakkude ja kudede protoplasma hoiab tugevamini kinni vett ning selliste taimede lehed ei närbu kergesti põua ajal.

Kaaliumipuudus põhjustab seemnete idanevuse langust ning taimede haigestumist seen- ja bakterhaigustesse, samuti külvide lamandumist.

Taim omastab mullast vees lahustuvaid kaaliumisooli, osalt ka nõrkades hapetes lahustuvaid kaaliumiühendeid. Kuid kõigile

kultuuridele on siiski peamiseks kaaliumiallikaks mullakolloidides asenduvalt neeldunud kaaliumioonid. Neid asendavad hõlpsasti teised katioonid ja kaaliumioonid lähevad mullalahusesse. Mulla kaaliumi üldvarudest on asendatavat kaaliumi keskmiselt ainult 0,8...1,5%. Selle hulk aga muutub: väheneb suve lõpuks taimede poolt omastamise tõttu, taastub osalt aga sügisel ja kevadel.

Taimede kaaliumipuudust iseloomustab lehtede enneaegne koltumine (alates servadest), pruunistumine ja varisemine. Kartulilehed muutuvad kohati pronksjaks. Valmivail tomateil tekivad roostetäpid.

Kõige rohkem vajavad kaaliumi juur- ja mugulviljad, lehtköögiviljad ja liblikõielised taimed.

**K a l t s i u m.** Taimedes on kaltsiumi ligikaudu 0,2...3% piires. Tema ülesanne taimedes on tihedas seoses fotosünteesiga. Kuigi kaltsium ei kuulu klorofüllü koostisse, on rohelistes taimed alati kaltsiumirikamad. Ta kuhjub vananevatesse taimeosadesse ja ei reutiliseeru. Kaltsium etendab tähtsat osa süsivesikute liikumises, tugevdab ainevahetust, reguleerib hapete-aluste tasakaalu taimes ja vee kasutamist.

Kaltsiumi leidub taimes pektiinhappe-, väävelhappe-, süsihappe-, fosforhappe- ning oblikhappesooladena. Suur osa kaltsiumi taimes (20...65%) on vees lahustuv, ülejäänud osa aga lahustub nõrkades hapetes. Taimede juurestik neelab kaltsiumioone ümbritsevast mullalahusest.

Kaltsium etendab tähtsat osa toitekeskkonna reguleerijana, olles antagonistiks kaaliumile, naatriumile, ammooniumile, magneesiumile, rauale ja alumiiniumile, eriti aga vesinikule.

Kaltsiumipuudus nõrgendab eelkõige juurestiku arenemist: lakkab juurekarvakeste teke, juured limastuvad ja hävivad. Lakkab ka kõrte ja varte kasv; tomati ülemised lehed kolletavad (meenutame, et N, P ja K puudusel algas lehtede värvimuutus alumistest lehtedest). Suhkrupeedil hakkavad lehtede servad mustendama.

Tootmingimustes kannatavad taimed kaltsiumipuudust väga harva: vaid tugevasti happelistel saviliiv- ja liivmuldadel, kus tugev happesus pidurdab kaltsiumi omastamist juurte poolt. Kaltsiumi on vähe ka siirdesoo- ja rabamuldades.

Loomasöödaks kasutatav kaltsiumivaene taimne materjal pidurdab loomade kasvu ja vähendab produktiivsust.

Kultuuride kaltsiuminõudlus on üsna erinev. Väikese nõudlusega on lina ja suhkrupeet, rohkem vajavad kaltsiumi tatar, kanep, kartul ja liblikõielised kultuurid, suure kaltsiuminõudlusega on kapsas.

**M a g n e e s i u m.** Magneesiumi leidub taimedes 0,2...0,8% piires. Kuulub mitmete taimes moodustuvate orgaaniliste ainete koostisse, millest tähtsaim on klorofüll. Magneesiumipuudusel

lehed algul kolletavad, siis pruunistuvad ja lõpuks hävivad. Need tunnused ilmnevad eelkõige vanadel lehtedel; kapsalehed muutuvad peaaegu valgeks.

Erinevalt kaltsiumist leidub magneesiumi rohkesti seemneis. Erandi moodustavad aga juur- ja mugulviljad ning enamik liblikõielisi ja tatar, millel magneesium esineb peamiselt lehtedes.

Magneesiumipuudust esineb eelkõige happelistel liiv- ja savi-liivmuldadel.

**V ä ä v e l.** Taimedes on väävlit ligikaudu 0,1...0,8% piires. See kuulub valkude, mitmete taimeraskvade ja vitamiinide koostisse. Osa väävlit leidub taimedes ka sulfaatidena. Suurema väävlisisaldusega on ristõielised ja liblikõielised kultuurid. Seemneis on vähem väävlit kui põhus.

Väävlipuudusel on valkude süntees raskendatud. Seetõttu on taim näribunud välimusega ning tema areng seiskub. Väävel on vajalik ka klorofüllil sünteesil, sest terav väävlipuudus muudab taime lehed heleroheliseks või valkjaks. Väävlipuuduse välistunnused ilmnevad esmajärjekorras taime noortel lehtedel. Väävel suurendab juuremügarate arvu lutsernil ja ristikul. Väävlipuudus ilmnebki kõige sagedamini liblikõielistel.

Sagedamini esineb väävlipuudus saviliiv- ja liivmuldades, sest need mullad on vaesed huumuse poolest, mille koostises peituvad mulla peamised väävliivarud. Omastatav väävel on mullas suurelt jaolt kipsi koostises. Varem kasutatigi hea eduga kipsi näiteks ristiku väetamiseks, kuid kaasajal jääb kipsi efekt teiste väävli sisaldavate mineraalväetiste kasutamise tõttu väikeseks.

**R a u d.** Kuigi raud ei kuulu klorofüllil koostisse, on ta selle moodustamisel katalüsaatorina tingimata vajalik. Raud on tähtis ka taimes toimuvate redoksprotsesside reguleerijana. Rauapuudusel lagunevad taimes moodustunud kasvuained (auksiinid) ja lehed muutuvad heleroheliseks. Raud ei liigu vanematest lehtedest noorematesse — ei reutiliseeru.

Rauasisaldus on taimedes väike (mõni sajandik protsenti), kuid muldades leidub teda mõne protsendi piires. Seetõttu ilmneb taimedel rauapuuduse tunnuseid väga harva, peamiselt huumusvaestel lubjarikastel muldadel. Seevastu happelistel muldadel võivad taimed kannatada isegi raua liia all. Happelistel muldadel saab liikuvat rauda kõrvaldada lupjamisega.

Rauapuudusel tuleb taimi pritsida lahjade, kuni 0,003% rauda sisaldavate soolade lahustega.

**R ä n i** leidub enamikus taimeorganeis, osas sajandik protsenti, osas aga mitu protsenti. Räni soodustab taimedes fosfori kasutamist. Muld sisaldab räni palju rohkem kui teisi elemente, seetõttu on teda taimedele tavaliselt külluses saada.

**N a a t r i u m** i esineb taimedes erinevais hulkades (mõni kümnendik kuni mitu %). Naatrium on kasulik peetidele ja mõnele

teistele kultuuridele, asendades kaaliumi vanades lehtedes ja soodustades seega kaaliumi reutiliseerimist. Seetõttu on peetidele soovitatav anda kaaliumväetisi, mis sisaldavad naatriumi.

**Kloor.** Enamikus taimeosades on kloori mõni sajandik kuni kümnendik protsenti, mõnes (päevalille varred, tubaka lehed) aga isegi üle 1%.

Kloriidioonid soodustavad katioonide omastamist, kuid pidurdavad anioonide, eriti fosfaatioonide omastamist. Kloori liig pidurdab taime kasvu ning arengut ja põhjustab isegi taime hävimist. Eriti tundlikud on kloori suhtes tatar, kartul ja tubakas. Küllaltki tundlikud on ka hernes ja ristik. Järelikult tuleb hoiduda neile kultuuridele väetistega suurte kloorikoguste andmisest.

Teraviljad, lina, kanep, köögiviljad ja rohttaimed on kloori suhtes vastupidavamad ja peedid ning päevalill kasvavad koguni paremini, kui väetistega manustatakse mulda kloori.

Mullas on kloriidioonid suure liikuvusega ja kergesti sealt väljauhutavad.

**Mikroelemendid.** Tähtsamad mikroelemendid on vask (Cu), tsink (Zn), boor (B), mangaan (Mn), koobalt (Co), molübdeen (Mo) ja jood (I). Kõik biokeemilised protsessid ainete sünteesil või lõhustumisel toimuvad fermentide osavõtul. Mikroelementide osa organismis seisneb fermentide aktiivsuse suurendamises. Sellega etendavad mikroelemendid organismi elutegevuses tähtsat osa.

Mikroelementide seos fermentidega võib olla püsiv (stabiilne) või ebapüsiv (labiilne). Püsiva seose korral asub mikroelement fermendi molekuli struktuuris (näiteks Co vitamiini B<sub>12</sub>, Cu polüfenooloksüdaasi koostises jne.), omades seega suurt spetsiifilisust. Selline mikroelement ei astu asendusreaktsiooni. Labiilses seoses on mikroelemendid siis, kui nad täidavad sideülesandeid fermentide ja substraadi vahel. Sel juhul võivad kahevalentsed metallid Mn<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> ja Fe<sup>2+</sup> astuda omavahel vahetusreaktsiooni. Täites sama ülesannet, võivad nad üksteist asendada. Labiilses seoses on mikroelemendid fotosünteesis, süsivesikute ainevahetuses ja teistes protsessides.

Mikroelemendid avaldavad mõju redoksprotsessidele, neid kas aktiveerides (Mn, Zn, Cu, Mo) või pidurdades (B). Mitmed mikroelemendid (Mn, Cu, B, Mo) intensiivistavad fotosünteesi: stimuleerivad klorofüllil teket, soodustavad süsivesikute sünteesi ja kogunemist puuviljadesse ning marjadesse. Mikroelemendid Mn, Mo, Zn, Co aktiveerivad valgu ainevahetuse fermente. Mn ja Mo võtavad osa nitraatide redutseerimisest ja aminohapete sünteesist. Boor avaldab positiivset mõju nukleiinhapete sünteesile. B, Mo, Cu ja Mn kiirendavad taime arengut, mis omab suurt tähtsust eriti Kaug-Põhjas põllu- ja aiakultuuride viljelemisel. Mikroelemendid tugevdavad taimi ebasoodsate välistingimuste

vastu, nagu põud, halb talvitumine, liiga madalad või liiga kõrged temperatuurid jne. Mikroelemendid teevad taimi vastupidavamaks ka mõnele seen- ja bakterhaigustele.

## 2.4. TOITAINETE SISENEMINE TAIMESSE JUURTE KAUDU

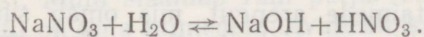
Taimede üldisest kuivaine massist langeb juurte arvele üsna suur osa. Näiteks leetunud liivsavimullal moodustab juurte kaal taimede maapealsete osade kaalust kaeral ligemale 28% ja punasel ristikul kuni 70%. Juurestiku arenemise käigule avaldab suurt mõju toitainete paiknemine mullas.

Juurestiku tegevpinnd on tohutult suur juurekarvakeste tõttu. Need moodustuvad 0,1...3 mm kaugusel noorte kasvavate juurte otstest. Näiteks leiti 1 mm<sup>2</sup> suurusel juurepinnal, kus moodustusid juurekarvad, maisil üle 420 ja hernel üle 230 juurekarva, seega suurenes neis kohtades juurestiku pind maisil 5,5 korda ja hernel ligi 12,5 korda. Juurekarvade iga on umbes üks ööpäev. Kohal, kus nad moodustusid, uusi enam ei teki. Taimede kogu eluea jooksul toimub juurestiku ja mulla vahel pidev ainevahetus, mille intensiivsus on tihedas seoses taimede toimivate füsioloogiliste protsessidega.

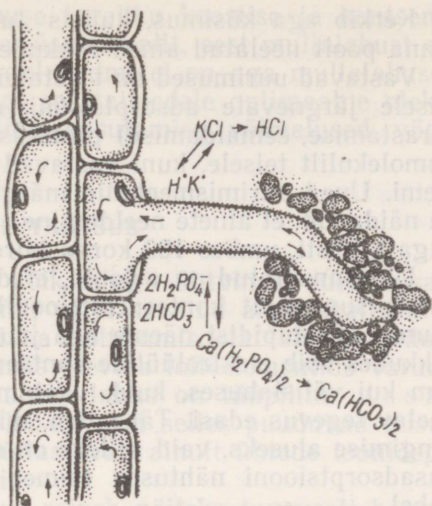
Taimefüsioloogias ja agrokeemias valitses kaua arvamus, et taimede transpiratsioonil väljaaurava vee hulk ja mullast neelata- vate soolade hulk on otseses proportsionaalses seoses. Kaasajal ei ole see oletus kõrgemate taimede juurtoitumise seletamiseks enam piisav. Rohkete väetuskatsetega on tõestatud, et mitmesuguste soolade taimedesse sisenemine pole sõltuv ainult transpirat- siooni intensiivsusest.

Taimed omastavad mullalahusest ioone erinevas vahekorras, võrreldes ionide sisaldusega lahuses. Taolist valivat neelamis- võimet pole võimalik seletada, arvestamata ainetevahetust nii orga- nismis kui ka organismi ja mulla vahel. Enamik juurte kaudu taimede sisenenud toiteelementide ioone ei jää lahustunud kujul püsima rakumahla, vaid need lähevad sünteesiprotsessis üle kee- rulisteks, vähelahustuvaiks orgaanilisteks ühenditeks. Valiva nee- lamisvõime tõttu siseneb taimedesse ioone erinevais hulkades.

Kuidas seletada neutraalsoola ionide mitteekvivalentset sise- nemist taimedesse — taimede valivat omastamisvõimet? Selleks on kaks hüpoteesi. Esimene neist (difusiooni hüpotees) lähtub mole- kulide sisenemisest taimedesse ja tugineb dissotsieerunud soolade ja vee reageerimissaaduste omastamisele:



Sünteesiprotsessil vajaliku lämmastikhappe omastamine põh-



Joonis 2. Juurekarvade poolt lahusest ionide vahetusneelamise skeem ( $K^+$  neeldub  $H^+$  vahetuseks,  $H_2PO_4^-$  neeldub  $HCO_3^-$  vahetuseks). (A. Peterburgski järgi.)

justab NaOH kogunemise tõttu lahuse leelistumise, mis jätabki mulje, et taime omastab ainult  $NO_3^-$ -ioone, jättes lahusesse  $Na^+$ -ioone.

Kuid see seisukoht ei võimalda seletada kõiki juurte kaudu ainete taimedesse sisenemise nähtusi. Esiteks, tekkinud ühendid on väga suure elektrolüütilise dissotsiatsiooniastmega, kuid hüpotees lähtub mittedissotsieerunud molekulide omastamisest taime poolt. Teiseks, molekulide sisenemist seotakse osmoosiga, mis aga kulgeb väga aeglaselt. See on vastuolus ümbritsevast keskkonnast toiteelementide võrdlemisi kiire omastamisega.

Teine hüpotees lähtub taime ja keskkonna vahel toimuva ioonide vahetuse võimalustest (asendusadsorptsiooni ehk asendusneelamise hüpotees). Asendusadsorptsiooni hüpoteesi tähtsus seisneb selles, et ta viitab taimel pidevalt töötavale allikale, mis on võimeline vahetama ioone taime ja lahuse vahel. Selleks allikaks on juurte hingamine. Juurte poolt väljahingatava süsihappegaasi lahustumine ja dissotsieerumine vabastab  $H^+$ -katioone ning  $HCO_3^-$ -anioone, mis adsorbeeritakse juurekarvakeste kolloidse pealispinna poolt ning mis moodustavad nende vahetusfondi. Nende ionide vastu on taimel võimalik mullalahusest saada vastav hulk teisi ioone (joonis 2).

Asendusadsorptsiooni hüpotees võimaldab kergesti seletada mingi lahuses oleva soola ühe iooni rohket (külluses) neeldumist. Ioonid võivad taimel neelduda mitte ainult  $H^+$ - ja  $HCO_3^-$ -ga vahetuse, vaid ka rea teiste ionide asendusadsorptsiooni tulemusena. Oluline võib seejuures olla juurte poolt eritatavate orgaaniliste hapete osatähtsus (sidrunhape, oblikhape jt.).

Niisiis seletab asendusadsorptsiooni hüpotees täielikult taime poolt teda ümbritsevast lahusest ainete omastamise esimest etappi.

Kerkib aga küsimus, kuidas tungivad juurekarvade aktiivse pinna poolt neelatud ained rakkudesse.

Vastavad uurimused on tõestanud, et see toimub terve rea üksteisele järgnevate adsorptsiooni-(neeldumise) ja desorptsiooni-(ärastamise, eemaldamise) protsesside teel protoplasma ühelt valgumolekulilt teisele, kuni vastavad ained jõuavad juurte juhtsüsteemi. Uued uurimismeetodid märgistatud aatomite kasutamisega on näidanud, et ainete neeldumine ja edasiliikumine toimub taimes väga kiiresti, umbes 100 korda kiiremini kui osmoos.

Üldtunnustatud on asjaolu, et difusioon kulgeb difundeerunud ainete suuremalt kontsentratsioonilt väiksema kontsentratsiooni suunas. Vastupidist näeme aga juurte ja välislahuse vahel. Juure rakkudes võib elektrolüütide kontsentratsioon olla mitu korda suurem kui välislahuses, kuid vaatamata sellele toimub juurestiku neelav tegevus edasi. Täheandab, mitte difusioon pole ainete taime tungimise aluseks, vaid selleks on suure kiirusega kulgevad asendusadsorptsiooni nähtused taime juurekarvade ja mullalahuse vahel.

Juured pole ainult neelamisorganid, neis toimub ka süntees. Näiteks 20-st aminohappest, mis esinevad valgu koostises, moodustub 16 juurtes. Suhkrud satuvad juurtesse lehtedest ja hapendudes orgaanilisteks hapeteks, moodustavad koos aminohapetega lähteained valkude sünteesiks. Juurtes tekivad samuti fosfori, väevli ning paljude teiste mineraalsete taimetoiteelementide orgaanilised ühendid.

## 2.5. TAIMEDE NÕUDED TOITEKESKKONNA SUHTES

### 2.5.1. NÕUDED TOITAINETE KONTSENTRATSIOONI SUHTES

Kõik elusorganismid on aegade jooksul kohanenud keskkonnaningimustega. Nende tingimuste järsk muutumine kahjustab organisme. Taimedele on kasvukeskkonnaks muld ja atmosfäär. Mullas mõjustavad taimi nii mulla tahke (mineraalne ja orgaaniline), vedel (mullalahus) kui ka gaasiline osa (mulla õhk).

Eriti oluline on mullalahus, sest taimed vajavad eluks vett ja selles lahustunud toiteelemente. Mullalahus on dünaamilises tasakaalus nii mulla tahke osaga kui ka õhuga. Seda tasakaalu aga muudavad pidevalt järgmised põhjused: 1) mulla tahke ja vedela osa vastastikune mõjustamine, 2) taimejuurte ja mikroorganismide tegevus (toitainete omastamine, mikroorganismide eritised jne.), 3) soolade lahustumine ning väljasadestumine, 4) õhurõhu muutumine, 5) mulla harimine ja väetamine, 6) mulla kuivendamine ja niisutamine, 7) ilmastikumuutused (soojenemine, külmenemine, sademed jne.).

Enamikul taimedel on toitelahuse optimaalseks kontsentrat-

siooniks 0,1...0,5%. Mullalahuse tegeliku koostise ja kontsentratsiooni kohta on andmeid veel üsna napilt, sest mullalahust on raske kätte saada. Olemasolevatel andmetel on aga mullalahuses taimetoitaineid palju vähem, kui see taimedele optimaalne oleks. Seetõttu on väetiste ulatuslikuma kasutamise võimalused väga suured.

## 2.5.2. TOITELAHUSE KOOSTISE TÄHTSUS

Uurimused on näidanud, et kõik mingit ühtainust soola sisaldavad lahused kahjustavad taimi, välja arvatud ainult kaltsiumisooli sisaldavad lahused. Kuid ka kaltsiumisoola lahuses pidurdub taimede kasv pärast seemneis olevate toiteelementide varude lõppemist. Ühtainust soola sisaldav lahus on tüüpiline tasakaalustamata toitelahus, sest selles puuduvad teised vajalikud ained; taimejuured küllastuvad ainult ühtede ionidega ega saa teisi vajalikke ühendeid.

Tasakaalustamata mullalahus esineb näiteks tugevasti happelistel muldadel, kus vesinik- ja alumiiniumioonide kontsentratsioon on soodsaks taimekasvuks liiga kõrge. Tasakaalustamata mullalahus võib kujuneda ka oskamatu ühekülgse väetamise korral.

Kui toitelahuses esineb mitu soola, tekib erinevate ionide taimesse sisenemisel konkurents, mistõttu juured ei saa omastada ainult ühtesid ioone. Sellist nähtust nimetatakse ionide antagonismiks. Ioonide konkurentsivõime sõltub nende valentsist: kahevalentsed ioonid on suurema neeldumisvõimega kui ühevalentsed. Ioonide antagonismi tõttu on taim mõningate ionide kahjuliku mõju eest kaitstud. Eriti oluline on kaltsium- ja vesinikioonide antagonism.

Sellist lahust, kus kõik soolad esinevad õiges taimedele sobivas vahekorras ning ionide antagonismi tõttu ei sisene neist ükski liigeses ülehulgas, nimetatakse tasakaalustatud toitelahuseks.

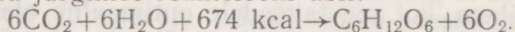
Juurte kaudu taime sisenevate toiteelementide hulgas on erilise tähtsusega kaltsium, mis on vajalik nii juuri ümbritsevas keskkonnas kui ka taimes. Kaltsiumipuudusel ei moodustu juurekarvu — juured limastuvad ja lagunevad.

Tähtis osa taimede toitumisel on toitelahuse reaktsioonil. Juuri ümbritseva mullalahuse hapustumine soodustab anioonide sisenemist taime, leelistumine aga katioonide sisenemist.

## 2.5.3. MUUD KASVUTEGURID JA JUURTOITUMINE

**Valgus.** Omastatud mineraalainetest moodustavad taimed orgaanilisi ühendeid valguse osavõtul. Põllukultuuride kasvamise aluseks on fotosüntees, mille käigus akumuleeritakse osa valgus-

energiast taimedes keemiliselt seotud energiana orgaanilise aine kujul. Skemaatiliselt võib valgusenergia talletamist taimes kujutada järgmise reaktsiooni abil:



Valguse puudusel on assimilatsiooniprotsessid taimes takistatud ja taim ei saa ära kasutada ka juurte poolt omastatud toitaineid. Sünteesiprotsessid toimuvad küll ka taimejuurtes, kuid selleks on vajalik assimilaatide juurdevool taime maapealsetest osadest. Valguse nappus aga takistab fotosünteesi, millest omakorda sõltub assimilaatide teke.

Taimed kasutavad ära ainult mõne sajandiku nendele langevast valgusenergia koguhulgast. Seda tingivad eeskätt taimede füsioloogilised iseärasused, aga sageli limiteerivad taimede kasvu toitainete nappus, madal temperatuur või muud faktorid.

Kui taimedel on lämmastikuallikaks nitraatioonid, vajavad nad rohkem valgust kui ammooniumioonidega toitumisel, sest nitraatioonid taandatakse taimes ammooniumioonideks ja selleks kulub täiendav kogus energiat.

**Temperatuur.** Taimes toimuvaid protsesse ja keemilisi reaktsioone mõjutab suuresti temperatuur. Enamikul taimedel toimub fotosüntees kõige intensiivsemalt temperatuuril 20...28 °C. See määrab ka mineraalainete kasutamise taime poolt.

Temperatuuri muutumine mõjustab mitte ainult mineraalainete omastamise üldist tempot, vaid ka omastatavate ionide vahet. Näiteks katsetes odraga selgus, et temperatuuri tõstmisel 10°-lt 24°-le suurenes kaaliumi omastamine 3,2 korda, magneesiumi omastamine 5 korda, nitraatlämmastiku omastamine 5,2 korda ja kaltsiumi omastamine isegi 15 korda. Ka teistes katsetes teravilja- ja köögiviljakultuuridega on saadud analoogilisi tulemusi, nimelt mulla temperatuuri alandamine 5...7° võrra vähendas lämmastiku, kaltsiumi, väävli ja fosfori omastamist tunduvalt rohkem kui kaaliumi omastamist.

Andmeid selle kohta, kuidas temperatuur mõjustab toitainete omastamist taimede poolt, on veel väga vähe, kuid olemasolevad andmed viitavad varasema väetamise vajalikkusele. On ju noorte taimede omastamisvõime suhteliselt nõrgem, kuid peale selle on toitainete omastamine takistatud veel varakevadiste külmade ilmade tõttu.

**Vesi.** Vee tähtsus taime elus on ääretult suur. Kasvavate taimede koostises on tavaliselt vett rohkem kui ühtegi teist ainet. Vesi on taimes toimuvate reaktsioonide ja protsesside keskkonnaks. Oma elu kestel transpireerivad taimed suure koguse vett.

Kõrge saagi saamiseks ei jätku tihti taimedele mullas küllaldaselt määralt vett. Palavatel kevad- ja suvepäevadel, kultuuride intensiivse kasvu perioodil, kui on rikkalikult soojust ja päikesepaistet ning ka toitaineid mullas jätkub, on sademeid tihti vähe, veevaru mullas kahaneb kiiresti, taimed kannatavad põua all ja

vesi muutub saagi suurust limiteerivaks faktoriks. Seepärast peabki kogu agrotehniliste võtete kompleks olema muu hulgas selline, et see aitaks mullas säilitada taimedele niiskust.

Väetamine tõstab tavaliselt tublisti saaki ja suurendab seetõttu ka üldist veetarvet, kuid väetamine aitab taimedel olemasolevat vett ka ökonoomsemalt kasutada. Näiteks oli akadeemik Prjanišnikovi kaastöötajate poolt korraldatud vegetatsioonkatse kaera transpiratsioonikoefitsient väetamata alal 444, väetiste kasutamisel aga 282.

H. Kärblane leidis oma katsetes, et ka lubiväetised vähendavad põllukultuuride transpiratsioonikoefitsienti.

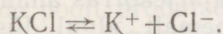
Äärmise veepuuduse korral mullas pole väetamisel mõtet, sest mullalahuse kontsentratsioon võib liiga kõrgeks muutuda ja see võib saaki isegi vähendada. Kunstlik niisutamine aitab põua korral väetiste efektiivsust tunduvalt suurendada.

## 2.6. TAIMED TOITEKESKKONNA MÖJUSTAJATENA

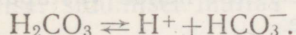
### 2.6.1. VÄETISTE FÜSIoloogiline REAKTSIOON

Toiteelemendid esinevad mullalahuses sooladena, millest taim mitte alati ei vaja kõiki ioone. Näiteks kasutab taim kaaliumkloriidist kaaliumioone, naatriumnitraadist nitraatioone, ammooniumsulfaadist eeskätt ammooniumioone jne.

Ioonide eraldumine sooladest toimub elektrolüütilisel dissotsiatsioonil. Vesilahuses anorgaanilised ühendid (happed, leelised ja soolad) dissotsieeruvad (jaotuvad) elektriliselt laetud osadeks — ionideks. Näiteks dissotsieerub neutraalne kaaliumkloriidi molekul kaaliumiooniks (kation) ja kloriidiooniks (anioon):

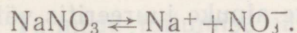


Mullalahuses alati esinev süsihape aga annab dissotsieerudes vesinikiooni ja vesinikkarbonaatiooni:



Kaaliumioon siseneb taimejuurtesse koos  $\text{HCO}_3^-$ -iooniga kaaliumvesinikkarbonaadina, mullalahusesse jäänud vesinik- ja kloriidioon moodustavad aga soolhape.

Naatriumnitraat dissotsieerub naatrium- ja nitraatiooniks:



Nitraatioon siseneb koos süsihappe dissotsieerumisel tekkinud vesinikiooniga taime. Mullalahusesse jäänud naatrium- ja vesinikkarbonaation moodustavad leeliseselt reageeriva naatriumvesinikkarbonaadi —  $\text{NaHCO}_3$ .

Esitatud näitest järeldub, et kaaliumkloriidi kasutamisel muutub toitelahus pärast kaaliumi omastamist taime poolt happeliseks. Naatriumnitraadi puhul aga muutub lahus lõpuks aluseliseks.

Esimesel juhul on meil tegemist füsioloogiliselt happelise väetisega, teisel juhul aga füsioloogiliselt aluselise väetisega.

Seega füsioloogiliselt happelised on sellised väetised, millest taimed omastavad katioone. Siia kuuluvad kõik ammooniumväetised, kaaliumkloriid ja kaaliumsulfaat. Füsioloogiliselt aluselised on aga need väetised, millest omastatakse anioone, näiteks naatriumsalpeeter, kaltsiumsalpeeter.

Peab silmas pidama, et keemiline reaktsioon ja füsioloogiline reaktsioon on erinevad mõisted. Superfosfaat on keemiliselt tugevasti happeline väetis, kuid samal ajal on ta füsioloogiliselt aluseline väetis, sest taimed omastavad sellest esmajärjekorras fosfaatioone ning mulda jääb kaltsiumvesinikkarbonaat.

Peale füsioloogiliselt happeliste ja füsioloogiliselt aluseliste väetiste on ka füsioloogiliselt neutraalseid väetisi. Nendest omastavad taimed samaaegselt nii katioone kui ka anioone. Selliste väetiste näitena võib tuua ammofossi —  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  — ja diammofossi —  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ . Esimene neist on keemiliselt happeline — molaarse vesilahuse pH on 4,4; teine aga on keemiliselt aluseline — molaarse vesilahuse pH on 8,0. Mõlemad nimetatud väetised on aga füsioloogiliselt neutraalsed, sest taimed omastavad neist nii ammoonium- kui ka fosfaatioone. Füsioloogiliselt neutraalseks väetiseks on ka kaaliumsulpeeter —  $\text{KNO}_3$ , sest taimed omastavad sellest nii katioone kui ka anioone. Sageli aga ei toimu biogeense aniooni ja katiooni omastamine samaaegselt, vaid taim eelistab kord üht, kord teist. Kuigi näiteks ammooniumsalpetri kation ja anioon on taimedele mõlemad omastatavad, sisenevad taimedesse ometi esmajärjekorras ammooniumioonid ning seepärast on see väetis vähemalt algul füsioloogiliselt happeline.

Väetiste füsioloogilist reaktsiooni tuleb tingimata arvestada nõrgalt puhverdatud muldade väetamisel, sest nende vastupanuvõime reaktsiooni kõikumistele on väike.

## 2.6.2. JUUREERITISTE JA RISOSFÄÄRI MIKROFLOORA OSA TAIMEDE TOITUMISEL

Süsihappegaas on peamine, kuid mitte ainuke juureeritis väliskeskkonda, sest juured eritavad vähesel määral veel mitmesuguseid orgaanilisi happeid, mis kiiresti risosfääri mikroorganismide poolt ära kasutatakse. Peale nende eritavad juured veel teisigi orgaanilisi ühendeid — valke, süsivesikuid ja vitamiine. Juureeritistes võib esineda ka fermente, mis võimaldavad taimel omastada

toiteelemente isegi orgaanilisest ainest. Orgaaniliste ühendite kõrval eritavad taimejuured mõningal määral ka mineraalsooli.

Juureeritiste abil on taimed teatud määral suutelised reguleerima keskkonna reaktsiooni. Juureeritiste toimel muutub nii tugevasti happeline kui ka leelisene reaktsioon lokaalselt veidi neutraalsemaks.

Kõik põllumajanduslikud kultuurtaimed on autotroofid, s. t. toituvad mineraalsetest ühenditest. Valdav osa mikroobe on aga heterotroofid, s. t. toituvad orgaanilisest ainest. Nad võivad kasutada taimejäätmegi, juureeritisi, orgaanilisi väetisi jne. Mulla mikroorganismide elutegevuse lõppsaadusteks orgaanilise aine lagundamisel on lihtsad vees lahustuvad soolad, mis sisaldavad taimedele vajalikke toiteelemente.

Nendest asjaoludest selgub, et taimede ja mikroorganismide koosinemine mullas on mõlemale kasulik: taimed varustavad oma jäätmega näol mikroorganisme orgaanilise ainega, mikroorganismid aga taimi omastatavate mineraalsooladega. Muidugi ei ole see absoluutne reegel, sest ka kõrgemad taimed omastavad mõningaid orgaanilisi ühendeid ning mikroorganismid vajad mõningaid mineraalsooli. Pealegi pole mitte kõik mulla mikroorganismid taimedele kasulikud: bakterite ja seente hulgas leidub ka parasiite, taimehaiguste tekitajaid, taimedele vajalike soolade lõhkujaid jne.

Agrotehnika võtetega on teatud määral võimalik reguleerida mikroorganismide liigilist koosseisu ning hulka mullas.

Kõige rohkem on mikroorganisme mõne millimeetri tõeseduses juurtelähedases mullakihis — risosfääris. Soodsates tingimustes on ühe hektari mullas 5...7 tonni mikroorganismide massi, mis uueneb kuu aja jooksul 2...3 korda. Mulla mikroorganismide liigilise koosseis ja arvukus on eri kultuuride korral erinev ning muutub vegetatsiooniperioodi jooksul.

Taimede happelise iseloomuga juureeritised ja mikroorganismide poolt produtseeritavad ained muudavad vees lahustumatuid ühendeid aegamööda lahustuvaiks, misjärel taimed saavad neid kasutada.

Mulla mikroorganismid on tähtsad ka taimetoitainete bioloogilisel sidumisel mullas (lk. 38).

## 2.7. TOITAINETE NEELDUMINE MULLAS, SELLE TÄHTSUS TAIMEDE TOITUMISEL JA VÄETAMISEL

Taimede toitumise ja väetamise seisukohalt on väga oluline toitainete sidumine mulla poolt. Räägime, et muld *n e e l a b* taime-toitaineid, toitained aga *n e e l d u v a d* mullas.

Mulla neelamisnähtuste ja nende seaduspärasuste väljaselgitamisel on suuri teeneid akadeemik K. Gedroitsil. Ta eristas toit-

ainete neeldumise viis liiki mullas. Need on mehaaniline, füüsikaline, füüsikalis-keemiline ehk asendusneeldumine, keemiline ja bioloogiline neeldumine.

**Toitainete mehaaniline neeldumine** on seotud mulla peente kapillaaridega. Viimaste tõttu on mullal hästi välja kujunenud filtreerimisvõime igasuguste suspensioonide suhtes. See võimaldabki viia mulda peeneks jahvatatud väetisi, näiteks fosforiidijahu, kartmata nende väljauhtumist.

**Toitainete füüsikaline neeldumine** toimub mullaosakeste pinnaenergia tõttu, viimane suureneb proportsionaalselt pinna suurenemisega. Mullaosakeste pindala on seda suurem, mida väiksemad on need osakesed. Kui võrrelda erineva suurusega mullaosakeste 1-grammiseid masse, on nende osakeste üldpindala järgmine:

osakeste läbimõõt	mm	2 ... 0,2	0,2 ... 0,02	0,02 ... 0,002	0,002 ... 0,0001
osakeste üldpindala cm <sup>2</sup>		44,6	445,8	4458	2990000

Näeme, et osakeste mõõtmete vähenemine põhjustab nende üldpindala tunduvalt suurenemist, kuigi mulla mass jääb samaks.

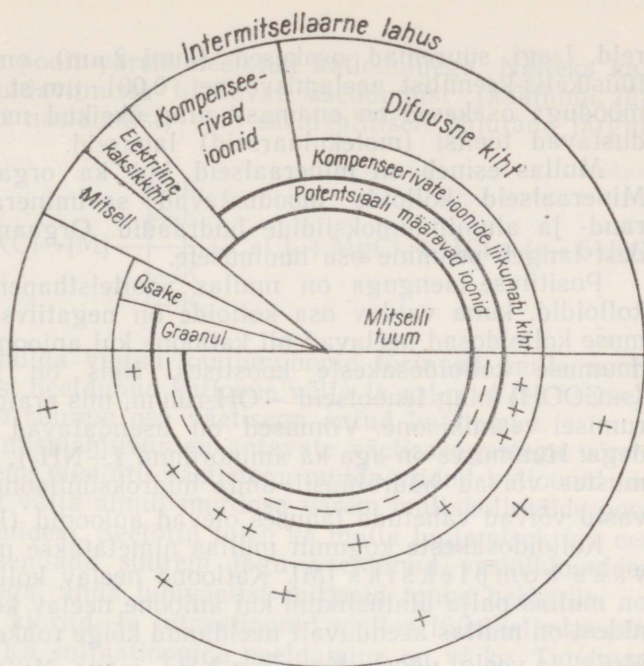
Füüsikaline neeldumine toimub mullalahuse nendes kihtides, mis puutuvad kokku mulla tahkete osakestega. Füüsikaliselt neelduvad terved molekulid.

Kui tahked mullaosakesed tõmbavad lahustunud aine molekule enda ligi tugevamini kui vee molekule, suureneb lahustunud aine kontsentratsioon tahkeid osakesi piiravas õhukeses lahusekihis. Tahketest osakestest kaugemal, mulla kapillaaride keskosas, on aga selle aine kontsentratsioon mullalahuses madalam. Sellisel juhul räägitakse antud aine **positiivsest** füüsikalisest neeldumisest ehk **positiivsest** molekulaarsest adsorptsioonist. Positiivselt neelduvad ained, mis vähendavad pindpinevust, nagu alkoholid ja orgaanilised happed. Mineraalainetest neelduvad mullas füüsikaliselt positiivselt ainult alused.

Pindpinevust suurendavad ained, nagu suhkrud ja mitmesugused mineraalsoolad, neelduvad füüsikaliselt **negatiivselt**. Sel juhul tõmbavad tahked mullaosakesed ligi vee molekule, kuna lahustunud aine molekulid tõrjutakse mullaosakestest eemale, kapillaaride keskosa poole. Negatiivselt neeldunud ained on mullas hästi liikuvad.

Väetiste füüsikalisel neeldumisel on suur praktiline tähtsus. Nii aitab ammoniaagi positiivne füüsikaline neeldumine vähendada lämmastikukadu mõningate lämmastikväetiste, eriti vedela ammoniaagi ja ammoniaakvee kasutamisel.

Nitraatioonid ja kloriidioonid neelduvad mullas füüsikaliselt negatiivselt ja leostuvad kergesti sügavamatesse mullakihtidesse või koguni põhjavette. Seetõttu ei tohi salpeeterväetisi anda sügisel. Ka ammooniumväetisi ega karbamiidi ei ole mõistlik anda varase sügiskünni alla, sest siis on mulla temperatuur veel kõrge



Joonis 3. Kolloidosakese ehituse skeem. (N. Gorbunovi järgi.)

ja tingimused mulda viidud väetiste nitrifikatsiooniks soodsa  
Tekkivad nitraadid aga alluvad kergesti väljaleostumisele.

Kloriidioonide väljaleostumine mullast on igati soovitatav nähtus. Kui klooritundlikele kultuuridele tuleb kasutada kloriidseid kaaliumväetisi, tuleks need tingimata anda juba sügiskünni alla, et soodustada kloriidioonide väljakandumist mullast läbinõrguva vihma- ja lumesulamisveega.

**Toitainete füüsikalisk-keemilist ehk asendusneeldumist** põhjustavad mulla elektriliselt laetud kolloidid (joonis 3).

Kolloidosakese tuum on kristalse ehitusega. Tuuma ümbritsevate molekulide väline kiht on osaliselt dissotsieerunud ioonideks. Tuuma välispinnal asuvaid ioone nimetatakse kolloidosakese potentsiaali määravateks ioonideks ja need põhjustavad kolloidosakese positiivse või negatiivse laengu. Tuumale vastaslaenguga ioonid asuvad difuusses kihis mullalahuses.

Joonisel on toodud näitena negatiivselt laetud kolloidosake. Mullas esineb ka positiivselt laetud kolloidosakesi, kuid ülekaalus on siiski negatiivse laenguga kolloidid.

Kolloidide hulka kuuluvateks loetakse kõik osakesed läbimõõduga 0,2... 0,001 mikromeetrit ( $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$ ). Neid pole tavallises mikroskoobis näha ja filtreerimisel läbivad nad paberist filt-

reid. Isegi suuremad osakesed (kuni  $2\ \mu\text{m}$ ) omavad mõningat füüsikalis-keemilist neelamisvõimet.  $0,001\ \mu\text{m}$ -st väiksema läbimõõduga osakesed on enamasti aine üksikud molekulid ja moodustavad tõelisi (molekulaarseid) lahuseid.

Mullas esineb nii mineraalseid kui ka orgaanilisi kolloide. Mineraalseid kolloide moodustavad savimineraalid, ränihape, raud- ja alumiiniumoksiidide hüdraadid. Orgaanilistest kolloididest langeb peamine osa huumusele.

Positiivse laenguga on mullas poolteisthapendite hüdraatide kolloidid, kuna valdav osa kolloide on negatiivselt laetud. Huumuse kolloidosad neelavad nii katioone kui anioone. Põhjus peitub huumuse kolloidosakeste koostises. Neis on karboksüülrühmi ( $-\text{COOH}$ ) ning fenoolseid  $-\text{OH}$ -rühmi, mis eraldavad dissotsieerumisel vesinikioone. Viimased on asendatavad teiste katioonidega. Huumuses on aga ka aminorühmi ( $-\text{NH}_2$ ), mis teatud tingimustes võivad hüdrolüüsil anda hüdroksüülioone ( $\text{OH}^-$ ), mille vastu võivad vahetuda lahuses olevad anioonid ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  jt.).

Kolloidosakeste kogumit mullas nimetatakse mulla neelavaks kompleksiks [M]. Katioone neelav kolloidide kompleks on mullas palju ulatuslikum kui anioone neelav kompleks. Katioonidest on mullas asenduvalt neeldunud kõige rohkem  $\text{Ca}^{2+}$ -, vähem  $\text{Mg}^{2+}$ - ja veelgi vähem  $\text{K}^+$ - ning  $\text{NH}_4^+$ -ioone. Muldades on neeldunud ka vesinikioone ( $\text{H}^+$ ), mis tugevasti happelistes muldades võivad olla isegi valdavalt neeldunud katioonideks. Happelistes muldades on sageli ka  $\text{Al}^{3+}$ -ioone. Anioonidest on mullas füüsikalis-keemiliselt neeldunud peamiselt  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ja  $\text{CO}_3^{2-}$ .

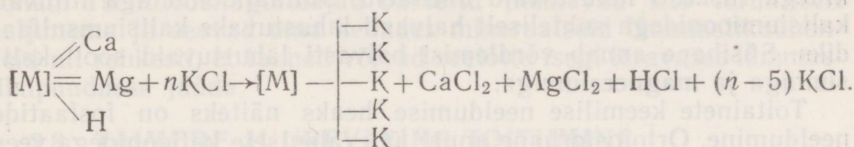
Mulla füüsikalis-keemilist neelamismahutavust ( $T$ ) väljendatakse milligramm-ekvivalentide (mg-ekv.) 100 g mulla kohta nagu neeldunud aluseliste katioonide ( $S$ ) hulkagi.

Füüsikalis-keemiliselt neeldunud ioonid on asendatavad teiste samasuguse laengumärgiga (+ või -) ionidega. Ioonide füüsikalis-keemiline neeldumine (asendumine) toimub kiiresti ja teatud tasakaaluseisuni neeldunud ja lahusesse jäänud ionide vahel. Asendumisel vahetuvad ioonid ekvivalentsetes hulkades, näiteks kahevalentne kation vahetub ühe kahevalentse katiooni või kahe ühevalentse katiooni vastu.

Neeldunud katioonid mõjuvad mulla omadustele erinevalt. Kaltsium- ja magneesiumioonid koaguleerivad (sadestavad) kolloide ning soodustavad mulla struktuuri teket. Seevastu kaalium-, ammonium- ja eriti naatriumioonid lõhuvad struktuuri ning soodustavad mineraalainete ning huumuse väljaleostumist mullast. Märjalt on selline muld väga kleepuv, kuivanult aga panklik. Mullas neeldunud vesinikioonid põhjustavad mulla happesust (lk. 164).

Enamik väetisi lahustub mullas hästi ja dissotsieerub kohe ioonideks. Moodustunud katioonid astuvad vahetusreaktsiooni

mullakolloidide poolt varem neelatud katioonidega. Näiteks kaaliumkloriidi muldaviimisel toimuvat asendumist (kaaliumi füüsikalis-keemilist neeldumist) võib skemaatiliselt kujutada järgmiselt:



Väetisega mulda viidud kaaliumioonid tõrjuvad mulla neelavast kompleksist neeldunud katioone välja ja astuvad ise asemele. Niiviisi neeldub suurem osa väetisega antud kaaliumist.

Mulla neelamismahtuvus on antavate väetisekogustega võrreldes palju suurem, mistõttu väetistega mulda viidud katioonid tõrjuvad tavaliselt välja ainult murdosa varem mullakolloidide poolt neelatud katioonidest. Seetõttu tuleb ka mulla lupjamisel, kui eesmärgiks on asendada suurem jagu neeldunud vesinikioonidest kaltsiumioonidega, anda lubiväetist mitmeid tonne hektarile.

Anioonidest kloriid- ja nitraatioonid mullas füüsikalis-keemiliselt ei neeldu. Ka sulfaatioonide neeldumine on väike. Tunduvalt suuremal määral neelduvad füüsikalis-keemiliselt fosforhappe anioonid (fosfaatide dissotsieerumisel moodustuvad peamiselt  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ -ioonid, aga ka  $\text{HPO}_4^{2-}$  ja  $\text{PO}_4^{3-}$ ), mis neeldunult on asendatavad teiste anioonidega ( $\text{HCO}_3^-$  ja orgaaniliste hapete anioonid).

Väetiste füüsikalis-keemiline neeldumine mullas kaitseb neid väljaleostumise eest ja on seetõttu väga kasulik nähtus. Tänu katioonide füüsikalis-keemilisele neeldumisele võibki kaalium- ja ammoniumväetisi anda juba sügisel. Salpeeterväetiste sügisest andmist ei saa aga õigeaks pidada, sest nitraatioonid füüsikalis-keemiliselt ei neeldu ja füüsikaliselt neelduvad nad negatiivselt, mis soodustab väljaleostumist.

Neeldunud katioonid on nagu puhvriks, mis aitab vältida mullalahuse koostise järske muutusi. Väetistega antud katioonidest suurem jagu neeldub mullas. Neeldumisel tõrjuvad nad välja neid ioone, mis enne esinesid neelavas kompleksis. Sellega välditakse mullalahuse ühekülgne rikastumine väetisega juurdeantud katioonide poolest. Edasi, kui taimed omastavad mullalahusest ioone, siis rikuvad nad sellega tasakaalu mullalahuses olevate ionide ja neeldunud ionide vahel, mistõttu mulla neelavast kompleksist läheb samu ioone mullalahusesse uue tasakaalu tekkimiseni. Niiviisi täieneb mullalahus pidevalt füüsikalis-keemiliselt neeldunud ionide arvel.

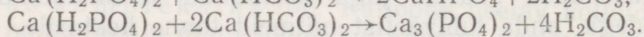
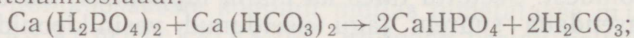
**Toitainete keemiline neeldumine.** Keemilise neeldumise all

mullas mõistetakse vees lahustunud toitainete üleminekut raskesti lahustuvaiks ühendeiks keemiliste reaktsioonide tagajärjel.

Nitrat- ega kloriidioonid ei moodusta mullas leiduvate katioonidega raskesti lahustuvaid ühendeid. Sulfaatioonid aga liituvad kaltsiumioonidega suhteliselt halvasti lahustuvaks kaltsiumsulfaadiks. Süsihape annab võrdlemisi halvasti lahustuvaid sooli kaltsiumiga ja magneesiumiga.

Toitainete keemilise neeldumise heaks näiteks on fosfaatide neeldumine. Ortofosforhape annab ühevalentsete katioonidega vees hõlpsasti lahustuvaid fosfaate, kuid neid on mullas vähe. Ka kaltsium- ja magneesiumdivesinikfosfaadid —  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  ja  $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  — on vees lahustuvad, samade katioonide teised fosfaadid aga vees ei lahustu.

Superfosfaadiga lubjarikkasse mulda antud kaltsiumdivesinikfosfaat võib anda rikkalikult leiduva kaltsiumvesinikkarbonaadiga vees raskesti lahustuva kaltsiumvesinikfosfaadi või isegi kaltsiumfosfaadi:



Ka raud- ja alumiiniumfosfaadid on raskesti lahustuvad. Tugevasti happelistes muldades, kus esineb liikuvaid alumiiniumi- ja rauaühendeid, võivad kergesti lahustuvad fosfaadid moodustada nendega raskesti lahustuva alumiinium- või raudfosfaadi.

Vees halvasti lahustuvad ühendid on taimedele palju raskemini kättesaadavad kui vees lahustuvad ühendid, seetõttu ei ole toitainete keemiline neeldumine mullas soovitatav. Superfosfaadi keemilise neeldumise vähendamiseks püütakse vähendada tema kokku- puutepinda mullaga: väetis antakse mulda granuleeritult.

**Toitainete bioloogiline neeldumine.** Taimed ja mikroorganismid omastavad mullast toitaineid ja kasutavad neid oma organismide ülesehitamiseks. Mullas elunevate organismide koostisse kuuluvad ained on kaitstud mullast väljaleostumise eest. Pärast surma mulla mikro- ja makroolendite kehade orgaaniline aine laguneb ja bioloogiliselt seotud toidained muutuvad uuesti taimedele kättesaadavateks mineraalühenditeks.

Bioloogilise sidumise tõttu on praegu meie muldades huumusainete ja mitmesuguste orgaaniliste jäänuste koostises suured taimetoitainete kogused. See kujutab endast hiiglaslikku dünaamilist reservi, kus rööbiti sidumisega vabaneb pidevalt ka taimetoitaineid, mis on taimekasvatuse seisukohalt ääretult tähtis. Meenutame näiteks, et lämmastikku ei esine ühegi mullamineraali koostises ja kogu mullas leiduv lämmastik on kord bioloogiliselt seotud, välja arvatud mineraalväetistega juurde antud lämmastik.

Mulla organismid akumuleerivad ka väetistega antud toitaineid. Nii neelatakse mulla mikroorganismide poolt osa nendest nitraatidest, mis on taimede poolt omastamata jäänud ja mis võiksid muidu kaduma minna.

Mulla mikroorganismid võivad aga taimedega ka konkureerima hakata. See ilmneb eriti selgesti siis, kui mulda antakse tselluloosirikast, kuid lämmastikuvaest värsket orgaanilist ainet, näiteks põhku. Tselluloosilagundajad bakterid hakkavad siis tormiliselt paljunema ja seovad oma kehades mineraalseid lämmastikuühendeid nii rohkesti, et taimed võivad seetõttu isegi teravasse lämmastikupuudusse jääda.

## 2.8. TAIMEDE JUUREVÄLINE TOITUMINE

Kuigi lehtede põhiülesandeks on õhust süsihappegaasi vastu võtmine, on taim suuteline lehtede ja õite kaudu omastama mõnevõrra ka mineraalaineid, mida ta tavaliselt võtab juurte kaudu mullast. Näiteks võib taim omastada ammoniaaki ning vääveloksiide õhust, mitmesuguseid sooli ning mikroelemente vihma- või pritsimisveest ning lehtedele sattunud tolmust — ta toitub seega juureväliselt.

Põllutingimustes pole sel teel võimalik rahuldada taimede toitmentide täielikku vajadust. Nii näiteks sisaldab 1 m<sup>3</sup> õhku ainult ligi 0,02 mg NH<sub>3</sub> ja vaid tööstuspiirkondades on õhus olulisel määral vääveloksiide. Terava väävlipuuduse korral mullas on taimed küll suutelised omastama õhust vääveloksiide, kuid need taimede väävlitarvet siiski veel ei kata. Mõningate mikroelementide vajadust suudab taime lehtedele langev vihmavesi katta vaid merelähedastel aladel.

Taimede juurevälisel toitmisel äratas palju lootusi nende pritsimine lahjade soolalahustega. Loodeti, et sel viisil taimi toites on võimalik tugevasti mõjustada fotosünteesi ning teisi protsesse, mille käigus moodustuvad taimedes orgaanilised ained, sest nii saaks ju anda taimedele kõige rohkem vajalikke aineid sobival ajal. Arvati samuti, et juurevälisel manustamisel ei toimu näiteks fosfaatide keemilist neeldumist, väetiste väljaleostumist ega fiktsiooni nagu mullas.

Kuid kahjuks ilmnas, et enamik mineraalaineid, isegi lahjade lahustena, kahjustas taimelehti ning et ainult juurevälise väetamisega pole võimalik saavutada kultuuride normaalset kasvu. Selgus, et lämmstikväetistest sobib juureväliseks taimede toitmiseks ainult lahja karbamiidilahus.

Juurevälist väetamist tuleb vaadelda kui täiendavat abinõu mulla kaudu väetamise kõrval. Juurevälisel väetamisel tuleb rakendada väikesi väetisannuseid ja anda need mitte väga kõrge kontsentratsioonilise lahusega taimedele ühtlaselt. Suhteliselt sobivam on juureväliselt anda mikroväetisi.

### Kordamisküsimusi

1. Millest koosnevad taimed?
2. Milliseid keemilisi elemente on taimedes kõige rohkem?

3. Kuidas jagunevad taimetoiteelemendid?
4. Kuidas muutub taimede keemiline koostis kasvuperioodi vältel?
5. Millal omastavad taimed toitaineid kõige rohkem?
6. Millal esineb taimedel kriitiline periood?
7. Kust hangivad taimed süsinikku?
8. Miks ei lõpe õhu süsihappegaasi varud?
9. Millisest keemilisest ühendist saavad taimed peamise osa vajalikust vesinikust?
10. Millistesse ühenditesse kuulub taimedes lämmastik (fosfor, kaalium)?
11. Milliste ühenditena omastavad taimed mullast lämmastikku (fosforit, kaaliumi)?
12. Missugune tähtsus on taimede juureeritistel?
13. Mida mõistetakse toiteelemendi reutilisatsiooni all taimes?
14. Mille poolt on taimedele tähtis kaalium?
15. Millised kultuurid on suutelised omastama raskesti lahustuvaid fosforiühendeid?
16. Millised funktsioonid on taimedes kaltsiumil?
17. Millised on magneesiumipuuduse välised tunnused taimedel?
18. Väevli osatähtsus taimedel?
19. Millised kultuurid on kloriidioonide vastu tundlikumad?
20. Selgitage difusiooni hüpoteesi toitainete sisenemise kohta taimesse.
21. Selgitage taimede poolt toitainete asendusneelamise olemust.
22. Kui suur on mullalahuse optimaalne kontsentratsioon?
23. Selgitage ionide antagonismi olemust toitainete sisenemisel taimesse.
24. Millist mõju avaldab temperatuur taimede elutegevusele?
25. Kuidas mõjustab väetamine vee tarvitamist taimede poolt?
26. Selgitage väetiste füsioloogilise happesuse mõistet.
27. Selgitage väetiste keemilise happesuse ja füsioloogilise happesuse erinevust.
28. Missugune on ammooniumnitraadi füsioloogiline reaktsioon taimede suhtes? Miks?
29. Selgitage mikrobioloogiliste protsesside tähtsust mullas.
30. Tooge näiteid taimetoiteelementide keemilise neeldumise kohta mullas.
31. Milles seisneb väetisega mulda antud toitainete füüsikalise-keemilise neeldumise tähtsus?
32. Selgitage taimetoitainete bioloogilise neeldumise tähtsust.
33. Milline osatähtsus on taimede juurevälisel toitumisel?
34. Miks nitraatioone uhutakse mullast kergesti välja, fosfaatioone aga mitte?

### 3. MINERAALVÄETISED

#### 3.1. VÄETISED JA VÄETAMINE

##### 3.1.1. VÄETISTE KLASSIFIKATSIOON

Väetisteks nimetatakse aineid, mida kasutatakse taimede toitumise parandamiseks, et saagid suureneksid ja nende kvaliteet paraneks.

Väetisi klassifitseeritakse mitmesuguste aspektide põhjal. Väetisi, milles tähtsat osa etendab orgaaniline aine, nimetatakse orgaanilisteks väetisteks (sõnnik, kompostid jt.). Kui orgaanilise väetisena kasutatakse värsket taimset massi, nimetatakse seda haljasväetiseks. Neid väetisi, mis sisaldavad taimetoiteelemente ainult mineraalses vormis, nimetatakse mineraalväetisteks. Mineraalväetiste hulka liigitatakse ka mõned lihtsad tööstuslikult toodetavad orgaanilised väetusained, nagu karbamiid.

Orgaanilised ja mineraalväetised on otsesed väetised — nad varustavad taimi vahetult taimetoiteelementidega. Vastandina otsestele väetistele nimetatakse kaudseteks väetisteks selliseid väetisi, mis soodustavad taimede toitumist kaudsel teel — mulla omaduste parandamise kaudu (lubiväetised), mulla toitainetevarude mobiliseerimisele või õhulämmastiku sidumisele kaasaaitamise kaudu (bakterväetised). Lubiväetiste kasutamise eesmärgiks on mulla liigse happesuse kõrvaldamine, bakterväetiste kasutamisel aga mulla rikastamine kasulike mikroorganismidega. Orgaanilised väetised ja mõned mineraalväetised (lubilämmastik, kaltsiumsalpeeter) parandavad mulla omadusi ja avaldavad seega otsese mõju kõrval ka kaudset saakitõstvat toimet.

Majandis tootmistegevuse kõrvalsaadusena kogunevaid väetisi (sõnnik, virts, puutuhk jne.), samuti neid väetisi, mida saab hankida või toota majandi lähedalt või otse majandis oma jõududega (järvemuda, turvas, kompostid, põlevkivituhk jne.), nimetatakse kohalikeks väetisteks vastandina ostuväetistele ehk tööstuslikele väetistele.

Väetisi, mida kasutatakse taimede varustamiseks mikroelementidega, nimetatakse mikroväetisteks.

Mineraalväetised jagunevad lämmastik-, fosfor-, kaalium-, boor- jne. väetiseks sõltuvalt sisalduvast taimetoiteelemendist. Kui väetis sisaldab ainult ühte taimedele vajalikku toiteelementi (lämmastikku, fosforit või kaaliumi või mõnda muud defitsiitset elementi), on tegemist liht- ehk ühekülgse väetisega. Seejuures ei arvestata väetises leiduvat hapnikku, vesinikku, kaltsiumi ega teisi selliseid taimetoiteelemente, mida taim saab mullast piisavalt ja mille juurdeandmise järele ei ole otsest vajadust.

Neid mineraalväetisi, mis sisaldavad mitut defitsiitset taimetoitelementi, nimetatakse kompleks- ehk mitmekülgseteks väetisteks. Viimased jagunevad liit- ja kombineeritud väetisteks ning väetissegudeks. Liitväetisteks nimetatakse väetiseks kasutatavaid keemilisi ühendeid, mille molekuli koosseisu kuulub mitu defitsiitset taimetoitelementi. Kombineeritud väetised kujutavad endast mitme keemilise ühendi segu, mis on saadud ühtse tootmisprotsessi käigus keemiliste reaktsioonide kaasabil. Mõned autorid nimetavad ka kombineeritud väetisi liitväetisteks. Nende kooskäsitlemine on seda enam põhjendatud, et liit- ja kombineeritud väetiste eraldamine ei oma agronoomilist tähtsust ning sageli sisaldavad tüüpilised liitväetised (näit. ammofoss) põhilise ühendi kõrval veel teisi defitsiitset taimetoitelemente sisaldavaid keemilisi ühendeid. Väetissegud saadakse valmis liitväetiste kokkusegamise teel.

Mineraalväetised jagunevad veel tahketeks ja vedelateks.

Suure tegevainesisaldusega mineraalväetisi nimetatakse kontsentreeritud väetisteks.

Lämmastikku, fosforit ja kaaliumi sisaldavat mineraalset kompleksväetist, samuti ka sõnnikut, on paljude aastakümnete vältel nimetatud ka täisväetiseks.

### 3.1.2. VÄETISTE KASUTAMISE VIISID

Agrotehnilist võtet, millega väetis taimede kasutusse antakse, nimetatakse väetamiseks ehk väetuseks. Seega tuleb vahet teha väetise ja väetuse mõiste vahel. Paraku tihti need terminid samastatakse, mis aga ei ole õige.

Väetised võib külvata hajusalt laiali, või anda paiklikult kas koos seemnega, istutusaukudesse või rühvelkultuuridele ridade vahel.

Eristatakse kolme põhilist väetusviisi. Need on põhiväetus, külviaegne väetamine ja kasvuaegne väetamine.

Põhiväetus ehk külviaegne väetamine viiakse

läbi enne seemnekülvi. Selle väetusviisi eeliseks on asjaolu, et mullaharimisega on võimalik väetisi sügavale mulda viia. Väetise kohe muldaviimine on eriti tähtis ammoniakvee, sõnniku, virtsa ja ka karbamiidi kasutamisel, sest mullapinnal esineb nendest väetistest lämmastikukadu.

Orgaaniline väetis viiakse mulda künni või randaalimise abil.

Fosfor- ja kaaliumväetised külvatakse tavaliselt segatult koos, sest nad on mullas vähe liikuvad ja jäävad põhiliselt sellesse mullakihti, millega nad mullaharimisel segatakse. Väga fosforivaesel mullal tuleks PK-väetised anda külvieelse kultiveerimise alla, et vältida noortel taimedel fosforipuudust, mille vastu nad on väga tundlikud. Fosforirikamatel muldadel ja küllalt suurte superfosfaadiannuste kasutamisel tuleb väetis üldreeglina anda künni alla, sest sügavast mullakihist saavad vanemad taimed fosforit ja kaaliumi paremini omastada kui pindmisest kuivast muldkihist.

Timirjazevi-nimelises Moskva Põllumajanduse Akadeemias korraldatud katses viis eelkoorijaga varustatud ader 20 cm sügavuse künni korral kõrrepõllule külvatud superfosfaadist 10... ..20 cm sügavusse mullakihti 62%, ilma eelkoorijata ader aga 22%. Pindmisse 5 cm tusedusse mullakihti jäi vastavalt 18% ja 48% superfosfaadi koguhulgast. Seega jääb isegi künni alla antud väetisest suur osa pindmisse mullakihti ja tuleb arvesse noorte taimede algarengu kindlustajana. Sugugi ei saa soovitada fosforväetise andmist suviviljadele äkke alla, sest siis jääb väetis liiga pindmisse mullakihti.

Lämmastikväetised liiguvad mullas kergemini ja seetõttu ei ole nende muldaviimise sügavusel taimedele kättesaamise seisukohalt nii suurt tähtsust. Ammoniakvett aga ei saa ammoniaagi-kaotamiseks teisiti kasutada, kui ainult k o h e vähemalt 10 cm sügavusele mulda viies. Salpeeterväetisi ei ole väljaleostumise ja denitrifikatsiooni ohu tõttu mõistlik sügisel anda.

K ü l v i a e g s e v ä e t a m i s e ülesandeks on varustada noori taimi idanemisjärgsel perioodil kergesti kättesaadavate toitainetega, eeskätt fosforiga, aga ka lämmastikuga, kaaliumi andmine külvi ajal ei ole vajalik. Külviaegsel väetamisel tuleb kasutada küllalt väikesi väetisannuseid ( $P_{10...20}N_{5...15}$ ), sest noored taimed on väga tundlikud ka mullalahuse kõrge kontsentratsiooni suhtes. Hektarile piisab 50...100 kilogrammist granuleeritud superfosfaadist või nitrofoskast. Kasutada tuleks kombineeritud külvikuid, sest seemnega segatud väetis võib alandada idanevust.

EPA-s korraldatud katsed näitavad, et teraviljade külviaegne väetamine on tähtis ainult väetiste nappuse korral väga fosforivaesel mullal. Külviaegne väetamine põhiväetuse arvel ei ole otsarbekohane ning võib põhjustada saagi langust, eriti odral.

K a s v u a e g n e v ä e t a m i n e ehk p e a l t v ä e t a m i n e võetakse tavaliselt ette põhiväetuse täiendamiseks. Põllukultuure

tuleb kasvu ajal väetada eeskätt siis, kui enne külvi väetisi ei jätkunud või ei jõutud anda, või kui väetisannused on nii suured, et nende korraga andmisel on karta liiga kõrget mullalahuse kontsentratsiooni. On ka teisi põhjusi kasvuaegseks väetamiseks. Nii on taliviljadele lämmastikväetised varakevadisel pealtväetamisel tavaliselt efektiivsemad, võrreldes nende andmisega sügisel külvieelsel mullaharimisel. Mitmeaastaste kultuuride, eeskätt kultuurrohumaade juures on pealtväetamine asendamatu vajalik.

Teraviljade ja rühvelkultuuride pealtväetamisel antakse üldreeglina ainult lämmastikväetisi, sest fosfor- ja kaaliumväetised on põhiväetusel efektiivsemad kui pealtväetusel. Eriti kiiresti pääsevad pealtväetusel mõjule salpeeterväetised, sest nitraationide liikuvus mullas on suur.

Kasvuaegse väetamise alla kuulub ka juureväline väetamine (lk. 39).

## 3.2. LÄMMASTIKVÄETISED

### 3.2.1. LÄMMASTIKU RINGE

Lämmastik on ainsaks taimetoiteelemendiks, mida ei sisalda mulla mineraalosa. Kõikide mullas leiduvate lämmastikuühendite algallikaks on õ h u l ä m m a s t i k, mille varud on praktiliselt ammendamatud, sest Maa pinna iga hektarit (nii maismaad kui ka vett) katab õhukiht, milles on umbes 70 000 tonni lämmastikku. Häda on aga selles, et kõrgemad taimed pole suutelised õhulämmastikku iseseisvalt omastama. See võime on mõningatel mikroorganismidel. Õhu molekulaarset lämmastikku saavad omastada mullas vabalt elunevatest mikroorganismidest aeroobsed (vajavad tingimata õhuhapniku manulust) asotobakterid ning mõned anaeroobsed bakterid, näiteks *Clostridium Pasteurianum*. Viimased ei vaja õhuhapniku ja võivad tegutseda ka mulla sügavamates kihtides. Õhulämmastikku seovad veel mõned seened ja vetikad.

Mullas vabalt elunevad õhulämmastikku siduvad mikroorganismid suudavad aastas siduda 5...50 kg molekulaarset lämmastikku hektari kohta.

Hoopis tähtsamat osa õhulämmastiku sidumisel etendavad liblikõieliste, eriti mitmeaastaste liblikõieliste juurtel elunevad m ü g a r b a k t e r i d, mille kaasabil seotakse aastas hektari kohta ligikaudu 70...200 kg lämmastikku. Järelikult saab ristiku ja lutserni kasvatamisega olulisel määral parandada mulla lämmastikubilanssi.

Mõningal määral satub seotud lämmastikku mulda ka atmosfäärist, kus elektrilähendustel (äike, virmalised) tekiavad lämmastikoksiidid, mis veega reageerinult satuvad sademe-

tega lõpuks mulda. Sel teel lisandub seotud lämmastikku aastas mulda ligikaudu 2,5...4,0 kg hektarile. Umbes niisama suur hulk lämmastikku leostub aga aastas nitraatidena mullast ka välja.

Peamine kogus lämmastikku on mullas huumuse ja orgaaniliste jäätmete näol. Eesti NSV mullad on üldiselt lämmastikuvae- sed (0,1...0,3% N) ja lämmastiku üldvarust mullas on taimedele otseselt omastatavaid anorgaanilisi ühendeid ainult ligi 1%. Orgaanilised lämmastikuühendid alluvad mitmesugustele mikro- bioloogilistele protsessidele ja alles nendes protsessides moodus- tunud ammoonium- ja nitraatioonid on peamised taimede poolt omastatavad lämmastikuvormid.

Lämmastikku sisaldavate orgaaniliste ühendite lagunemine kulgeb järgmise skeemi kohaselt:

huumusained, valgud → aminohapped → amiidid → ammoni- aak → nitritid → nitraadid.

Neid mikrobioloogilisi protsesse, mis lõpevad ammoniaagi (või ammooniumisoolade) moodustumisega, nimetatakse a m m o n i f i - k a t s i o o n i k s. Ammonifikatsioonile allub igasugune lämms- tikku sisaldav orgaaniline aine mullas. Ammonifikatsioon kulgeb mitmesugustes mulla reaktsiooni ja õhustatuse tingimustes terve rea mikroorganismide (bakterid, batsillid, hallitusseened, kiirik- seened jt.) osavõtul. Orgaaniliste lämmastikuühendite minerali- seerumisel mullas seotakse ammonifikatsiooniprotsessis tekkiv ammoniaak mulla neelavas kompleksis või omastatakse taimede ja mikroorganismide poolt. See osa ammoniaagist aga, mis tekib mullapinnal, võib kergesti lenduda.

Osa ammooniumioonidest seotakse mulla savimineraalide kris- tallvõres ja muutub seetõttu taimedele raskesti omastatavaks. Sellist nähtust nimetatakse ammooniumi f i k s a t s i o o n i k s.

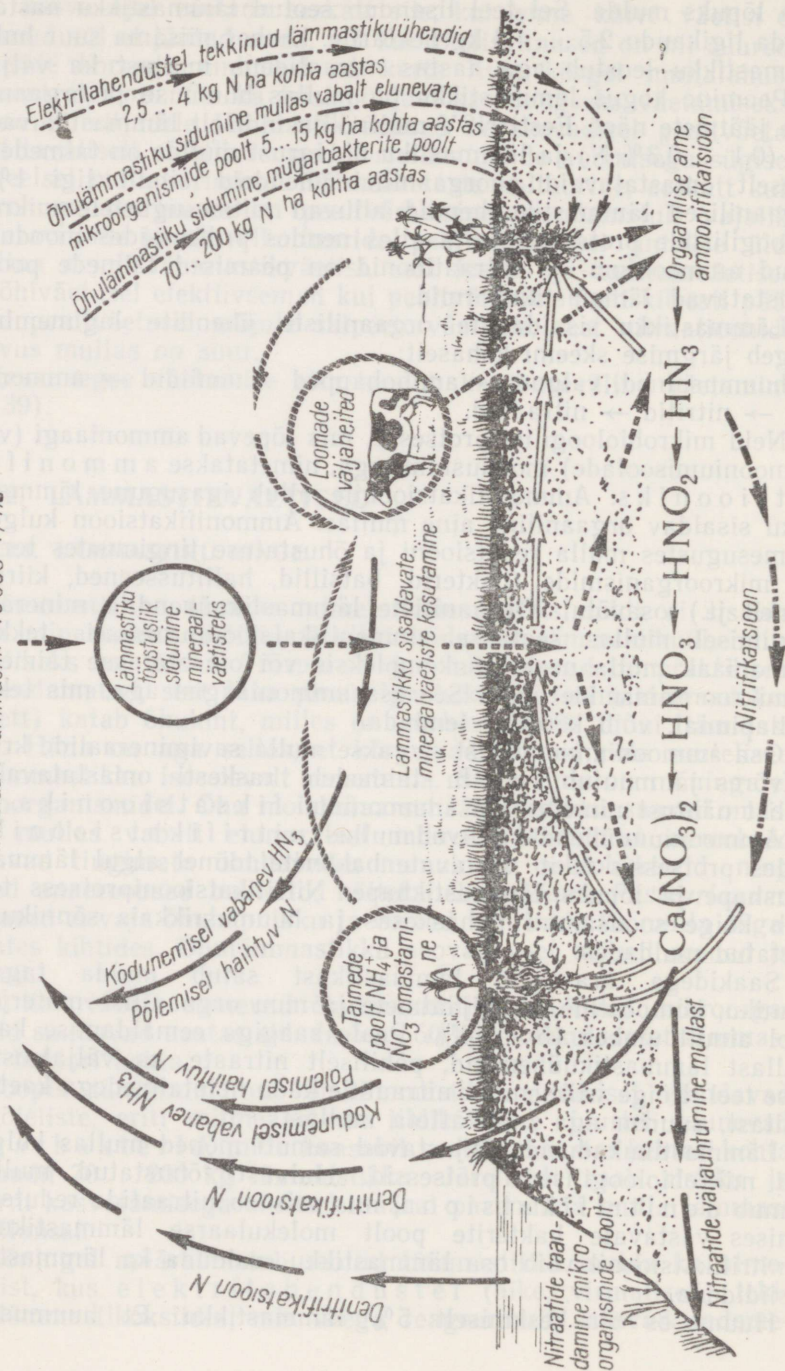
Ammooniumiühendid alluvad mullas n i t r i f i k a t s i o o n i l e. Selles protsessis tekib vastavate bakterite toimeel algul lämms- tikushape ja lõpuks lämmastikhape. Nitrifikatsiooniprotsess toi- mub kõige soodsamini puhaskesas ja huumusrikkais sõnnikuga väetatud muldades.

Saakidega äraviidud lämmastikust satub mulda tagasi sõnniku, kompostide, saagijäätmete ja muu orgaanilise materjali näol ainult umbes 15...40%. Peale saagiga eemaldamise kaob mullast lämmastikuühendeid, põhiliselt nitraate, ka väljaleostu- mise teel. Kõige väiksem on nitraatide kadu heintaimedega kaetud mullast, suurim aga taimkatteta mullast.

Lämmastikukadusid põhjustavad samuti mõned mullas kulge- vad mikrobioloogilised protsessid. Halvasti õhustatud mullas toimub d e n i t r i f i k a t s i o o n, mis seisneb nitraatide redutsee- rimises vastavate bakterite poolt molekulaarse lämmastikuni. Denitrifikatsioonil võib osa lämmastikku eralduda ka lämmastik- oksiididena.

Huumuses on keskmiselt 5% lämmastikku. Et huumusest

Atmofääri lämmastik 70 000 t/ha



Joonis 4. Lämmastiku ringe looduses.

vabaneks ligikaudu nii suur hulk lämmastikku, mis eemaldatakse mullast hektarisaakidega (ca 110...150 kg N), peaks aastast hektari kohta mineraliseeruma umbes 2,2...3,0 tonni huumust. See ei ole reaalne.

Lämmastiku puudujääk taimedel kaetakse lämmastikväetistega.

Lämmastiku ringest looduses annab ülevaate joonis 4.

### 3.2.2. LÄMMASTIKVÄETISTE SAAMINE, KOOSTIS JA OMADUSED

Et lämmastik on taimedele omastatav mitmesuguste ühenditena, eeldab see ka lämmastikväetiste mitmekesisust. Tõepoolest, ükski teine taimetoitelement ei kuulu nii erinevate omadustega väetiste koosseisu kui lämmastik.

Lämmastikväetistena kasutatakse nii ammonium- kui ka nitraat- ja amiidlämmastikku sisaldavaid ühendeid, mida keemiatööstuses valmistatakse õhulämmastikust, sidudes seda kas vesiniku, hapniku või süsinikuga. Nii saadakse lõpuks ammoniaak, lämmastikhape või tsüaanamiid, mis on aluseks lämmastikväetistele.

Vedel ammoniaak —  $\text{NH}_3$ . Tahked lämmastikväetised sisaldavad teatud hulga ballastaineid, mida taimed otseselt ei vaja, ja nad on küllaltki kallid, võrreldes fosfor- ja kaaliumväetistega. Seetõttu hakati käesoleva sajandi kolmekümnendail aastail uurima vedelate lämmastikväetiste kasutamise võimalusi.

Kõige suurema lämmastiksisaldusega (82,3% N) on vedel ammoniaak. Tema suurimaks puuduseks aga on kõrge aururõhk (20° juures ca 8,5 atmosfääri), mis nõuab väetise säilitamisel ja transportil vähemalt 30-atmofäärilist rõhku taluvaid nõusid, spetsiaalseid masinaid ja töötamisel väga suurt oskust ning hoolt. Seepärast on viimaseil aastail suure poolehoidu võitnud palju hõlpsamini käsitsetav ammoniaagi vesilahus ehk ammoniaakvesi.

Ammoniaakvesi sisaldab 20...25% ammoniaaki ehk 16,4...20,5% lämmastikku. Selle väetise tootmine ja kasutamine on NSV Liidus viimaseil aastail hoogsalt suurenenud. Ka Eestis laieneb ammoniaakvee kasutamine aasta-aastalt. Sedasama võime märgata teistes riikides. Ammoniaagi 25%-lise vesilahuse kohal on ammoniaagi rõhk 40° juures umbes 0,15 atmosfääri. Ta ei kahjusta musta metalli, küll aga vaske ja selle sulameid. Et ammoniaak kergesti aurub, tuleb väetist siiski säilitada ja käsitseta õhukindlaid nõudes ning temaga töötamisel rangelt kinni pidada ohutustehnika eeskirjadest (kaitsetorbik, vastav riietus jne.), sest ta on limanahka ärritava ja sööbiva toimega.

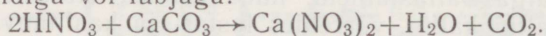
Mulda viidud ammoniaak liitub mulla kolloididega ja madalamate kontsentratsioonide puhul nitrifitseerub kergesti. Ammoniaakvett antakse mulda (mitte aga mulla pinnale või kasvavaile

taimedele) vähemalt 10 cm sügavusse. Sobivam mulda andmise aeg on hilissügisel, kui mulla t° on juba alla 5...7°, või kevadel mulla külvieelsel kultiveerimisel. Ammoniaakvett võib anda ka rühvelkultuuride vaheltharimisel.

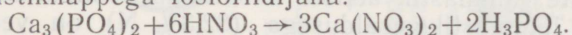
Ta on vastavais katseis ja tootmiskogemustel osutunud sobivaks lämmastikväetiseks rühvelkultuuridele, teraviljadele jt. ning andnud, tahkete lämmastikväetistega võrreldes, niisama suuri enamsaake.

**A m m o n i a k a a d i d.** Aururõhu vähendamise eesmärgil kasutatakse vedela ammoniaagi asemel ka ammoniakaate. Neid saadakse ammoniaagi vesilahuse juhtimisel ammooniumsalpeetri, kaltsiumsalpeetri või karbamiidi kontsentreeritud vesilahustesse (75...80%). Sisaldavad 30...50% N. Ammoniakatides kõigub auruõhk 20...30° juures 1 atmosfääri ligidal. Nende säilitamisel, transpordil ja käsitsemisel tuleb täita samu nõudeid kui ammoniaakvee kasutamisel. Sobivad samuti kõigile põllumajanduskultuuridele.

Kaltsiumsalpeeter, lubisalpeter ehk kaltsiumnitraat —  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  — oli esimene sünteetiline lämmastikväetis, mida hakati tootma juba 1905. aastal Norras ning nimetati siis «norra salpeetriks». Väetise valmistamiseks on kõigepealt vaja toota lämmastikhapet ning siis seda neutraliseerida kriidiga või lubjaga:

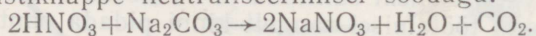


Perspektiivne on D. Prjanišnikovi soovitus mõjustada lämmastikhappega fosforiidijahu:



Kaltsiumsalpeeter esineb valgete või beežide graanulitena või libledena ja sisaldab vähemalt 15,5% N. Ta on vees hästi lahustuv. Kaltsiumsalpeeter on kõige hügrooskoopsem mineraalväetis, seetõttu tuleb teda säilitada tingimata tervetes kottides ja kuivas kohas. Ta on happelistel muldadel efektiivsem kui ammooniumsalpeeter ja ammooniumsulfaat, sest on füsioloogiliselt aluseline väetis.

**Naatriumsalpeeter ehk naatriumnitraat** —  $\text{NaNO}_3$ . Sünteetiliste lämmastikväetiste valmistusviiside väljatöötamiseni ja nende juurutamiseni oli kogu maailmas peamiseks lämmastikväetiseks looduslik naatriumsalpeeter, mida kaevandati ja töödeldi lisandite kõrvaldamiseks Tšiilis ning lasti müügile «tšiili salpeetri» nime all. Nüüd saadakse naatriumsalpeetrit lämmastikhappe neutraliseerimisega:

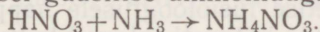


On ka teisi viise naatriumsalpeetri valmistamiseks.

Naatriumsalpeeter on valge, hallika varjundiga kristalliline vees hästi lahustuv aine. Ta sisaldab umbes 16% lämmastikku. Hügrooskoopsuse tõttu peab teda säilitama tervetes kottides kuivas kohas ning eemal kergesti süttivatest ainetest.

Naatriumsalpeeter on füsioloogiliselt aluseline väetis. Mulla happesuse vähendajana on ta happelistel muldadel efektiivsem kui füsioloogiliselt neutraalsed või happelised väetised.

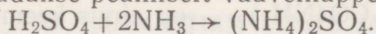
Ammooniumsalpeeter ehk ammooniumnitraat —  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . See on NSV Liidus enam kasutatav lämmastikväetis. Saadakse 56...60%-lise lämmastikhape vesilahuse neutraliseerimisel gaasilise ammoniaagiga:



Sõltuvalt tootmisprotsessist on ammooniumsalpeeter valge, vahel ka pisut kollakas või punakas, peenekristalliline, vees hästi lahustuv väetis, mis sisaldab 34% lämmastikku. On tugevasti hügrokoopne ja seetõttu lisatakse talle granuleerimisel pisut juurde mõningaid hüdrofoobseid (vett tõrjuvaid) lisandeid. Ammooniumsalpeetrit tuleb säilitada tervetes niiskuskindlates kottides kuivas kohas ning eemal tuleohtlikest ainetest, sest ammooniumsalpeeter — nagu teisedki salpeeterväetised — soodustab põlemist ja võib isegi plahvatada.

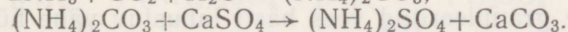
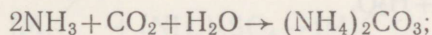
Ammooniumsalpeeter on universaalne lämmastikväetis: sobiv hästi kõikidel muldadel ja kõikidele kultuuridele, mis vajavad lämmastikväetist.

Ammooniumsulfaat —  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Ammooniumsulfaati saadakse peamiselt väävelhappe neutraliseerimisel ammoniaagiga:

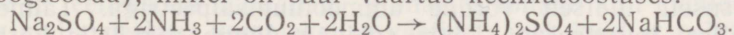


Küllastunud lahuses moodustunud  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  sade eraldatakse tsentrifuugimise teel ning kuivatatakse.

Väävelhappe asemel saab edukalt kasutada ka kipsi ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), glaubrisoola ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) või fosforhappe tootmise jääki — fosfokipsi. Selleks peenestatakse nimetatud ained, valmistatakse neist suspensioon ammoniaakvees ning juhitakse sellesse süsihappegaasi:



Sadestunud  $\text{CaCO}_3$  eemaldatakse filtreerimisel ning filtraadist vee aurutamisel sadestub  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Kui lähtematerjalina kasutatakse  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (selle varud on NSV Liidus mirabiliidina tohtud), saadakse ammooniumsulfaadi kõrval ka naatriumvesinikkarbonaati (söögisooda), millel on suur väärtus keemiatööstuses:



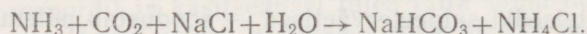
Ammooniumsulfaat on vähe hügrokoopne, valge, hallikas, rohekas või sinkjas, peenekristallilise ehitusega, vees hästi lahustuv väetis. On vähe paatuv. Sisaldab 20,5...20,8% N ning pisut vaba väävelhapet (0,05...0,2%). Koksiahjustest saadavast ammoniaagist valmistatud ammooniumsulfaat sisaldab lisandeid ja on seetõttu märgatava kivisöetõrvalõhnaga.

Ta on füsioloogiliselt märksa happelisem väetis kui ammooniumsalpeeter. Seetõttu soovitatakse kasutamisel (eriti kergema

lõimiseiga leetmuldadel) lisada enne väljakülvi ühe tsentneri väetise kohta umbes 1,3 ts  $\text{CaCO}_3$  või fosforiidijahu. Lubjatud muldadele langeb nende vajadus ära.

Ammooniumsulfaadi efektiivsus sõltub mitte ainult muldade erinevatest omadustest, vaid ka kasvatatavate kultuuride erinevustest. Mulla happelist keskkonda paremini taluvad kultuurid (kaer, talirukis, lina, kartul) reageerivad väetise füsioloogilisele happesusele vähe. Seevastu happelist keskkonda halvasti taluvad kultuurid (enamik köögivilju, suhkrupeet, oder, suvinisu jt.) kannatavad tugevamini ammooniumsulfaadi mulda hapustava mõju all, eriti selle väetise süstemaatilisel ja suuremais annustes kasutamisel.

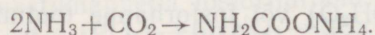
Ammooniumkloriid —  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . See lämmastikväetis saadakse kõrvalsaadusena sooda valmistamisel:



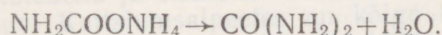
Ammooniumkloriid on valge või kollakas peenekristalliline väetis. On vees hästi lahustuv ja vähe hügrokoopne. Sisaldab 24...25% lämmastikku ja rohkesti kloori (67%), mis võib saagi kvaliteeti halvendada.

Ammooniumkloriidi ei ole meie vabariigis kasutatud.

Karbamiid ehk kusiaine —  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  — on ainus keemiatööstuses toodetav orgaaniline lämmastikväetis. Tema lähtematerjaliks on vedel või gaasiline  $\text{NH}_3$  ning  $\text{CO}_2$ . Suure rõhu all kõrgel temperatuuril moodustub algul ammooniumkarbamaat:



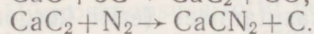
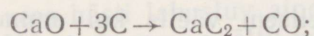
Viimane laguneb vee eraldumisel karbamiidiks:



Karbamiid on valge granuleeritud vees hästi lahustuv vähe hügrokoopne väetis. Ei paaku, hästi külvatav. Sisaldab 46% N ja kuni 1,0% biureeti. Viimane on taimedele kahjulik.

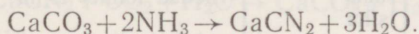
Karbamiid on kõige kontsentreeritum tahke lämmastikväetis ning seetõttu nõuab ühtlane külv erilist hoolt. Karbamiid on kasutamiseks sobiv kõigil muldadel ja kõikidele kultuuridele ning efektiivsuselt üldiselt võrdne ammooniumsalpeetriga. Taimede juurevälisel toitmisel on kõige sobivam lämmastikväetis karbamiid.

Lubilämmastiku ehk kaltsiumtsüanamiidi —  $\text{CaCN}_2$  saamine põhineb lämmastiku sidumisel kaltsiumkarbiidiga kõrgel temperatuuril. Kaltsiumkarbiidi saadakse lubja ja kivisöe kuumutamisel elektriühjus 1800...2500° juures:



Esitatud viisil saadud lubilämmastik on vabanevast süsinikust tingitult musta värvusega.

Lisanditeta kaltsiumtsüaanamiid ehk valge lubilämmastik saadakse ammoniaagi mõjumisel kaltsiumkarbonaadile 600...800° juures:



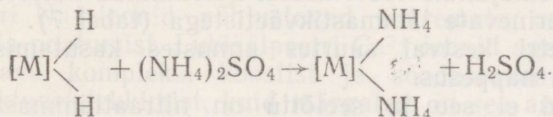
Valge lubilämmastik sisaldab ligi 35% N, mustas lubilämmastikus on 19...21% N. Lubilämmastik on (sõltuvalt valmistamisviisist) peen, kerge, must, tumehall (või heledam) tolmapulber. Tolmavuse vähendamiseks lisatakse lubilämmastikule kuni 1,5% naftaõlisid, mille tõttu ta lõhnab petrooleumi järele.

Lubilämmastik on füsioloogiliselt leelisene väetis ja seepärast väga sobiv kasutada happelistel muldadel.

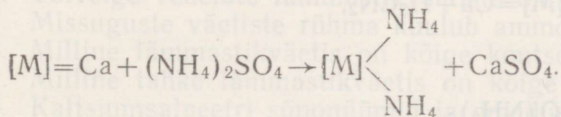
Et vältida tsüaanamiidi kahjulikku toimet idanevatele seemnete või tõusmetele, antakse lubilämmastikku varakult: kas sügiskünni alla või vähemalt 7...10 päeva enne seemne külvi. Lubilämmastikku ei ole sobiv anda pealtväetamisel, sest esimesed laguproduktid on taimedele mürgised.

### 3.2.3. LÄMMASTIKVÄETISTE JA MULLA VASTASTIKUNE TOIME

Väetisest sõltuvalt on nende toime mullale väga mitmesugune. Happelises mullas tõrjuvad ammoniumväetiste ammooniumioonid mulla neelavast kompleksist [M] välja rohkesti vesinikioone, suurendades seega aktiivset (mullalahuse) happesust:



Mulla hapestumist soodustavad ammooniumväetiste füsioloogiline happesus ja ammooniumioonide kiire nitrifikatsioon lämmastikhapeks. Seetõttu sobivad ammooniumväetised rohkem neutraalsetele ja leeliselistele muldadele. Viimastes toimub küll ionide vahetus mulla neelava kompleksi ja väetise vahel, kuid et neis muldades on vähese vesiniku kõrval rohkesti neeldunud kaltsiumi ja magneesiumi, tõrjuvad ammooniumioonid mullalahusesse peamiselt neid:



TABEL 7

Ammooniumsulfaadi ja ammooniumsalpeetri efektiivsus happelisel (pH=4,7) liivsaviil Raadil

Katse variant	Lämmastikväetis	Suvinisu saak ts/ha	Enamsaak lämmastik- väetise toimet ts/ha
PK	—	16,6	
PKN <sub>25</sub> PKN <sub>50</sub> PKN <sub>75</sub>	Ammooniumsulfaal " " " "	20,8 27,6 30,8	4,2 11,0 14,2
PKN <sub>25</sub> PKN <sub>50</sub> PKN <sub>75</sub>	Ammoonium- salpeeter " " " "	23,2 29,8 33,0	6,6 13,2 16,4

Ammooniumioonide neeldumise tõttu ongi oluliselt vähendatud või koguni välditud nende väljaleostumine mullast.

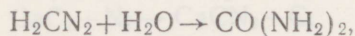
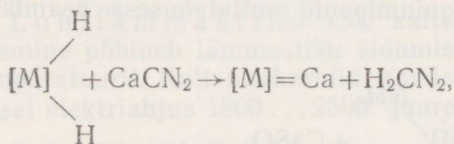
Ammooniumväetiste kasutamine happelistel muldadel suurendab lupjamisvajadust.

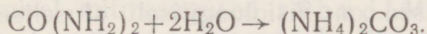
Ammooniumsalpeeter toimib algul küll füsioloogiliselt happelise väetisena, kuid hiljem kasutavad taimed ära ka selle nitraatlämmastiku. Ammooniumsalpeetri suurem väetusväärtus võrreldes ammooniumsulfaadiga happelisel mullal ilmneb selgelt EPA Raadi õppe-katsemajandis 1957. aastal korraldatud katsetest suvinisu väetamisel erinevate lämmastikväetistega (tabel 7).

Ammooniumsalpeetri kestval suurtes annustes kasutamisel suureneb siiski mulla happesus.

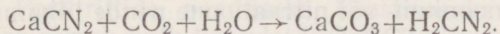
Nitraatioone muld ei seo ja seetõttu on nitraatlämmastik mullas väga liikuv ja kiire mõjuga.

Küllaltki keerulised muutused toimuvad mullas lubilämmastikuga. Happelises mullas asendab väetise kaltsiumioon mulla neelavas kompleksis vesiniku, mille tõttu mulla potentsiaalne happesus väheneb ja küllastusaste suureneb. Seejuures tekib aga taimedele mürgine tsüaanamiid, mis edasi muutub karbamiidiks ja lõpuks ammooniumkarbonaadiks:



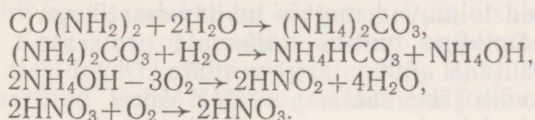


Liivmuldadel ja happelistel soomuldadel jääb algul moodustunud tsüaanamiid kauemaks püsima ja on seega ohtlikum. Tsüaanamiid tekib lubilämmastikust ka süsihappegaasi ja vee toimel:

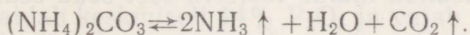


Lubilämmastik tuleb vähemalt nädal enne seemnete külvi mulda viia.

Karbamiidist tekkinud ammooniumkarbonaadi ammooniumioonid nitrititseeruvad mullas ning annavad lõpptulemusena lämmastik-happe:



Esitatud reaktsioonide tulemusel võib muld väetise ümbruses algul pisut leeliseks muutuda, edasises nitrifikatsiooniprotsessis muutub ta aga neutraalsemaks ja lõpuks koguni nõrgalt happeliseks. Põllule külvatud karbamiid tuleb võimalikult kohe järgnevate mullaharimisvõtetega umbes 10 cm tuseduse mullakihi segada, sest siis on lämmastikukadu karbamiidist välditud. Karbamiidi jätmisel mullapinnale haihtub osa lämmastikku ammooniumkarbonaadi lagunemisel tekkiva ammoniaagi kujul:



Mõnevõrra erinevalt mõjuvad mitmesugused lämmastikväetised ka mulla füüsikalistele omadustele. Naatriumsalpeetri  $\text{Na}^+$ -ioonid põhjustavad suuremate annuste kasutamisel mulla paatumist. Lubisalpeteri  $\text{Ca}^{2+}$ -ioonid aga parandavad mulla neelava kompleksi koostist ja soodustavad mulla sõmralise struktuuri tekkimist, kuid märgatav on see ainult suurte annuste pideval kasutamisel.

### Kordamisküsimusi

1. Kui palju on mullas lämmastikku?
2. Kui palju on mulla huumuses lämmastikku?
3. Selgitage denitrifikatsiooni olemust.
4. Millised mikroorganismid seovad õhulämmastikku?
5. Selgitage nitrifikatsiooni olemust.
6. Võrrelge vedelate lämmastikväetiste omadusi.
7. Missuguste väetiste rühma kuulub ammoniaakvesi?
8. Milline lämmastikväetis on kõige kontsentreeritum?
9. Milline tahke lämmastikväetis on kõige kontsentreeritum?
10. Kaltsiumsalpeetri sünonüümid ja omadused.

11. Millised lämmastikväetised on füsioloogiliselt aluselised? Millised füsioloogiliselt happelised?
12. Nimetage salpeeterväetiste ühiseid iseloomulikke omadusi.
13. Kuidas saadakse ammooniumsulfaati?
14. Millise värvusega on lubilämmastik?
15. Iseloomustage ammoonium- või nitraatioone nende liikumise seisukohalt mullas. Miks see nii on?
16. Millistel juhtudel on eriti sobiv kasutada salpeeterväetisi?
17. Millised lämmastikväetised avaldavad happeliste muldade omadustele kõige paremat toimet?
18. Millised lämmastikväetised avaldavad happeliste muldade omadustele negatiivset mõju?
19. Millised muutused toimuvad mullas lubilämmastikuga?
20. Kirjeldage karbamiidiga mullas toimuvaid protsesse.
21. Kuidas tuleb kasutada ammoniaagi vesilahust?
22. Kas karbamiidi võib jätta mulla pinnale? Miks?

### 3.3. FOSFORVÄETISED

Kõik taimed omastavad kasvamisel juurtega mullast fosforit, mis läheb erinevates hulkades taime erinevate organite koostisse. Muldades on fosforit märksa vähem kui lämmastikku ning tema omastamise aste on nii huumusest kui ka mineraalainetest väga väike. Ka atmosfäärist ei lisandu mulda fosforit, sest seda seal ei olegi.

Kõik see põhjustab madalaid saake seal, kus fosforväetisi ei kasutata või kasutatakse vähe. Fosforväetiste tootmise pideva kasvu tõttu laieneb järjest ka nende kasutamine põllumajanduses. Enamikus arenenud keemiatööstusega maades manustatakse väetistega fosforit mulda mitte vähem kui saakidega sealt eemaldatakse.

Kuid taimede poolt väetistest omastatud fosfori osa on küllaltki tagasihoidlik, moodustades tavaliselt ainult 10...20% väetistega mulda antud fosfori üldkogusest. Taimed hangivad omastatavaid fosfaate ka mulla varudest, eriti kui need paiknevad juurte lähedal. Ka see osa väetiste fosforist, mida taimed ei kasutanud esimesel aastal, et lähe kaotsi (ei uhuta mullast välja) ja taimed saavad seda osalt omastada ka järgnevatel aastail. Seetõttu parandab süstemaatiline fosforväetiste kasutamine tunduvalt mulla fosforibilanssi.

#### 3.3.1. FOSFORVÄETISTE TOORAINED

Fosforväetiste tootmisel on tooraineks peamiselt maakoos kivimitena esinevad fosforiidid ja apatiit. Neile lisanduvad metallurgiatööstuse jääkidena fosforirikaste rauamaakide tööt-

lemisel mitmesugused rääbud. Mõninga osa toorainet annavad ka loomade kondid.

Fosforiidid moodustuvad kauges geoloogilises minevikus kahel viisil: 1) tol ajal Maad asustanud elusolendite luustike mineraliseerumisel ja 2) kaltsiumfosfaadi sadestumisel veest.

Fosforiitide peamiseks koostisosaks on  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; millega koos esineb hulk lisandeid:  $\text{CaCO}_3$ , liiv, savi, raud- ja alumiiniumfosfaadid jt. NSV Liidus avastati rohkesti fosforiidilasundeid juba XVIII sajandi lõpus, kuid enamasti on nendes fosforisisaldus väike ja poolteisthappendite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sisaldus suur, mis raskendab superfosfaadi valmistamist. Suurim fosforiidimaardlaist on 1937. aastal Kara-Tau mäestik (Lõuna-Kasahstanis) avastatud leiukoht, kust saadakse ka kõrgeima  $\text{P}_2\text{O}_5$ -sisaldusega fosforiidimaaki.

Kara-Tau fosforiidid esinevad umbes 7 m tüseduse lasundina ja sisaldavad keskmiselt 30...35%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Paljud vanad fosforiidimaardlad Vene NFSV-s sisaldavad keskmiselt 18...27%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Suurema fosforisisaldusega on savised fosforiidid (Vjatka-Kaama, Jegorjevski, Vurnari jt.), vähema fosforisisaldusega aga liivakad fosforiidid, välja arvatud glaukoniitsed fosforiidid, mille fosforisisaldus on liivakate ja savikate fosforiitide vahepealne. Glaukoniitsed fosforiidid sisaldavad veel 1...4%  $\text{K}_2\text{O}$ .

Fosforiidilademeid esineb ka Leningradi oblastis Kingisepas.

Eestis leidub fosforiiti alamsiluri oboluseseerias obolusliivakivina. Siinne fosforiit koosneb peamiselt käsijalgsel *Obolus apollinis*'e karpidest, mis on tsementeerunud liivakiviga. Eesti fosforiit sisaldab keskmiselt 14%  $\text{P}_2\text{O}_5$  ja vajab seetõttu rikastamist. Fosforiidi üldvarud vabariigis ulatuvad miljardi tonni. Suuremad fosforiidimaardlad asuvad Toolses, Tsitres, Maardus, Aseris ja Sakas.

Fosforiidid võivad olla amorfsed ja kristalsed. Amorfsed fosforiidid lagunevad keemiliselt ja mikrobioloogiliselt kergemini ning nad on seetõttu hõlpsamini väetisena kasutatavad ka töötlematult.

Erakordselt suure tähtsusega oli 1925. aastal akad. A. Fersmani poolt maailma suurima apatiidi leiukoha avastamine Koola poolsaarel Hibiinides. Selgus, et paljud mäeharjad koosnevad seal apatiidist ja nefeliinist (kaaliumi ja naatriumi sisaldav alumosilikaat). Kaasajal on Hibiinide apatiit tooraineks enamikule NSV Liidu fosforväetiste tehastest, kaasa arvatud ka Maardu Keemiakombinaat Eestis.

Apatiidi empiiriline valem on  $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$  või  $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{CaF}_2$ . Rikastatud apatiidis on 39...40%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Lahustuvuse poolest jagunevad kõik fosforväetised kolme rühma: 1) vees lahustuvad (kergesti omastatavad kõigi taimede poolt), 2) vees lahustumatud, kuid nõrkades hapetes lahustuvad ning seetõttu taimede poolt omastatavad ja 3) vees lahustumatud ja ka nõrkades hapetes vähe lahustuvad ning seetõttu enamiku kultuuride poolt omastamatud (välja arvatud juhud, kui väetised lagundatakse happelistes muldades ja neist moodustuvad taime-dele kergemini omastatavad fosfaadid).

Fosforväetiste toorainete töötlemisel muudetakse need taime-dele kergesti omastatavaks.

Maailmas esineb rohkem esimesse rühma kuuluvaid väetisi (superfosfaati).

**K o n d i j a h u.** Kontides on ligi 60% kaltsiumfosfaati ja veidi magneesiumfosfaati. Kondijahu on üks vanemaid fosforväetisi, mida kasutasid juba antiikrahvad. Toorkontide kasutamist otsese väetisena pidurdab raske jahvatatavus ja aeglane lagunemine mullas. Kontide väetusväärtuse tõstmiseks katsetati mitmeid töötlemisviise hapete ja alustega. Leiti, et otstarbekohane on orgaaniliste lahustitega ja veeauruga enne kontidest rasv- ja liimained eemaldada, mille järel nad muutuvad kergesti jahvatatavaks ja nende väetusväärtus suureneb. Taolise töötlemise tulemusena väheneb kontide lämmastiksisaldus 3...5%-lt 0,7...1,2%-le, kuid suureneb  $P_2O_5$ -sisaldus 15...20%-lt 29...34%-le.

Häid tulemusi saadakse happelistel muldadel, kus kondijahu väetusväärtust hinnatakse 90...100%-le superfosfaadi omast. Kondijahu lämmastikku peetakse kiire mineraliseerumise tõttu samaväärseks ammooniumlämmastikuga.

Tänapäeval kasutatakse kondijahu neutraliseeriva lisandina väetissegude valmistamisel.

**F o s f o r i i d i j a h u.** Nagu juba eespool märgitud, on Nõukogude Liidus väga palju suhteliselt madala fosforisisaldusega fosforiite, mis hästi ei sobi tooraineks keemiatööstusele kvaliteetsete fosforväetiste tootmisel. Juba möödunud sajandi 80-ndail aastail korraldas vene agrokeemik A. Engelgardt rea katseid Smolenski kubermangus kohaliku fosforiidijahu (peeneks jahvatatud fosforiit) väetusväärtuse selgitamiseks. Nimetatud katsed andsid häid tulemusi. Edasised uurimised näitasid aga, et erinevad fosforiidid ei ole võrdse väärtusega erinevail muldadel kasutamisel ja erinevaile kultuuridele.

Tingimusi, milles fosforiidijahu saaks edukalt väetisena kasutada, asus selgitama D. Prjanišnikov koos P. Kossovitšiga möödunud sajandi lõpul. Ilmnes, et fosforiidijahu efektiivsus sõltub järgmistest asjaoludest: 1) missugused on kasutatava fosforiidijahu omadused; 2) missugust mõju avaldab kasutamiskoha muld

fosforiidile; 3) kuidas reageerivad erinevad taimed fosforiidijahule ja 4) missugune on kaasväetiste mõju.

Tutvume nende erinevate tingimustega pisut lähemalt.

1. Väga oluline on fosforiidi jahvatuse peenus, sest mida väiksem on osakeste läbimõõt, seda suurem on nende eripind ning seda tihedam kontakt mullaga ja seda paremad on eeldused fosforiidijahu lagunemiseks.

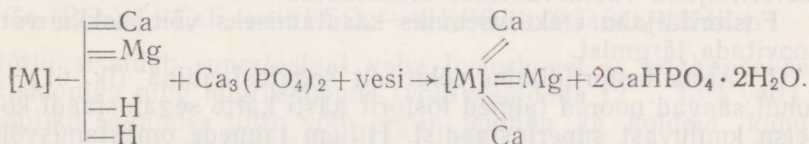
Varasemate uurimiste põhjal arvestatakse, et üle 0,17 mm läbimõõduga fosforiidijahu osakestel väetusväertus praktiliselt puudub. 0,08...0,17 mm läbimõõduga fosforiidijahu väetusväertus on umbes  $\frac{1}{2}$  superfosfaadi omast ja 0,08 mm peenusega fosforiidijahu efekt on ligikaudu võrdne superfosfaadiga.

Fosforiidi liigne peenestamine pole majanduslikult õigustatud ja tavaliselt piirduakse 0,08...0,17 mm peenusega. Amorfised fosforiidid on paremini omastatavad ega vaja nii suurt peenestust kui kristallilised.

Amorfsete, seega suhteliselt hästi omastatavate fosforiidide hulka kuulub ka eesti fosforiit. Väetuskatsetes on aga meie fosforiidijahu väetusväertus jäänud tihti suuresti maha superfosfaadi väetusväertusest.

Fosforiitide efektiivsus sõltub ka keemilisest koostisest, eelkõige fosforisisaldusest, samuti ka kaltsiumi-, raua- ja alumiiniumisisaldusest, kusjuures viimaste rohkus on ebasoodne.

2. Fosforiidijahu omastatavusele mõjub positiivselt mulla happesus. Seejuures mitte ainult mulla asendus-, vaid ka hüdrolüütiline happesus on suuteline lagundama fosforiidijahu ja tõstma selle efektiivsust:



Samasuguselt mõjuvad mullalahuses olevad happed (süsihape, mitmesugused mineraalhapped ja orgaanilised happed), mis reageerivad fosforiidiosakestega ja muudavad need lahustuvaiks, seega taimedele omastatavaiks.

Fosforiidijahu on efektiivsem väiksema küllastusastmega muldadel ( $V < 75\%$ ), võrreldes hästi küllastunudega. Seega on lubjama happelistel muldadel fosforiidijahu sobivam kasutada kui lubjatud muldadel.

Mida rohkem sisaldab muld liikuvat alumiiniumi, seda intensiivsemalt seob ta väetiste fosfaate ja vähendab väetise efektiivsust. Rohkesti liikuvat alumiiniumi sisaldavaid muldi tuleb enne mõõdukalt lubjata ja sõnnikuga väetada, mis suurendab fosforiidi efektiivsust. Tähelepanekud on näidanud, et fosforiidijahu on efektiivsem raskema lõimisega muldadel.

3. Mõningad taimed, nagu lupiin, tatar, hernes, sinep ja mesikas, kasutavad fosforiidi fosforit peaaegu niisama hästi kui superfosfaadi fosforit, seevastu aga teraviljad saavad seda kätte väga vähe. See on seletatav taimede juureeritiste erineva happesusega ja  $\text{Ca}^{2+}$ -ioonide omastamise erinevusega. Nimelt, mida rohkem taime omastab kaltsiumi, seda suurem on ta võime omastada fosforiidist fosforit.

4. Fosforiidijahu omastatavust suurendavad oluliselt füsioloogiliselt happelised väetised, seevastu füsioloogiliselt leelisesed väetised vähendavad fosforiidijahu omastatavust. Et füsioloogiliselt happeliste väetiste mõju maksimaalselt ära kasutada, segatakse need väetised fosforiidijahuga enne maha külvamist. Fosforiidijahu saadakse looduslike fosforiidide peenestamise teel. Maardu Keemiakombinaadis eraldatakse sõelumisel liivakivi ja sõelale jäävad peaaegu puhtad obulusekarbid. Viimased jahvatatakse kuulveskites peeneks pulbriks.

Fosforiidijahu rikastatakse ka floteerimise teel.

Fosforiidijahu on tumehall, vahel ka pruunika värvusega hästi puistuv kuiv pulber. Tema  $\text{P}_2\text{O}_5$ -sisalduse alammäärad on järgmised: kõrgem sort — 30%, I sort — 25%, II sort — 22% ja III sort — 19%. Seejuures võib 0,175 mm avadega sõelale jääda kuni 10% fosforiidijahu.

Eesti fosforiidijahu efektiivsuse ja otstarbekohase kasutamise selgitamiseks on meil tehtud palju uurimisi (E. Raudväli, H. Kärblane jt.). Korraldatud katsetes on fosforiidijahu mõju jäänud üsna madalaks. Isegi fosforiidijahu jahvatamine ülipeeneks ei ole tema toimet suurendanud. See näitab, et varasemates uurimustes on fosforiidijahu väetusväärtust ülehinnatud.

Fosforiidijahu efektiivsemaks kasutamiseks võib kokku võttes soovitada järgmist.

1. Anda fosforiidijahu põhiliselt segafosfaadina (lk. 61). Sel juhul saavad noored taimed fosforit hästi kätte segafosfaadi koosseisu kuuluvast superfosfaadist. Hiljem taimede omastamisvõime kasvab ja nad saavad ka fosforiidijahu paremini kasutada.

2. Kasutada fosforiidijahu eeskätt tugevasti happelistel muldadel.

3. Kasutada fosforiidijahu eeskätt lupiini, tatra, sinepi, heintaimede, rapsi ja herne väetamiseks. Teraviljad kasutavad fosforiidijahu halvasti.

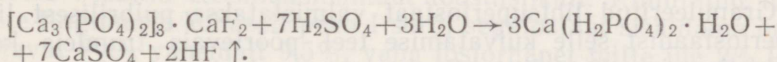
4. Kasutada fosforiidijahu turvasmuldadel ja ristikutakamara üleskündmisel. Lämmastikurikka orgaanilise aine lagunemisel on paremaid eeldusi intensiivseks nitrifikatsiooniks, nitrifikatsiooniprotsessil tekkiv lämmastikhape aga lagundab fosforiidijahu.

5. Anda fosforiidijahu sügiskünni alla. Pikem reageerimisaeg mullaga ja paiknemine huumushorisondi sügavamas ning niiskemas osas loovad paremad eeldused fosforiidijahu kasutamiseks taimede poolt.

6. Anda fosforiidijahu laudas sõnnikusse. See vähendab lämmastikukadu sõnnikust ja suurendab mõningal määral fosforiidijahu lahustumist. Lisatava fosforiidijahu koguse määramisel arvestatagu hektarile antavat sõnnikukogust ja väetatava põllu fosforväetisevajadust.

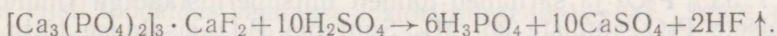
7. Kasutada fosforiidijahu kompostide valmistamisel, eriti kui komposteerimiseks kasutatakse happelist turvast. Tingimata tuleb tagada fosforiidijahu ühtlane segunemine komposteeritava orgaanilise materjaliga.

Superfosfaadid on tähtsaimad fosforväetised niihästi NSV Liidus kui ka mujal. Lihtsuperfosfaadi valmistamiseks lisatakse peeneks jahvatatud apatiidi- või fosforiidikontsentraadile väävelhapet. Seejuures saadakse vees lahustuva kaltsiumdivesinikfosfaadi ja kaltsiumsulfaadi segu, kuna fluorvesinik lendub:

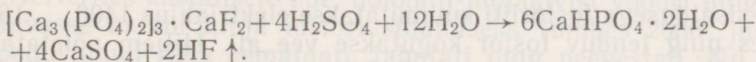


Lihtsuperfosfaadi tootmisel kulub ühe tonni tooraine kohta umbes 1 tonn hapet ning lõpuks saadakse ligi 2 tonni fosforväetist. Järelikult sisaldab saadav superfosfaat umbes kaks korda vähem  $\text{P}_2\text{O}_5$  kui tooraine ning sellepärast ei sobigi madala  $\text{P}_2\text{O}_5$ -sisaldusega toorained siin lähtematerjaliks.

Sõltuvalt tingimustest võib superfosfaadi valmistamisel algsed komponendid vahel segus kulgeda ka teisi reaktsioone. Kohtades, kus puuduliku segamise tõttu on väävelhappe ülekaal, laguneb kaltsiumfosfaat täielikult ja tekivad ortofosforhape, kaltsiumsulfaat ja fluorvesinik:



Seetõttu sisaldab superfosfaat vaba fosforhapet ja on happelise reaktsiooniga ning hügrokoopne (võib sisaldada 12...13% vett). Puuduliku segamise tõttu võib segus leiduda ka koldeid, kuhu hapet on vähe sattunud. Seal moodustub vees lahustumata, kuid nõrkades hapetes lahustuv kaltsiumvesinikfosfaat —  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ :

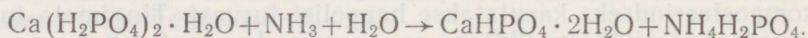


Seega kuuluvad superfosfaadi koostisse rida taimedele omastatavaid ühendeid: kaltsiumdivesinikfosfaat, kaltsiumvesinikfosfaat, fosforhape, pisut lagunemata kaltsiumfosfaati ja vähesel hulgal ka taimedele raskesti omastatavaid alumiinium- ja raudfosfaate. Peale nende ühendite on lihtsuperfosfaadis veel umbes 40% kipsi.

Pulbriline lihtsuperfosfaat on helehall fosforhape ja fluorvesiniku lõhnaga ning hapu maitsega pisut hügrokoopne, seismisel paatuv pulber. Omastatava  $\text{P}_2\text{O}_5$  sisalduse alammäär on kõrgemal sordil 19,5% ja esimesel sordil 19,0%.

Pulbrilise superfosfaadi halbade füüsikaliste omaduste kõrvaldamiseks teda granuleeritakse või ammoniseeritakse.

Ammoniseeritud superfosfaat saadakse ammoniaagi juhtimisel pulbrilisse superfosfaati. Ammoniaak reageerib kõigepealt vaba fosforhappega:  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ . Seejärel reageerib ammoniaak kaltsiumdivesinikfosfaadiga:



Tekkiv kaltsiumvesinikfosfaat ei ole vees lahustuv. Et vältida väetise lahustumise halvenemist, ei tohi ammoniaaki superfosfaadis liiga palju lisada. Lämmastikusisalduse tõttu muutub esialgne ühekülgne väetis kompleksväetiseks, mis sisaldab siiski mitte üle 2...3% N. Saadud väetis pole enam hügrokoopne, ei paatu ja on hästi külvatav.

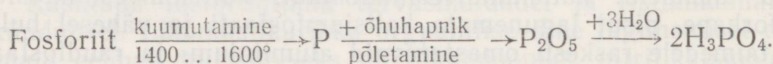
Granuleeritud lihtsuperfosfaat valmistatakse pulbrilisest lihtsuperfosfaadist selle kuivatamise teel pöörlevais trumleis koos neutraliseeriva lisandiga. Seejuures moodustuvad mitmesuguse läbimõõduga graanulid, millest sobivaimad on 1...4 mm suured sõelumisel eraldatavad graanulid.

Granuleeritud superfosfaat sisaldab vähemalt 19,5% omastatavat  $\text{P}_2\text{O}_5$ , on väikese niiskusesisaldusega (1...4%), väiksema vaba happe sisaldusega (1...2,5%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ja hästi külvatav heade füüsikaliste omadustega väetis.

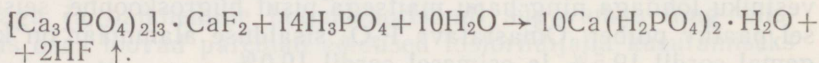
Topeltsuperfosfaat —  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  — ei sisalda enam lihtsuperfosfaadis suurel hulgal olevat kipsi, mis enamasti moodustab mittevajaliku ballasti. Topeltsuperfosfaat on granuleeritud hallikasvalge vees lahustuv hea külvatavusega väetis, mis sisaldab 45...53%  $\text{P}_2\text{O}_5$  ja sarnaneb toimelt lihtsuperfosfaadiga (muidugi võrdsete  $\text{P}_2\text{O}_5$ -annuste korral). Suurema  $\text{P}_2\text{O}_5$ -sisalduse tõttu on ta kaugete vedude korral lihtsuperfosfaadist palju ökonoomsem.

Topeltsuperfosfaadi valmistamine toimub kahes faasis. Esiteks toodetakse fosforiididest (on võimalik kasutada ka madala  $\text{P}_2\text{O}_5$ -sisaldusega toorainet) teiste mineraalhapete toimel vaba fosforhape (lk. 48 ja 59).

On välja töötatud ka teine fosforhappe saamise viis. Madala  $\text{P}_2\text{O}_5$ -sisaldusega fosforiiti kuumutatakse elektriahjus 1400...1600° juures ning lenduv fosfor kogutakse vee all. Hiljem põletatakse fosfor õhuhapniku manulusel  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ks ning selle reageerimisel veega saadakse fosforhape:

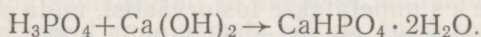


Saadud fosforhappega mõjutatakse uut kogust fosforimaaki:



Peale topeltsuperfosfaadi on fosforhappest võimalik valmistada veel muid väärtuslikke väetisi.

Pretsipitaat —  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — saadakse fosforhappe neutraliseerimisel lubjapiimaga:



Pretsipitaat on kuiv, mittepaakuv, valge või valkjashall pulber, mis sisaldab 25...35%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Vees ta ei lahustu, kuid lahustub lahjades hapetes ja temas sisalduv fosfor on taimedele omastatav. Väetusväärtuselt enam-vähem võrdne superfosfaadiga.

Segafosfaat. Superfosfaadi füüsikaliste omaduste parandamise ning temas leiduva vaba fosforhappe kasutamise eesmärgil segatakse superfosfaat ja fosforiidijahu vahekorras umbes 1:1 ning saadakse segafosfaadiks nimetatav väetis. Seda väetist valmistab Maardu Keemiakombinaat tööstuslikult. Kinnitatud tehniliste tingimuste kohaselt peab I sordi segafosfaat sisaldama omastatavat  $\text{P}_2\text{O}_5$  vähemalt 9,5%, vaba fosforhapet mitte üle 2%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , üld- $\text{P}_2\text{O}_5$  vähemalt 21,5% ja niiskust mitte üle 8%. II sort peab sisaldama üld- $\text{P}_2\text{O}_5$  vähemalt 20%, muud nõuded on samad kui I sordil.

Segafosfaati saab ka iga majand ise kohapeal valmistada. Tuleb rõhutada, et mida happelisemale mullale segafosfaati antakse, seda suurem võib olla väetises fosforiidijahu osatähtsus.

Defluoreeritud fosfaadi saamiseks töödeldakse looduslikku apatiiti või fosforiiti 2...3% liivaga veeaurus 1400...1450° juures. Seejuures laguneb fluorapatiidi kristallvõre, fluor lendub (umbes 90% ulatuses) ning tekib mitmesuguseid kaltsium- ja kaltsiumsilikofosfaate, mis lahustuvad lahjades hapetes. Sel viisil töödeldes saadakse fosforiididest umbes 20...22%  $\text{P}_2\text{O}_5$  sisaldav väetis, apatiitidest aga 30...32%  $\text{P}_2\text{O}_5$  sisaldav fosfaat. Defluoreeritud fosfaadi väetusväärtus on ligikaudu võrdne superfosfaadi omaga, eriti happelistel muldadel.

Toomas- ja martäänjahu. Toomasjahu saadakse fosforirikastest rauamaakidest valmistatud malmi töötlemisel rauaks ja teraseks. S. G. Thomas võttis 1878. aastal malmi sulatamise konverterites kasutusele uue, dolomiit-lubjakivist voodri ning lisas sulavasse malmi lupja fosfori sidumiseks (umbes 2000° juures). Moodustunud räbu eemaldati, jahutati ning peenestati. Nii saadi raske mustjaspruun pulber — toomasjahu, mis sisaldab sidrunhappes lahustuvaid fosfaate 7...20%  $\text{P}_2\text{O}_5$ -le vastavas koguses. Peamine osa fosforist esineb sidrunhappes lahustuva tetrakaltsiumdifosfaadina ( $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$ ). Rohkesti esineb veel kaltsiumsilikaati, raua-, alumiiniumi-, mangaani-, magneesiumi- ja teiste elementide (sealhulgas ka mikroelementide) ühendeid. Seda väetist kasutatakse ainult põhiväetisena ja leelisuse tõttu peamiselt happelistel muldadel.

Martäänjahu saadakse martäänahjudest fosforirikaste maakide

lubjaga töötlemisel moodustuva martäänräbu peenestamisel. Martäänjahu on ligikaudu sama koostisega ja väetusväärtusega nagu toomasjahu, kuid sisaldab sellest siiski vähem fosforit (keskmiselt 8...12%  $P_2O_5$ ). On tugevasti aluseline.

**T e r m o f o s f a a t i d e k s** nimetatakse fosforväetisi, mida saadakse looduslike fosfortoorainete kuumutamisel 1100...1200° juures mitmesuguste leelismetallide ühendite (sooda, potas jt.) manusel. Nii saadakse lõpuks trikaltsiumdinaatriumdifosfaat ( $Ca_3Na_2P_2O_9$ ) või trikaltsiumdikaaliumdifosfaat ( $Ca_3K_2P_2O_9$ ). Et termofosfaatidesse jääb ligi kolm korda vähem lisandeid kui superfosfaati, võib nende lähteaineks kasutada ka madalama fosforisisaldusega fosforiite.

Oma toimelt sarnaneb termofosfaat toomasjahuga ning on eriti efektiivne happelistel muldadel.

**M e t a f o s f a a d i d** on metafosforhappe soolad ning sisaldavad rohkem  $P_2O_5$  (kuni 70%!) kui teised fosforväetised.

Kaltsiummetafosfaat —  $Ca(PO_3)_2$  — saadakse, kui difosforpentoksiidiga mõjutatakse kõrgeprotsendilisi fosforiite. Sisaldab ligi 64%  $P_2O_5$ .

Tuntakse ka kaalium- ja ammooniummetafosfaati, kuid neid käsitletakse liitväetiste hulgas (lk. 72).

Toitainete kõrge sisalduse tõttu on metafosfaadid perspektiivsed väetised.

### 3.3.3. FOSFORVÄETISTE JA MULLA VASTASTIKUNE TOIME

Raskesti lahustuvate fosforväetiste (kondijahu, fosforiidijahu, toomasjahu, martäänjahu, termofosfaadid, defluoreeritud fosfaadid, pretsipitaat) fosfori omastatavusele mõjub soodsalt mulla happesus (vt. lk. 57 fosforiidijahu ja mulla vastastikuse toime kohta). Sama, mis kehtib mulla küllastusastme kohta fosforiidijahuga väetamisel, on maksev ka teiste raskesti lahustuvate fosforväetiste korral.

Et mulla happesus suurendab raskesti lahustuvate fosforväetiste omastatavust, siis kõik need tegurid ja tingimused (nagu näiteks füsioloogiliselt happelised kaasväetised), mis suurendavad mulla happesust, suurendavad ka raskesti lahustuvate fosforväetiste omastatavust ning vastupidi — mulla happesust vähendavad tegurid (näit. muldade lupjamine, füsioloogiliselt aluselised väetised jne.) vähendavad nende väetiste efektiivsust.

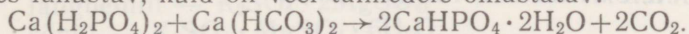
Et mulla potentsiaalne happesus saaks raskesti lahustuvate fosforväetiste omastatavust suurendada, on vaja saavutada väetise ja mulla vahel tihe kontakt ning kestev kokkupuude: väetis tuleb maha külvata võimalikult varakult ning mullaga hästi segada. Kõige parem on anda väetis juba sügisel künni alla. Nii toimides võib nende väetiste toime tugevasti happelistel muldadel olla ligi-

kaudu võrdne superfosfaadi efektiivsusega või isegi ületada selle mõne kultuuri puhul.

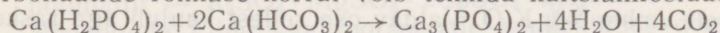
Et lubiväetised vähendavad fosforiidijahu ja teiste raskesti lahustuvate fosforväetiste toimet tugevasti, ei tohi neid anda mulda samaaegselt ja samasse mullakihti. Juhul kui osutub vajalikuks neid anda samale põllule, tuleb fosforväetis viia mulda juba varakult künni alla, et muld saaks seda pikemat aega mõjustada, lubiväetis aga anda mulda alles kevadel kultivaatori alla.

Hästi lahustuvaid fosforväetisi mõjustab mulla happesus negatiivselt. Vees lahustuvate fosforväetiste omastatavus väheneb happelises mullas järsult. Selle põhjuseks on vees lahustuvate fosfaatide sidumine happelises mullas esinevate alumiiniumi- ja rauaühendite poolt raskesti lahustuvaiks ja seega taimedele raskesti omastatavaiks alumiinium- ja raudfosfaatideks. Seda protsessi nimetatakse fosforhappe retrogradatsiooniks. Fosfaatioonide sidumise vähendamiseks happelistes muldades on soovitatav lahustuvaid fosforväetisi mitte segada väga suure mullamassiga, vaid anda nad koldeliselt või granuleeritult.

Neutraalseis muldades muutuvad lahustuvad fosforväetised (eeskätt superfosfaadid) kaltsiumvesinikkarbonaadiga reageerimisel võrdlemisi ruttu kaltsiumvesinikfosfaadiks, mis pole küll vees lahustuv, kuid on veel taimedele omastatav:



Karbonaatide rohkuse korral võib tekkida kaltsiumfosfaat:



Sellistes tingimustes võib mullas kohati moodustuda lõpuks koguni hüdroksüülapatiit ja fluorapatiit.

Superfosfaatide fosforhappe keemilisel neeldumisel neutraalseis ja leelisestes muldades moodustuvad seega vees lahustumatud fosfaadid, millest  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  on taimedele raskesti omastatav. Kuid värske, hiljuti moodustunud  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  on taimedele siiski veel kättesaadav.

Kõigis muldades neelatakse osa fosfaatioone positiivselt laetud mullakolloidide poolt. Füüsikalis-keemiliselt neeldunud fosfaatioonid on taimedele veel omastatavad.

Mulla mikroorganismid seovad oma plasma koostises ka mõninga osa fosfaate.

### Kordamisküsimusi

1. Mida kasutatakse fosforväetiste toorainena?
  2. Kuidas on moodustunud fosforiidide lademed Eestis? Kus nad asuvad?
  3. Milliseid fosforväetisi valmistatakse Eesti NSV-s?
  4. Kuidas sõltub fosforiidijahu efektiivsus tema peenusest?
- Miks?

5. Millistel muldadel on fosforiidijahu mõju suurem?
6. Millised kultuurid kasutavad fosforiidijahu paremini, millised halvasti?
7. Kuidas tuleks fosforiidijahu kasutada, et ta pääseks paremini mõjule?
8. Kuidas toodetakse liht-, kuidas topeltsuperfosfaati? Kui suur on nende  $P_2O_5$ -sisaldus? Miks ei saa rääkida lihtsuperfosfaadi valemist?
9. Millistest ühenditest koosneb lihtsuperfosfaat?
10. Milles seisnevad granuleeritud superfosfaadi eelised pulbrilise superfosfaadi ees?
11. Mis eesmärgil valmistatakse superfosfaati?
12. Võrrelge toomasjahu ja termofosfaatide valmistamist.
13. Mille poolest paistavad silma metafosfaadid?
14. Mida võite ütelda fosforiidijahu ja lubiväetiste kooskasutamise kohta?
15. Mis toimub superfosfaadiga mullas?

### 3.4. KAALIUMVÄETISED

#### 3.4.1. KAALIUMVÄETISTE TOORAINEDAAS

Mineraalmuldade kaaliumi üldsisaldus on võrdlemisi rikkalik, keskmiselt umbes 2%  $K_2O$ . Valdav osa sellest kuulub aga raskesti lahustuvate alumosilikaatide koostisse ega ole taimedele kättesaadav. Seetõttu tuleb lahustuvaid kaaliumiühendeid väetisena juurde anda.

Maapõues leidub kohati rikkalikke lahustuvate kaalisoolade lademeid. Nende tekke kohta on kaks teooriat. Mandrilise tekke teooria kohaselt moodustusid need leiukohad settekivimitest väljaleostunud soolade lahuste kogunemisel maapinna nõgujatesse pinnavormidesse, kus vee aurumisel tekkisid ajapikku terved soolalademed. Rohkem tunnustamist on leidnud laguunilise tekke teooria, millele vastavalt kaalisoolade lademed on tekkinud nende väljakristalliseerumise teel mereveest madalates, avamerest pooleldi eraldatud merelahtedes — laguunides —, kus toimub intensiivne vee aurumine.

Soolade üldsisaldus ookeanide ja merede vees on tavaliselt 1,0...3,6% piires, sealhulgas on kaaliumkloriidi 0,02...0,07%. Mõningates veekogudes, kus vee juurdevool on väike ja aurumine intensiivne, on soolade kontsentratsioon palju suurem. Nii ulatub Surnumere vees  $K_2O$ -sisaldus 3%-ni ja  $K_2O$  üldvarud ümmarguselt 1,5 miljoni tonnini.

Merevee kontsentreerumisel sadestuvad kõigepealt kaltsium- ja magneesiumkarbonaadid, moodustades lubjakivi, dolomiidi ja merglilise savi lademeid. Edasi sadestub kips, siis sülviniit ja

veelgi kontsentreeritumast lahusest karnalliit. Hiljem laguunid kuivavad täielikult ja väljasadestunud soolad kattuvad mitmesuguste muude setetega. Suuremates leiukohtades ulatub kaalisoolade vanus üle 200 miljoni aasta. Nad on tekkinud permi ja devoni ajastul.

Nagu fosforimaakide, nii on ka kaalisoolade looduslike varude poolest eri maad väga ebavõrdses olukorras. 1963. aasta 1. jaanuari seisuga hinnati kindlakstehtud kaalisoolade varusid maapõues 73 miljardile tonnile  $K_2O$ -le, sellest Nõukogude Liidus 34, Saksa DV-s ja Saksa FV-s kokku 20, Kanadas 16, Iisraelis ja Jordaania 1,8 ja USA-s 0,36 miljardit tonni.

Maapõues esinevad kaalisoolade varud, nn. kaalitoorsoolad ongi kaaliumväetiste allikaiks. Neides maades, kus kaalitoorsooli ei leidu, toodetakse kaaliumväetisi ka mereveest.

Põhilised mineraalid kaalitoorsoolade leiukohtades on järgmised:

sülviin —  $KCl$ ,

haliit ehk kivisool —  $NaCl$ ,

sülviniit —  $mKCl \cdot nNaCl$ ,

karnalliit —  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ,

kainiit —  $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ ,

langbeiniit —  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ ,

šoniit —  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ ,

polühaliit —  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .

Nõukogude Liidu kaalitoorsoolade leiukohtades domineerivad kloriidsete mineraalid.

Maailma kõige rikkalikum kaalitoorsoolade leiukoht asub Kesk-Uraalis Kaama jõe kallastel ja kannab Ülem-Kaama leiukoha nime. Selle leiukoha varusid hinnatakse 24 miljardile tonnile  $K_2O$ -le. Tema pindala on umbes 2000  $km^2$  ning hõlmab ka varem tuntud Solikamski leiukoha, mis avastati 1925. aastal ja kus juba 40 aasta vältel toodetakse põhiline kogus NSV Liidu kaaliumväetistest.

Ülem-Kaama leiukohas on kattedihi paksus suhteliselt väike — valdavalt 90...220 m — ja kaalitoorsoola kihid väga tusedad. Viimased jagunevad kaheks tsooniks: karnalliiditsooniks ja sülviniiditsooniks. Karnalliiditsooni kihid vahelduvad kirjude sülviniitide ja kivisoola kihtidega. Karnalliiditsooni all asub sülviniiditsoon keskmise tusedusega 30 m. Selle ülemised kihid koosnevad valkjatest sülviini ja hallikatest või sinakatest haliidi kristallidest. Selle kirju sülviniidi all asub punane sülviniit. Sülviniiditsoonist allpool algab tüese lusaaldane kivisoola lade.

Juba paarkümmend aastat töötavad kaalisoolakaevandused ka Lääne-Ukrainas Eel-Karpatische leiukohas Kaluši, Stebniki, Golõni ja Dombrovi piirkonnas. Kloriidsete mineraalide sülviini, karnalliidi ja kainiidi kõrval leidub siin ka sulfaatseid mineraale langbeiniidi, šoniidi ja polühaliidi näol, mis on eriti hinnatav.

Starobini kaalitoorsoolade leiukoht, mis alles 1948. aastal avastati, on Euroopa suurim. Seegi leiukoht on juba läbi uuritud ja leiab kasutamist. Soligorski keemiakombinaat saadab sealt ka meie vabariiki kaaliumväetisi. Starobinis leidub peamiselt kloriidseid kaalisooli sülviniiti ja karnalliiti. Mitmesaja km<sup>2</sup> suurusel pindalal lasub 200...500 m sügavusel neli kaalisoolade horisonti, millest tusedamad on 7...8 m paksud.

Kaalitoorsoolade leiukohti on NSV Liidus veel Kaspi madalikul, Donetsi basseinis ja Kesk-Aasia vabariikides. Seega on otse meie maa põllumajanduspiirkondadesse koondunud hiiglaslikud kaalitoorsoolade lademed, mis on suhteliselt kergesti ekspluateeritavad.

Välismaa kuulsamaid kaalisoolakaevandusi asub Saksamaal Stassfurdis. Seal on nii kloriidseid kui ka sulfaatseid kaalisoolasid. Lademe tusedus on 6...40 meetrit.

Teistes maades, nagu Kanadas, Prantsusmaal, Hispaanias ja USA-s, ulatub kaalitoorsoolade kiht ainult mõne meetrini ja see paikneb tihti kuni kilomeetri sügavuses.

#### 3.4.2. KAALIUMVÄETISTE SAAMINE, KOOSTIS JA OMADUSED

Looduslikest sooladest hakati kaaliumväetisi esimesena valmistama 1861. aastal Saksamaal Stassfurdis. Tsaari-Venemaal kaaliumväetisi ei toodetud, neid veeti sisse Saksamaalt. 1910. aastal imporditi kaaliumväetisi Venemaale 16000 tonni.

Nõukogude Liidus loodi esimene kaalisoolakaevandus aastatel 1927—1930 Solikamski linna lähedal. Eriti ulatuslikult arenes kaaliumväetiste tootmine pärast Suurt Isamaasõda. 1954. aastal lasti käiku I Bereznikovi kaalikombinaat. Seitseaastakul (1958—1965) tekkisid juurde I ja II Soligorski ning II Bereznikovi kaalikombinaat. Alustati kaaliumsulfaadi tootmist Kaluši kombinaadis.

Käesoleval ajal on Nõukogude Liit kaaliumväetiste tootmise poolest maailmas esikohal. Koos kaaliumväetiste tootmise kasvuga on tugevasti suurenenud ka nende kontsentreeritus. Kui 1963. aastal sisaldasid kaaliumväetised Nõukogude Liidus keskmiselt 27% K<sub>2</sub>O, siis 1970. aastal pidi see olema juba 52%. Suuresti kasvab mittēpaakuvate ja granuleeritud kaaliumväetiste tootmine.

Kaaliumväetised jagunevad kloriidseteks, kus kaalium esineb peamiselt KCl näol, ja sulfaatseteks, kus iseloomulikuks ühendiks on K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Sulfaatseid kaaliumväetisi nimetatakse tihti kloorivabadeks, kuigi nad seda päris ei ole.

Kogu maailmas domineerivad kloriidsed kaaliumväetised. Sulfaatseid kaaliumväetisi kasutatakse ainult umbes 5% mineraalväetistega antava kaaliumi üldkogusest. Ka Nõukogude Liidus ei ole nende osatähtsus suurem.

Varem kasutati kaaliumväetisena rohkesti kaalitoorsooli. Meie

vabariigis leidsid kasutamist kloriidseid toorsoolad sülviniit ja kainiit. Nad sisaldasid 9...15%  $K_2O$ . Seoses tööstuse arenemisega ei transpordita kaalitorsooli enam kauge maa taha.

Kaaliumkloriid —  $KCl$  — on põhiline kaaliumväetis. Kaaliumkloriidi saadakse peamiselt sülviniidist, mis kujutab endast sülvini ja haliidi kristallide segu. Juba enam kui sajandi vältel toodetakse sülviniidist kaaliumkloriidi lahustamise ja väljakristalliseerimise teel. See põhineb asjaolul, et kaaliumkloriidi lahustuvus suureneb temperatuuri tõstmisel märgatavalt, kuna naatriumkloriidi lahustuvus samal ajal isegi veidi väheneb. Küllastatud lahused sisaldavad neid soolasid järgmistes kogustes (%-des):

	20°	100°
NaCl	30,2	27,5
KCl	15,1	35,3

Peenestatud sülviniidist valmistatakse kuum (110°) küllastatud lahus ja eemaldatakse sellest lahustumata jäänud osad. Lahus jahutatakse. Seejuures kristalliseerub välja suurem osa kaaliumkloriidist, sest jahutamisel tekkis kaaliumkloriidi suhtes üleküllastatud lahus. Tahke kaaliumkloriid eraldatakse lahusest ja valmistatakse väetiseks. Järelejäänud «emalahus» läheb uuesti tootmis-tsükliks uutest sülviniidikogustest kaaliumkloriidi väljaleostamiseks. Nii toimub kaaliumkloriidi tootmine halurgilisel meetodil.

Sülviniini võib haliidist eraldada ka mehaaniliselt flotatsiooni, gravitatsioonilise separatsiooni või elektroseparatoratsiooni teel. Neist ulatuslikku rakendamist leiab flotatsioon, mida hakati kaaliumväetiste tootmisel Nõukogude Liidus rakendada alles 60-ndatel aastatel.

Floteerimine põhineb erinevate mineraalide määrgumisel või mittemäärgumisel antud lahuses. Floteerimisel juhatakse rikastatava maagi pulbist läbi õhku, mis moodustab lisatud flotreagendi tõttu vahtu. Need mineraalid, mis antud tingimustes ei määrgu, liituvad õhumullikestega, tõusevad pinnale ja eraldatakse koos vahuga.

Gravitatsioonijõu abil separeerimine põhineb  $KCl$  ja  $NaCl$  erineval tihedusel (vastavalt 1,99 ja 2,17  $g/cm^3$ ), mis võimaldab nende osakesi raskes vedelikus (tihedus ca 2,10) eraldada (haliit vajub põhja, sülviniin ujub pinnal). Eraldamine toimub paremini hüdrotsüklonites. Elektroseparatoratsioonil rakendatakse eraldatavate ainete pinna elektrilisi omadusi. Mõlema rikastusviisi praktiliseks rakendamiseks otsitakse veel tehnilisi lahendusi.

Keemiliselt puhas kaaliumkloriid on valge kristalliline aine, mis sisaldab 63,17%  $K_2O$ . Väetisena kasutatav kaaliumkloriid sisaldab tavaliselt 57...62%  $K_2O$ . Ümberkristalliseerimise teel saadav kaaliumkloriid on valge peenekristalliline aine, mis transpordil ja säilitamisel tugevasti paatub. Selle vältimiseks lisatakse

valmistamisel ühe tonni kohta 150...200 g alifaatseid (rasvarea,  $C_{16}$ ... $C_{20}$ ) amiine, mis tunduvalt vähendavad väetise paatumist.

Floteerimisel saadakse jämekristalliline (0,42...1,6 mm), tavaliselt roosakas või punane kaaliumkloriid, mis on heade füüsikaliste omadustega ega kaldu paatumisele. See on tingitud flotrea-gendist, mis neeldub kaaliumkloriidi kristallide pinnale ja muudab nad hüdrofoobseks. Ka ei ole jämedam väetis nii hügro-skoopne kui peenem väetis. Hügroskoopsuse vähendamiseks on hakatud kaaliumkloriidi isegi granuleerima.

Kaalisool oli minevikus kasutatavamaid kaaliumväetisi. Teda valmistatakse kaaliumkloriidi ja kaalitorsoolade segamise teel. Sellel väetisel oli varem eriline tähtsus, sest jämedama jahvatusastmega toorsoola lisamisel peenesse kaaliumkloriidisse saadi väetis, mis nii tugevasti ei paatunud kui kaaliumkloriid. Nüüd, kus kaaliumkloriidi füüsikalised omadused on tunduvalt paremad, on kaalisoola tootmine minetanud oma endise tähtsuse.

Endise segatud kaalisoola põhimassi moodustasid peened valged kaaliumkloriidikristallid, millele lisandusid punakad või hallikad toorsoola tükikesed. Jääk 5 mm avadega sõelal võis olla 8%. Kaalisool sisaldas 40% või 30%  $K_2O$ .

Seoses flotatsioonimeetodi rakendamisega kaaliumväetiste tootmisel, samuti teiste mehaaniliste separeerimismeetodite rakendamisel tulevikus jääb kaalisoola tootmine jõusse seetõttu, et alati ei ole majanduslikult otstarbekohane taotleda kaalitorsoolade töötlemisel maksimaalset rikastusastet — kaaliumkloriidi —, vaid on õigem osa väetist väljastada madalamaprotsendilisel — kaalisoolana. Pealegi on näiteks peetide väetamisel naatrium igati kasulik lisand. Floteerimisel saadud kaalisool on tavaliselt punakas ja tema  $K_2O$ -sisaldus võib suuremates piirides kõikuda.

Kaali-elektrolüüti saadakse kõrvalproduktina magneesiumi elektrolüütilisel tootmisel karnalliidist. Ta on valkjas, hallikas või kollakas kristalliline kloriidne kaaliumväetis. Sisaldab mõnikord musti tükikesi või suuri kivistunud panku. Kaali-elektrolüüt sisaldab tavaliselt 39...43%  $K_2O$ .

Kaalimagneesiumi saadakse šöniidi ja langbeiniidi segust koos polühaliidi, kainiidi, haliidi ning teiste mineraalidega. Põhiliselt šöniidist saadud esimese sordi kaalimagneesium sisaldab ümmarguselt 31%  $K_2O$  ja umbes 17%  $MgO$ . Teise sordi kaalimagneesium koosneb langbeiniidi ja polühaliidi segust koos lisanditega ja sisaldab 16...18%  $K_2O$ , magneesiumisisaldus on aga suurem kui esimeses sordis. Teise sordi kaalimagneesiumi nimetatakse mõnes allikas kaalimagiks. Esimese sordi kaalimagneesiumist moodustab põhilise osa kaksiksool  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$ , teises sordis  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ .

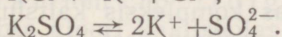
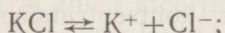
Kaaliumsulfaati —  $K_2SO_4$  — on võimalik saada paljude erinevate menetlustega. Lähteaineks on tavaliselt polümine-raalsed sulfaatsed kaalitorsoolad või ka kaaliumkloriid ja väävel-

happe. Kaaliumsulfaat on väga hinnatud väetis, kuid tema ulatuslikumat kasutamist takistab tootmise keerukus ja kallidus.

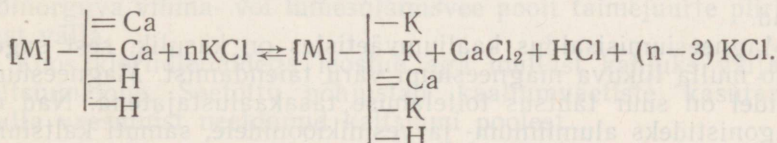
Teoreetiline  $K_2O$ -sisaldus  $K_2SO_4$ -s on 54,1%. Väetisena kasutatav kaaliumsulfaat sisaldab 45...52%  $K_2O$ . Väliselt on ta kollakasvalge peenekristalliline aine. Kaaliumsulfaat on väga heade füüsikaliste omadustega, ta ei ole hügrokoopne ega paatu.

### 3.4.3. KAALIUMVÄETISTE TOIME JA KASUTAMISE ISEÄRASUSED

Kõik kaaliumväetised on üldiselt hästi lahustuvad. Seetõttu lahustub mulda viidud kaaliumväetis kiiresti. Olles tugeva happe ja tugeva aluse soolad, dissotsieeruvad kaaliumväetised lahustumisel:



Tekkinud kaaliumioonid tõrjuvad mulla neelavast kompleksist asendatavaid katioone välja ja astuvad ise asemele — kaalium neeldub mulla kolloidide pinnal:



Küllastumata muldades tõrjuvad kaaliumioonid välja ka neeldunud vesinikioone. Kui muld on hapete vastu vähe puhverdatud, muutub mullalahus seetõttu happelisemaks. Seega aktiveerivad kaaliumväetised mulla asendushappesust — muudavad osa potentsiaalsest happesusest aktiivseks happesuseks.

Tänu neeldumisele on takistatud kaaliumi väljaleostumine mullast. Seetõttu võibki kaaliumväetisi anda juba sügiskünni alla või koguni mitme aasta jao korraga.

Asendusneeldumine mängib nagu puhvri osa, vältides kaaliumisisalduse suuremaid kõikumisi mullalahuses. Kaaliumväetise muldaviimisel suurem jagu kaaliumist neeldub. Kui aga taimed kaaliumi mullalahusest ära tarvitavad, rikutakse mullalahuses oleva ja neeldunud kaaliumi vahelist tasakaalu, mistõttu mulla neelavast kompleksist siirdub osa kaaliumioone lahusesse. See tagab taimedele head toitumistingimused.

Kaaliumi neeldub mullas siiski mitte ainult asendatavalt, vaid ka asendamatu. Viimasel juhul asub kaalium savimineraalide kristallivõresse. Kaaliumi neeldumist asendamatu nimetatakse kaaliumi fikatsiooniks. Kaaliumi suure fikseerijana on tuntud

savimineraal montmorilloniit. Kaaliumi fikstsioon on väike liivmuldades, suurem aga raskema lõimisega muldades. Mulla kor-dud läbikuivamine ja niiskumine soodustab kaaliumi fikstsiooni. Fikseeritud kaalium võib üle minna ka asenduskaaliumiks ja muu-tuda uuesti taimedele paremini kättesaadavaks.

Väikese neelamismahutavusega liivmuldadele ei tohi kaalium-väetisi anda liiga suurtes kogustes, sest siis võivad kaod välja-leostumise tõttu suureks osutada.

Kaaliumväetiste efektiivsuse kujunemisel etendavad kaaliumi kõrval olulist osa veel teised väetistes sisalduvad elemendid. Kaa-liumväetistes võib kaaliumile suuremal hulgal lisanduda katiooni-dest naatriumi ja magneesiumi, anioonidest aga kloriid- ja sulfaat-ioone.

Naatrium on väetistes enamasti ebasoovitav lisand. Kaalium-väetistes leiduv naatriumkloriid ei ole taimedele vajalik, koormab transporti ja suurendab asjatult mullalahuse kontsentratsiooni. Naatriumioonid asendavad mulla neelavas kompleksis kaltsium-ja magneesiumioone, mis on samuti ebasoovitav, sest naatrium mulla neelavas kompleksis halvendab mulla struktuuri. Mõnin-gatele kultuuridele avaldab naatriumi viimine toitekeskkonda siiski positiivset toimet, eriti kaaliumi puuduse korral. Selliste kultuu-ride hulka kuuluvad eeskätt peet, porgand ja ristõielised köögi-viljad.

Magneesiumisisaldus kaaliumväetistes on kasulik, sest sageli vajab mulla liikuva magneesiumi varu täiendamist. Magneesium-ioonidel on suur tähtsus toitelahuse tasakaalustajatena. Nad on antagonistideks alumiinium- ja vesinikioonidele, samuti kaltsium-ioonidele. Mullalahuses on ju tähtis mitte üksnes ühe või teise iooni absoluutne sisaldus, vaid ka nende omavaheline vahekord. Väikese neelamismahutavusega liivmuldadel on tihti ka puudus magneesiumist kui taimetoitelemendist. Tuntakse isegi puht mag-neesiumväetisi, kuid neil ei kasutata.

Küllaltki suurtes kogustes antakse neil magneesiumi mulda põlevkivituha ja klinkritolmuga. Magneesiumi sisaldavat kaa-liumväetist — kaalimagneesiumi — on kõige otstarbekam kasu-tada kerge lõimisega muldadel, eriti kui nendele ei ole antud põlevkivituhka ega klinkritolmu.

Kasulikuks võivad osutada ka kaaliumväetistes peituvad sul-faatioonid, sest taimed vajavad üsna suures koguses väävlit.

Väetistega antav kloor on üldiselt kahjulik. Ainult peetidele võib kaaliumväetise mõõdukate normidega antav kloor kasulikult toimida. Teraviljad, lina ja kõrrelised heintaimed on kloriidioonide vastu võrdlemisi ükskõiksed. Väga tundlik on aga kartul, samuti on tundlikud tatar, hernes ja ristik.

Kartuli juures avaldab kloor negatiivset mõju eeskätt saagi kvaliteedile. Juba paari tsentneri suurune kloriidse kaaliumväe-tise annus võib põhjustada tunduvalt tärklisesisalduse langust

mugulates. Seetõttu tuleb hoiduda ülemäära suure kloriidse kaaliumväetise koguse andmisest kartulile, sest kloriidioonidest põhjustatud tärglisesisalduse ja saagi langus võib nulliks muuta kaaliumist põhjustatud saagitõusu.

Et sulfaatseid kaaliumväetisi ei jätku, tuleb paratamatult kasutada kloriidseid kaaliumväetisi ka klooritundlikele kultuuridele. Seejuures on väga oluline kloriidse kaaliumväetise valik ja andmisaeg.

Puhas kaaliumkloriid sisaldab teoreetiliselt 47,56% Cl, naatriumkloriid aga 60,66% Cl. 40%-lise kaalisoola kloorisisaldus võib ulatuda 51,9%-ni. Seega on kaalisoolas kloori veidi rohkem kui kaaliumkloriidis. Kui arvestada veel asjaolu, et võrdse  $K_2O$  normi korral tuleb kaalisoola anda rohkem kui kaaliumkloriidi, siis on pikematagi selge, et sulfaatsete kaaliumväetiste nappuse korral tuleb klooritundlike kultuuride kaaliumväetise tarve katta kaaliumkloriidiga, mitte kaalisoolaga. On ju 1 kg  $K_2O$  kohta kloori kaalisoolas 1,3 kg, kaaliumkloriidis aga 0,8 kg.

Kloriidioone ei seota mulla poolt, nad on mullas hästi liikuvad ja leostuvad laskuva veega kergesti välja. Kloriidseid kaaliumväetisi on klooritundlikele kultuuridele kõige parem anda sügis-künni alla. Siis kantakse suur osa kloriidioonidest mullast läbinõrguva vihma- või lumesulamisvee poolt taimejuurte piirkonnast välja.

Koos kloriidioonidega leostub aga mullast kahjuks välja ka kaltsiumioone. Seetõttu põhjustab kaaliumväetiste kasutamine mulla vaesumist neeldunud kaltsiumi poolest.

### Kordamisküsimusi

1. Kuidas ja millal tekkisid kaalitorsoolade lademed?
2. Nimetage maailma suuremaid kaalisoolade leiukohti.
3. Millised on põhilised mineraalid kaalitorsoolades?
4. Nimetage kaalitorsoolade paiknemise sügavus?
5. Kuidas on arenenud kaaliumväetiste tootmine Nõukogude Liidus?
6. Kuidas jagunevad kaaliumväetised?
7. Millist kaaliumväetist toodetakse kõige rohkem?
8. Kuidas toodetakse kaaliumkloriidi?
9. Selgitage floteerimise olemust.
10. Kirjeldage väetisena kasutatava kaaliumkloriidi omadusi.
11. Milliseid võtteid rakendatakse kaaliumkloriidi paatuvuse vältimiseks?
12. Kuidas toodetakse kaalisoola?
13. Mida kujutab endast kaali-elektrolüüt?
14. Iseloomustage kaalimagneesiumi kui mineraalväetist.
15. Mille poolest on sulfaatsed kaaliumväetised eriti hinnatavad?

16. Mis toimub kaaliumväetistega mullas?
17. Milles seisneb kaaliumioonide neeldumise tähtsus mullas?
18. Millist osa etendab kaaliumväetistes sisalduv kloor?
19. Kui suur on kloorisisaldus kaaliumväetistes?
20. Kuidas saab väetistega antava kloori kahjulikku toimet vähendada või hoopis vältida?

### 3.5. KOMPLEKSVÄETISED

Kompleksväetised ehk mitmekülgsed mineraalväetised sisaldavad kolmest üldtuntud defitsiitsest taimetoiteelemendist — lämmastikust, fosforist ja kaaliumist — vähemalt kahte, või on liitväetisele lisatud mikroelementi. Kompleksväetised jagunevad liit- ja kombineeritud väetisteks (sageli käsitletakse neid koos liitväetiste nimetuse all) ning väetissegudeks (lk. 42).

Kompleksväetiste marke tähistatakse nende tegevainesisalduse abil. Näiteks mark 15 : 10 : 20 (või 15—10—20) tähendab, et väetis sisaldab 15% N, 10% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja 20% K<sub>2</sub>O. Alati tuuakse esimesel kohal lämmastiku-, teisel kohal P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- ja kolmandana K<sub>2</sub>O-sisaldus. Kui mõni nendest puudub, märgitakse selle kohale null, näit. 0 : 10 : 20. Sellist tähistust kasutatakse eeskätt nitrofoskade ja väetissegude juures, kuna liitväetised (näit. kaaliumsalpeeter) on kindla keemilise koostisega ja piisab ainult nende nimetusest.

#### 3.5.1. LIITVÄETISED

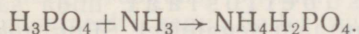
Kaaliumsalpeeter ehk kaaliumnitraat —KNO<sub>3</sub>— on valge peenekristalliline väetis, sisaldab ümmarguselt 13% N ja 46% K<sub>2</sub>O. Kaaliumsalpeeter on vees hästi lahustuv. Vaatamata sellele võib teda kuiva kliima tingimustes mõnikord leiduda isegi loodusliku lademena. Tööstuslikult saadakse kaaliumsalpeetrit kloriidide ja nitraatide vastastikusel toimel.

Kaaliumsalpeeter on väga kallis väetis ja sisaldab ühekülgsest palju kaaliumi (N : K<sub>2</sub>O = 1 : 3,5). Seetõttu toodetakse teda ainult piiratud koguses ja kasutatakse erandlikel juhtudel või eriotstarbel. Nii kuulub kaaliumsalpeeter mõnede eriotstarbeliste väetissegude koosseisu, mida tarvitatakse aianduses, eriti katmikalal. Kaaliumsalpeetrit kui ballastivaba väetist kasutatakse toitelahuste valmistamisel hüdroponikas ja nõukatsete korraldamisel. Ka sobib ta hästi peetide, kartuli ja köögiviljade pealtväetamiseks, kui nendel kultuuridel on kasvu ajal ilmnenud kaaliumipuudus.

A m m o f o s s koosneb põhiliselt ammooniumdivesinikfosfaadist — NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> —, kuid sisaldab ka diammooniumvesinikfosfaati ja ballastaineid. Keemiliselt puhas ammooniumdivesinikfosfaat sisal-

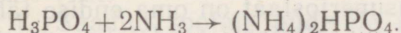
dab 12,3% N ja 61,7% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, apatiidikontsentraadist valmistatav ammofoss aga 11...12% N ja 50% üld-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Seega on ammofoss suure kontsentratsiooniga ja väga hästi lahustuv väetis, mis sisaldab suures ülekaalus fosforit.

Ammofossi valmistamisel saadakse enne väävelhappe toimel fosforiidisse või apatiidisse vaba ortofosforhappe, mis eemaldatakse lisanditest. Ammoniaagi juhtimisel fosforhappesse saadaksegi ammooniumdivesinikfosfaat:



Puhas ammooniumdivesinikfosfaat on valge kristalliline aine. Ammofoss on aga valmistamisel sissejäänud lisandite tõttu halli värvusega granuleeritud või pulbriline heade füüsikaliste omadustega väetis.

D i a m m o f o s s on keemiliselt diammooniumvesinikfosfaat — (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>. Teda saadakse ammoniaagi juhtimisel ortofosforhappesse, kusjuures ammoniaaki lisatakse nii palju, et ta asendaks fosforhappe molekulis kaks vesinikuaatomit:



Diammooniumvesinikfosfaat sisaldab teoreetiliselt 21,2% N ja 53,8% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Väetisena kasutatavas diammofossis leidub 18% N ja 50% üld-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sealhulgas vees lahustuvat P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 47...48%. Seega on ka diammofoss väga kontsentreeritud väetis. Ta sisaldab paar protsenti rohkem lämmastikku kui kaltsiumsalpeeter ja 2,5 korda rohkem fosforit kui superfosfaat.

Diammofoss on valge granuleeritud väetis.

K a a l i u m m e t a f o s f a a t — KPO<sub>3</sub>. Seda väetist saadakse elementaarse fosfori põletamisel kaaliumkloriidi manulusel. Kaaliummetafosfaat sisaldab 35% K<sub>2</sub>O ja 55% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ning on heade füüsikaliste omadustega. Kaaliummetafosfaat on edukalt kasutatav põhiväetisena, eriti nendele kultuuridele, mis ei talu hästi kloori. Taimed saavad metafosfaate ka otseselt omastada, kuid mullas lähevad metafosfaadid üle ortofosfaatideks.

A m m o o n i u m m e t a f o s f a a t — NH<sub>4</sub>PO<sub>3</sub> — on samuti äärmiselt kontsentreeritud väetis. Ta sisaldab ümmarguselt 15% N ja 70% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Seega asendab 1 ts ammooniummetafosfaati 0,5 tsentnerit ammooniumsalpeetrit ja 3,5 tsentnerit lihtsuperfosfaati.

Ammooniummetafosfaadi saamine põhineb ammoniaagi ja fosforpentoksiidi vastastikusel reageerimisel.

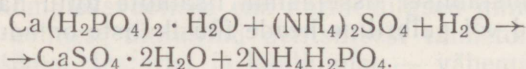
Nõukogude Liidus metafosfaate veel ei toodeta.

A m m o o n i u m p o l ü f o s f a a t. Mõnedes maades on hakatud valmistama superfosforhapet, mis koosneb mitme fosforhappe segust ja sisaldab umbes 75% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Seda kasutatakse vedelate kompleksväetiste ja ammooniumpolüfosfaadi valmistamiseks. Viimane sisaldab 15...18% N ja 56...81% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

### 3.5.2. KOMBINEERITUD VÄETISED

Üks lihtsamaid kombineeritud väetisi on ammoniseeritud superfosfaat, millest oli juttu eespool (lk. 60). Selle väetise valmistamise esmaseks ülesandeks on parandada superfosfaadi füüsikalisi omadusi. Lämmastikusisaldus ei ole ammoniseeritud superfosfaadis kuigi suur.

Ammoniseeritud superfosfaadiga on võrdlemisi sarnane (eriti nimetuse poolest) ammoniumsuperfosfaat, mida saadakse superfosfaadi ja ammooniumsulfaadi segamisel. Siingi tekib põhikomponentide reageerimisel ammooniumdivesinikfosfaat:



Tekkiv kips liidab endaga vett ja kivistub seismisel, mistõttu neid väetisi on parem segada vahetult enne mahakülvamist. Lämmastiku- ja  $\text{P}_2\text{O}_5$ -sisaldus väetises olenevad segatavate komponentide vahekorra- st. Ammooniumsuperfosfaat on oma endise tähtsuse kaotanud, sest üha rohkem superfosfaati toodetakse granuleeritud kujul, ammooniumsulfaati on vähe ja pealegi on hakatud ulatuslikult kasutama segafosfaati, mille valmistamise üheks ajendiks on samuti superfosfaadi füüsikaliste omaduste parandamine.

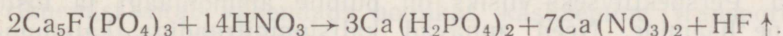
Superfosfaati kui väga laialdaselt kasutatavat mineraalväetist on hakatud tootmisel rikastama mikroelementidega. Nii toodetakse boorsuperfosfaati, mis sisaldab 0,1...0,5% boori (B). Boortopeltsuperfosfaadis on boori 1...1,3%. Molübdeniseeritud superfosfaat sisaldab 0,1...0,2% Mo. Mangaaniseeritud superfosfaadis on 1,5...2,0% Mn. Mikroväetiste lisandi tõttu on  $\text{P}_2\text{O}_5$ -sisaldus nendes väetistes veidi madalam kui puhtas superfosfaadis.

Nitrofoskaad. Kombineeritud väetisi, mis sisaldavad kolme defitsiitset taimetoitelementi — lämmastikku, fosforit ja kaaliumi, on hakatud nimetama nitrofoskadeks. See nimetus on saadud vastavate elementide ladinakeelsete nimede (*nitrogenium*, *phosphorus*, *kalium*) algusosade liitmise teel. Venekeelses kirjanduses antakse liitele nitro- sageli nitraatlämmastiku tähendus. Siis eristatakse nitroammofoskat, diammonitrofoskat jne.

Nitrofoskade tootmine põhineb fosfaaditoraine (apatiidi või fosforiidi) lagundamisel lämmastikhappega. Sellekohase põhimõttelise ettepaneku tegi akadeemik Prjanišnikov juba 1908. aastal. Idee rakendamiseni kulus siiski aastakümneid. Esimene lämmastikhappega fosfaatide lagundamisel põhinev kompleksväetiste tehas ehitati Šveitsis 1933. aastal. Hiljem tekkisid vastavad tehased Norras, Prantsusmaal ja mujal.

Nõukogude Liidus toodetakse nitrofoska katsepartiisid alates 1956. aastast. Pidev tootmine algas 1962. aastal nitrofoska tsehhi käikulaskmisega Novomoskovski keemiakombinaadis.

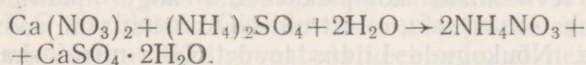
Mõjustades fosfaadikontsentraati teatud tingimustes lämmastikhappega, saadakse kaltsiumdivesinikfosfaat ja kaltsiumnitraat:



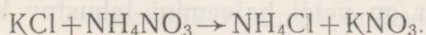
Seega saadakse piltlikult öeldes topeltsuperfosfaadi ja kaltsiumsalpeetri segu. Selles puudub ballast, nagu see esineb kipsina lihtsuperfosfaadis.

Saadavat kaltsiumdivesinikfosfaadi ja kaltsiumnitraadi lahust (pulp) võib ammoniaagiga neutraliseerida, kuivaks aurutada ja saadav kompleksväetis kasutusele lasta nitrofosfaadi ehk nitrofossi nime all. Seda tehakse siiski vähe, sest kaltsiumnitraat on väga hügrokoopne ja saadav väetis on halbade füüsikaliste omadustega. Tavaliselt valmistatakse pulbist nitrofoskat, pidades silmas, et kaltsiumnitraat kaoks. Selleks on võimalik rakendada mitut viisi.

1. Saadud soojale püdelale pulbile lisatakse ammoniumsulfaati. See reageerib kaltsiumnitraadiga ja moodustuvad ammoniumnitraat ning kaltsiumsulfaat:



Pulbisse lisatakse veel kaaliumkloriidi, millest osa reageerib ammoniumnitraadiga, moodustades sellest vähem hügrokoopseid ühendeid — kaaliumnitraadi ja ammoniumkloriidi:



Edasi mass kuivatatakse ja granuleeritakse. Graanulid sisaldavad ühendeid  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ja lisandeid, mida leidus fosfaadikontsentraadis. Saadavat heade füüsikaliste omadustega väetist nimetatakse sulfaatsuks nitrofoskaks.

2. Ammooniumsulfaadi asemel võiks lisada kaaliumsulfaati. Sel juhul jääks ära kaaliumkloriidi lisamine ja saaksime kloorivaba nitrofoska. Selle rakendamist takistab aga kaaliumsulfaadi defitsiitsus.

3. Kui ammoniumsulfaadi asemel juhtida pulbisse ammoniaaki ja lisada väävelhapet, saadakse üldiselt sama koostisega nitrofoska. Ammoniaagi lisamine võib aga põhjustada fosfaatide retrogradatsiooni (üleminekut lahustumatusse vormi). Selle vältimiseks lisatakse lahustuvat magneesiumi soola. Nii viisi toodetud väetist nimetatakse väävelhappe-nitrofoskaks.

4. Suuremat osa kaltsiumnitraadist saab pulbist eraldada kristalliseerimise teel. Selleks jahutatakse pulpi ja eemaldatakse

väljakristalliseerunud kaltsiumnitraat. Järelejäänud lahusele lisatakse ammoniaaki, väävelhapet, magneesiumi soola ja kaaliumkloriidi. Saadavat nitrofoskat nimetatakse külmutatud nitrofoskaks, sest pulpi tuli tugevasti jahutada. Eraldatud kaltsiumnitraat valmistatakse omaette väetiseks.

5. Perspektiivseks viisiks on pulbile ammoniaagi ja fosforhappe lisamine. Need annavad kaltsiumnitraadiga kaltsiumdivesinik- ja kaltsiumvesinikfosfaadi, ammooniumnitraadi ning ammooniumdivesinikfosfaadi. Kaaliumkloriidi lisamisel moodustuvad veel ammooniumkloriid ja kaaliumnitraat. Selle nn. fosforhappe-nitrofoska eeliseks on vees lahustuvate fosfaatide suur osatähtsus.

6. Kõige odavamini saadakse nitrofoskat, kui pulbisse juhtida ammoniaaki ja süsihappegaasi, mis kaltsiumnitraadiga reageerides annavad ammooniumnitraadi ja kaltsiumkarbonaadi. Lisatakse ka magneesiumi soola ja kaaliumkloriidi. Saadava nitrofoska põhikomponendid on  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KCl}$  ja  $\text{CaCO}_3$ . Väetis kannab nimetust karbonaatne nitrofoska. Kahjuks ei sisalda ta vees lahustuvaid fosfaate. Seetõttu oleks väetist õigem kasutada pulbrilisel kujul nagu pretsipitaati, kuid paatumise vältimiseks teda siiski granuleeritakse.

Nitrofoskad on levinumaid kompleksväetisi kogu maailmas. Selle üheks põhjuseks on asjaolu, et nitrofoska koostist võib soovikohaselt varieerida. Nõukogude Liidus toodetavate nitrofoskade koostis kõigub järgmistes piirides: N — 1...17%;  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 8,5...17%;  $\text{K}_2\text{O}$  — 11...17%. Enamasti on siiski tegemist veel nitrofoskade katselise tootmisega. Põllumajandus on ulatuslikumalt saanud ainult kahte marki sulfaatset nitrofoskat: 12:12:12 ja 13:10:13. Nitrofoska fosfor on veidi halvemini lahustuv kui superfosfaadi oma (tabel 8).

TABEL 8

Nitrofoska kvaliteedinõuded

Näitajad	Mark 12:12:12	Mark 13:10:13
$\text{P}_2\text{O}_5\%$ : üldine	11...12,5	9...11
omastatav, mitte alla	9,5	8
vees lahustuv %-des		
omastatavast, mitte alla	50	50
N%	11...12,5	12,0...13,5
$\text{K}_2\text{O}\%$	11...12,5	13,0...14,0
Niiskuse %, mitte üle	3	3
Granulomeetriline koostis %-des:		
fraktsioon 2...4 mm, mitte alla	80	80
fraktsioon alla 2 mm, mitte üle	10	10

Nitrofoska väljastatakse tehastest bitumineeritud paberkottides kaaluga 45...50 kg. Tervetes kottides kuivas ruumis säilitatud nitrofoska on hea külvatavusega. Rebenenud kottides, niiskes ruumis aga isegi tervetes kottides niiskub nitrofoska kergesti, muutudes kleepuvaks massiks, mis kuivamisel paatub. Nitrofoska riknemist aitab vähendada hoolikas käsitsemine transpordil ja nõuetekohane säilitamine.

### 3.5.3. VÄETISSEGUD

Vabariigis on praegu kasutusel kaks rühma tööstuslikult valmistatud väetissegusid. Kõik nad on ette nähtud kasutamiseks aianduses, peamiselt individuaalaedades ning katmikalal.

Kaubanduses on väetissegud müügil mõnekilostes pakendites köögivilja, lille ja viljapuu-marja väetissegude nimetuse all. Need segud on valmistatud tavalistest lihtväetistest — superfosfaadist, kaaliumkloriidist, ammooniumsulfaadist ja ammooniumsalpeetrist, millele on lisatud veel neutraliseeriva aina kriiti. Tegevaine sisaldus on nendes segudes madal ja võrdlemisi ühesugune (tabel 9). Mõne protsendini küündivaid erinevusi esineb ainult  $K_2O$ -sisalduses. Olulisemaks erinevuseks on boori lisand ühes väetissegus. Kui arvestada veel seda, et neid väetisi kasutatakse tavaliselt, teadmata muldade väetistarvet ja viimane võib suhteliselt palju rohkem varieeruda kui eri väetissegude koostis, on ilmne, et väetissegude liigitamine antud viisil on sageli sisuliselt õigustamata.

Tarbekeemia tootmiskoondise «Flora» Tartu tsehhis valmistatavad väetissegud kannavad nimetust täisväetis A ja täisväetis B. Lämmastiku, fosfori ja kaaliumi kõrval sisaldavad mõlemad segud veel kõiki mikroelemente (tabel 10). Mark B, mis on ette nähtud hüdroponika jaoks (taimede kasvatamiseks ilma mullata, vesikultuuris), sisaldab veel magneesiumi ja rauda.

TABEL 9

Taimetoitainete sisaldus aiakultuuride väetissegudes (%-des)

Väetissegu nimetus	N	$P_2O_5$	$K_2O$	B	Kokku
Köögivilja	6,0	9,0	9,0	—	24,0
Lille	6,4	9,6	6,4	—	22,4
Viljapuu-marja	6,0	9,6	7,5	—	23,1
Viljapuu-marja booriga	6,0	9,6	7,5	0,1	23,2

TABEL 10

## Väetissegude retseptid

(kuivatatud lähteained % -des)

Komponent	Valem	Mark A	Mark B
Magneesiumsulfaat	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	—	19,84
Ammooniumsulpeeter	$NH_4NO_3$	18,72	14,93
Kaaliumsulpeeter	$KNO_3$	43,71	34,82
Superfosfaat	—	37,45	29,90
Boorhape	$H_3BO_3$	0,055	0,055
Tsinksulfaat	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0,007	0,007
Raud (III) sulfaat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	—	0,390
Mangaan (II) sulfaat	$MnSO_4 \cdot 5H_2O$	0,037	0,037
Ammooniummolüüdaat (VI)	$(NH_4)_2MoO_4$	0,007	0,007
Koobalt (II) nitraat	$Co(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	0,007	0,007
Vask (II) sulfaat	$SuSO_4 \cdot 5H_2O$	0,007	0,007

Tegevaine sisaldus peab väetissegudes olema järgmine (% -des):

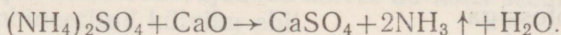
	mark A	mark B
N	10 ... 13	8 ... 11
$K_2O$	16 ... 18	13 ... 15
$P_2O_5$	5 ... 6	4 ... 5
Mg	—	1,5 ... 2

Väetissegusid kaubastatakse majanditele kottides, asjaarmastajatele purkides ja pakikestes pulbrina või tablettidena. Tablettidest on kergem teha sobiva kontsentratsiooniga lahuseid, sest tableti kaal on purgi etiketile märgitud. Noortele taimedele sobib 0,08 ... 0,1% -line toitelahuse kontsentratsioon, vanematele taimedele 0,2% -line.

Eeltoodud väetissegude kasutamine põllunduses ei tule kõne alla. Põllumeeste tarbeks on mitmekülgsete väetissegude tööstuslik valmistamine Nõukogude Liidus katsetamise järgus. Kuid väetissegusid saab valmistada ka majandites kohapeal. Selleks on olemas spetsiaalseid seadmeid (lk. 151). Kui need puuduvad, tuleb väetisi segada mitmekordse läbikühveldamise või tõstukiga korduva läbitõstmise teel. Väetissegudes peavad väetised olema õiges vahekorras ja ühtlaselt segatud. Õige vahekord sõltub kultuurist ja mulla väetistarbest (lk. 227).

Väetissegude valmistamisel on vaja mõningaid eelteadmisi, et segamiseks mineraalväetisi õigesti valida, sest paljud väetised võivad omavahel reageerides põhjustada toitainete kadu või muid ebasoovitavaid nähtusi. Nii ei tohi segada ammoniumväetisi vaba lupja [vaba  $CaO$ -d või  $Ca(OH)_2$ ] sisaldavate väetistega, nagu seda on tolmpõlevkivituhk ja põletatud või kustutatud

lubi, sest viimased lagundavad ammooniumväetisi ja põhjustavad lämmastikukadu:



Niiskest segust võib isegi  $\text{CaCO}_3$  põhjustada ammooniumväetistest  $\text{NH}_3$  lendumist. Kuivade väetiste korral tohib ammooniumväetisi segada  $\text{CaCO}_3$ -ga või nõrglubjaga. On soovitatav ühele tsentnerile ammooniumsulfaadile segada juurde 1,2 ts  $\text{CaCO}_3$  enne mahakülvamist happelisele mullale, et neutraliseerida ammooniumväetise füsioloogilist happesust. Muldade süstemaatilise lupjamise korral ei ole see siiski oluline.

Superfosfaati ei või segada lubiväetistega, sest nende mõjul läheks superfosfaadi kaltsiumdivesinikfosfaat üle kaltsiumvesinikfosfaadiks või kaltsiumfosfaadiks, mis on taimedele raskemini omastatavad.

Küll on aga mõnel juhul tähtis superfosfaadi keemilise happesuse kõrvaldamine väetissegude valmistamisel. Nii ei tohi tugevasti happelist superfosfaati segada salpeeterväetistega, sest fosforhappe toimel vabaneb salpeetrist lämmastikhape, mis laguneb kergesti ja lendub. Kui aga superfosfaadi liigne vaba happesus on varem  $\text{CaCO}_3$  või fosforiidijahu lisamisega (10...20 kg  $\text{CaCO}_3$  1 ts superfosfaadile) kõrvaldatud, siis selline superfosfaat lämmastikukadu salpeetritest ei põhjusta. Salpeeterväetisi (välja

TABEL 11

Mineraalväetiste segamisvõimalused

Väetis	Jrk. nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ammooniumsalpeeter	1	+	—	±	—	±	±	±	±	±	±
Karbamiid	2	—	+	±	—	—	±	±	±	±	±
Ammooniumsulfaat	3	±	±	+	±	+	+	+	±	+	+
Kaltsiumsalpeeter	4	—	—	±	+	—	—	+	—	±	—
Superfosfaadid (liht- ja topelt-)	5	±	—	+	—	+	+	+	±	+	+
Ammoniseeritud superfosfaat	6	±	±	+	—	+	+	+	±	+	+
Fosforiidijahu	7	±	±	+	+	+	+	+	±	+	+
Kaaliumkloriid, kaalisool, kaali-elektrolüüt	8	±	±	±	—	±	±	±	+	+	±
Kaaliumsulfaat, kaalimagneesium	9	±	±	+	±	+	+	+	+	+	+
Ammofoss, diammofooss	10	±	±	+	—	+	+	+	±	+	+

+ — võib segada,

— — ei või segada,

± — võib segada tingimisi (enne külvi).

arvatud kaltsiumsalpeeter) võib kohesel kasutamisel segada segafosfaadiga ja fosforiidijahuga, samuti ammoniseeritud superfosfaadiga ja ammofossiga.

Superfosfaadi vaba happesuse vähendamine on tähtis ka seetõttu, et väetis muutub siis vähem hügrokoopseks, seega vähem niiskuvaks. Superfosfaat võib riikliku standardi kohaselt sisaldada kuni 13% vett. Selles superfosfaadile omases veehulgas lahustub karbamiid superfosfaadiga segamisel, samuti on selline niiskus ohtlik ka ammooniumsalpeetritele. Superfosfaadi ja karbamiidi või ammooniumsalpeetri segud muutuvad tavaliselt kleepuvaks pudrutaoliseks massiks. Eriti on see kehtiv soojade ilmade korral, kuna külmemate ilmadega on salpeetrid ja karbamiid vähem hügrokoopseid.

Kaltsiumsalpeetri segamisvõimalused on väikesed, sest ta on väga hügrokoopne väetis, pealegi tekib kaaliumväetistega segamisel kaltsiumkloriid, mis on veelgi hügrokoopsem. Kloriidsete kaaliumväetiste ja superfosfaadi segude hügrokoopseus suureneb samuti.

Nitrofoskad on küllalt universaalsed väetised ja neid väetisegude valmistamisel üldreeglina ei kasutata.

Tähtsamate tahkete mineraalväetiste segamisvõimalused on skemaatiliselt toodud tabelis 11.

#### 3.5.4. KOMPLEKSVÄETISTE KASUTAMINE

Viimaste aastakümnete jooksul on kompleksväetiste tootmine ja kasutamine kiiresti kasvanud. 1962. aastal toodeti maailma mineraalväetistest juba 45,4% kompleksväetistena, sealhulgas oli 11,8% liitväetisi ja 33,6% tööstuslikke väetissegusid.

NSV Liidus on kompleksväetiste osatähtsus mineraalväetiste üldkogusest (tingväetistena) 1970. aastal plaani kohaselt 13,6%. Juba 1975. aastaks võib aga loota nende osatähtsuse kasvu umbes 50%-le. 1970.—1975. aasta plaani kohaselt toodetakse NSV Liidus 15...18 marki kompleksväetist. Eri vabariikides või piirkondades oleks neist kasutamisel aga põhiliselt 2...5 marki vastavalt looduslikele ja majanduslikele tingimustele.

Praegu on tegevaine kilogramm kompleksväetistes veel kallim kui lihtväetistes. Sellegipärast tuleb korralikult säilinud kompleksväetise kasutamist tihti ökonoomsemaks hinnata. Kompleksväetiste kasutamisel jääb ära lihtväetiste peenestamine ja segamine, mis nõuab kiirel ajal tööjõudu ja mille kvaliteet jätab majandi tingimustes tihti väga palju soovida. Nitrofoska või muu tööstuslik kompleksväetis on ideaalselt ühtlane. Iga tema graanul sisaldab samas vahekorras kõiki toiteelemente.

Põldkatsetes ei ole kompleksväetised jäänud maha tavaliste

lihtväetiste ekvivalentsetest kogustest. Granuleeritud kompleksväetised sobivad vajaduse korral ka koos seemnetega külvamiseks kombineeritud külviku abil.

Nitrofoska kasutamisel tuleb arvestada, et ta ei ole kloorivaba väetis — kaalium on nitrofoska valmistamisel lisatud kaaliumklooriidina. Seetõttu ei ole klooritundlike kultuuride suuremat väetistarvet kogu ulatuses mõistlik katta nitrofoskaga. Nendele tuleks kaaliumväetis põhilises osas anda juba sügiskünni alla. Nitrofoskat ei tohiks sügisel anda, sest tema nitraatne osa võib mullast läbinõrguva veega kaduma minna.

Kuigi kompleksväetiste kasutamine praegu pidevalt suureneb, ei tõrju nad kunagi täielikult välja lihtväetisi. Viimaseid on tingimata vaja selleks, et korvata kompleksväetiste puudust, s. t. kindlat taimetoitainete suhet. On ju taimede nõuded ja muldade väetistarve suuresti varieeruvad.

### Kordamisküsimusi

1. Milliseid väetisi nimetatakse mitmekülgseteks?
2. Kuidas mitmekülgsed väetised jagunevad? Mis on selle aluseks?
3. Miks ei peeta näiteks ammooniumsalpeetrit kompleksväetiseks, kuigi ta sisaldab kolme taimetoiteelementi (N, H, O)?
4. Kuidas tähistatakse kompleksväetiste marke?
5. Kaaliumsalpeetri iseärasused?
6. Kirjeldage ammofossi ja diamfossi.
7. Kuidas saadakse metafosfaate?
8. Miks ei tohi ammoniseeritud superfosfaadi valmistamisel lisada ammoniaaki nii palju, kui superfosfaat seda siduda suudab?
9. Mille poolest erineb ammoniseeritud superfosfaat ammooniumsuperfosfaadist?
10. Kellelt pärineb idee lagundada fosfaadikontsentraati lämmastikhappega?
11. Mille poolest erineb nitrofosfaat nitrofoskast?
12. Milliseid võimalusi on nitrofoska valmistamiseks?
13. Milliseid ühendeid sisaldab nitrofoska?
14. Nimetage Nõukogude Liidus toodetava nitrofoska mark?
15. Mida väljendab nitrofoska mark?
16. Milline on aiakultuuride väetamiseks kaubastatavate väetisegude toitainetesisaldus?
17. Mille poolest erineb täisväetis A täisväetisest B? Kuidas neid väetisi kaubastatakse?
18. Mitmeprotsendilise väetiseseгу lahusega võib taimi kasta?
19. Miks ei tohi ammooniumväetisi segada vaba lupja sisalduvate väetistega?
20. Miks ei või ammooniumsalpeetrit segada superfosfaadiga?

21. Kas karbamiidi võib segada superfosfaadiga? Miks?
22. Mis põhjustab kaaliumkloriidi ja superfosfaadi segu hügrooskoopsuse suurenemist?
23. Milles seisnevad tööstuslike kompleksväetiste eelised ja puudused, võrreldes lihtväetistega?

### 3.6. MIKROVÄETISED

#### 3.6.1. MIKROELEMENTID MULLAS

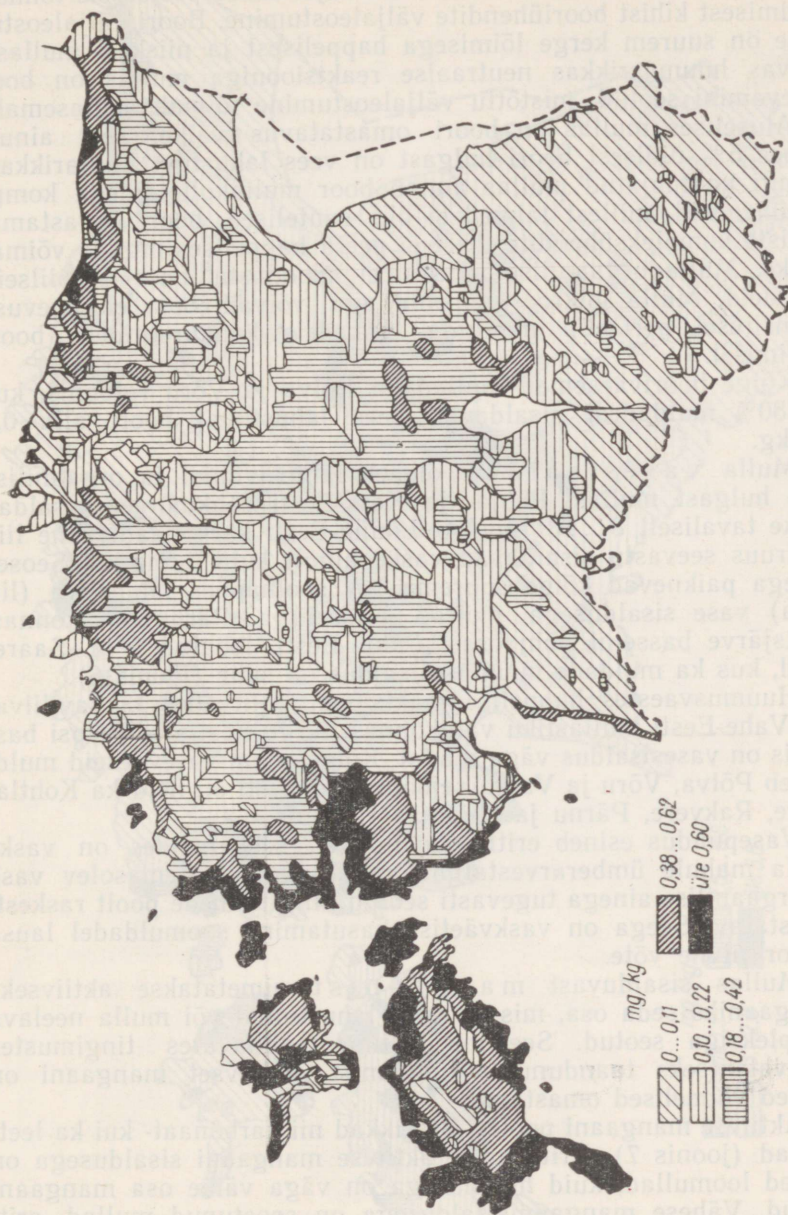
Mullas võivad mikroelemendid esineda kas ioonidena mullalahuses, adsorbeerituna mulla mineraalsete või orgaaniliste kolloidide pinnale, olla bioloogiliselt neeldunud või kuuluda mineraalide koostisse. Kasutades mikroelemente oma elutegevuses, mõjustavad mulla mikroorganismid ja kõrgemad taimed suurel määral nende elementide dünaamikat mullas. Mulla huumushorisondis toimub orgaanilise aine mineraliseerumise protsessis pidev mikroelementide vabanemine, kuid samas ka nende elementide uuesti sidumine neelava kompleksiga.

Taimedele on kõige kergemini kättesaadavad need mikroelemendid, mis esinevad ioonidena mullalahuses. Taimed saavad kasutada ka nõrkades hapetes lahustuvaid mikroelementide ühendeid. See on väga oluline, sest juurtest erituvate orgaaniliste hapete mõjul on juurte ümbruses alati nõrgalt happeline reaktsioon. Sellest lähtudes määrataksegi mikroelementide sisaldust mullas kas vee, neutraaloolade lahuste või nõrkade hapete väljatõmmetes. Analüüside andmed korreleeruvad hästi nõu- ja põldkatsete tulemustega.

Ülevaate saamiseks selle kohta, millisel määral sisaldavad meie vabariigi mullad taimedele kergesti omastatavaid mikroelemente, on koostatud kartogramm. Need võivad olla abiks mikroväetiste suunamisel, kuid ei saa olla aluseks konkreetse majandi mikroväetistarbe määramisel, sest mõne mikroelemendi poolest rikkas piirkonnas võib kohati esineda ka selle elemendi vaegust. Sellest lähtudes on koostatud iga majandi kohta mullaproovide analüüside alusel detailne mikroväetistarbe kaart. Kaardiga on kaasas juhend mikroväetiste ratsionaalseks kasutamiseks.

Vees lahustuva boori poolest on kõige rikkamad meie saarte ja rannikualade mullad (joonis 5). Jääajajärgsel perioodil mõjustas Eesti läänepoolset ala (Madal-Eestit) merevesi, mis sisaldab boori. Samuti kantakse praegugi tuulte poolt pihustatud merevett kitsamale rannikualale ja seeläbi rikastuvad sealsed mullad booriga. Läänemere vesi sisaldab boori siiski võrdlemisi vähe — 0,5 mg/l, ookeanide vees on boori ligi kümme korda rohkem.

Eesti mandri muus osas, eeskätt ida- ja lõunaosas, on boorisalduse suhtes mõõduandvaks mulla lähtekivimi lõimis ja keemi-



Joonis 5. Vees lahustuva boori sisaldus Eesti NSV põllumuldades. (Koostanud R. Kalmet.)

line koostis. Mida raskem on lõimis ja suurem  $R_2O_3$ -sisaldus, seda rohkem on lähtekivimis boori. Mulla kujunemise protsessis toimub pindmisest kihist booriühendite väljaleostumine. Boori väljaleostumine on suurem kerge lõimisega happelisest ja niiskest mullast. Kuivas huumusrikkas neutraalse reaktsiooniga mullas on boor tugevamini seotud, mistõttu väljaleostumine toimub aeglasemalt.

Aluselises mullas on boori omastatavus väike, sest ainult umbes 5% üldisest boori hulgast on vees lahustuv. Lubjarikkas, samuti ka lubjatud mullas annab boor mullakolloididega kompleksühendeid, millest taimed ei ole suutelised boori omastama. Selliste kompleksühendite teket ei peeta happelises mullas võimalikuks. Mulla orgaanilise ainega ei moodusta boor stabiilseid ühendeid. Mulla mikroorganismid aga võivad oma elutegevuse intensiivsel perioodil muutuda taimedele konkurentideks boori tarbimisel.

Kõige boorivaesemad mullad on Põlva ja Võru rajoonis, kus üle 80% muldadest sisaldavad vees lahustuvat boori alla 0,1 mg/kg.

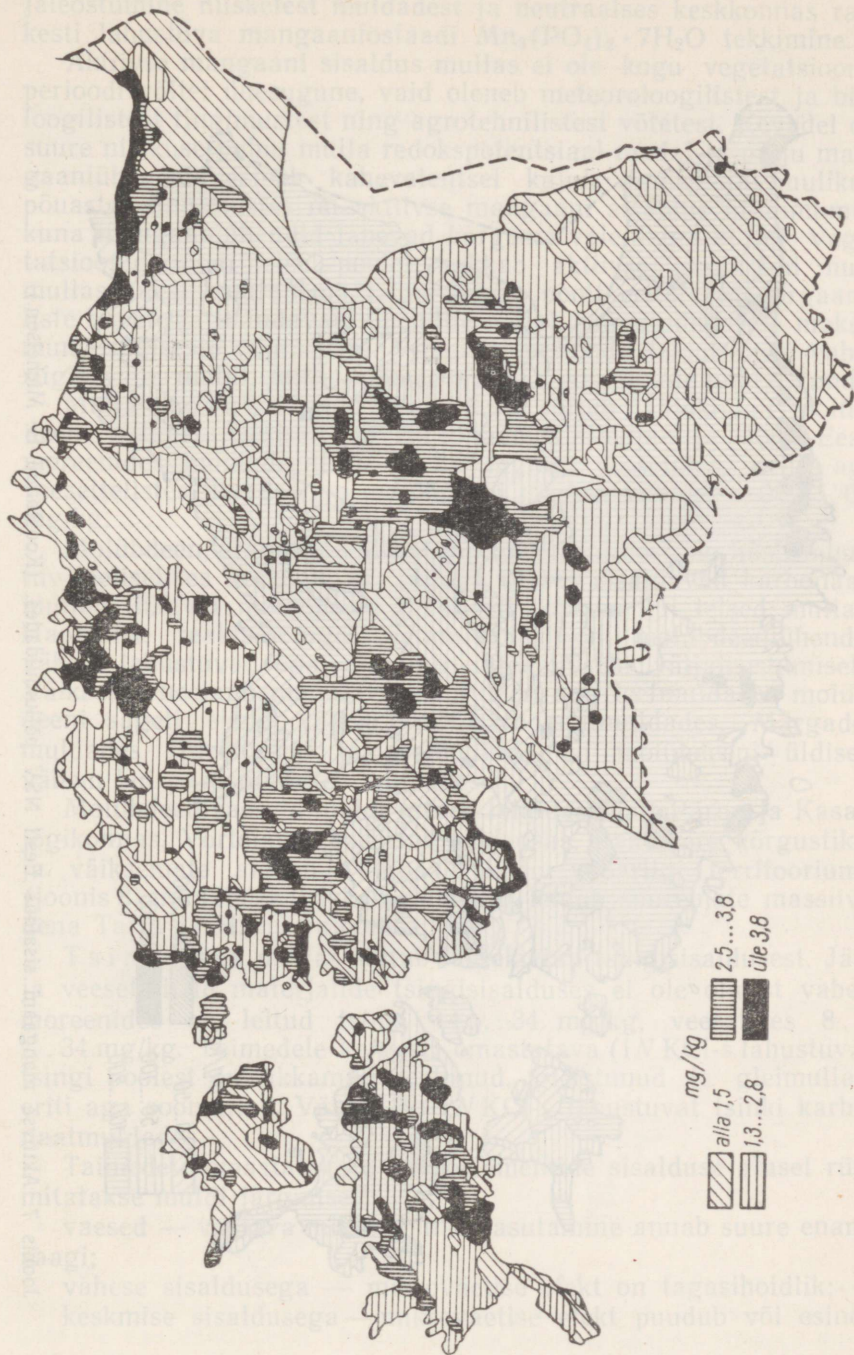
Mulla vasesisaldus oleneb lähtekivimist ja orgaanilise aine hulgast mullas. Põhja- ja Kesk-Eesti rähkmoreen sisaldab vaske tavaliselt 8...31 mg/kg, Lõuna-Eesti karbonaativaene liiv ja kruus seevastu sisaldavad vaske ainult kuni 4 mg/kg. Seoses sellega paiknevad kõige suurema 1 N soolhappes lahustuva (liikuva) vase sisaldusega mullad Kasari ja Pärnu jõgikonnas, Võrtsjärve basseini põhjaosas, Põhja-Eesti lootaladel ja Saaremaal, kus ka muldade huumusesisaldus on suur (joonis 6).

Huumusvaestes happelise reaktsiooniga liivades ja saviliivades Vahe-Eesti mullastiku valdkonnas, Kagu-Eestis ja Peipsi bassenis on vasesisaldus väga madal. Kõige enam vasevaeseid muldi esineb Põlva, Võru ja Valga rajoonis. Rohkesti on neid ka Kohtla-Järve, Rakvere, Pärnu ja Hiiumaa rajoonis.

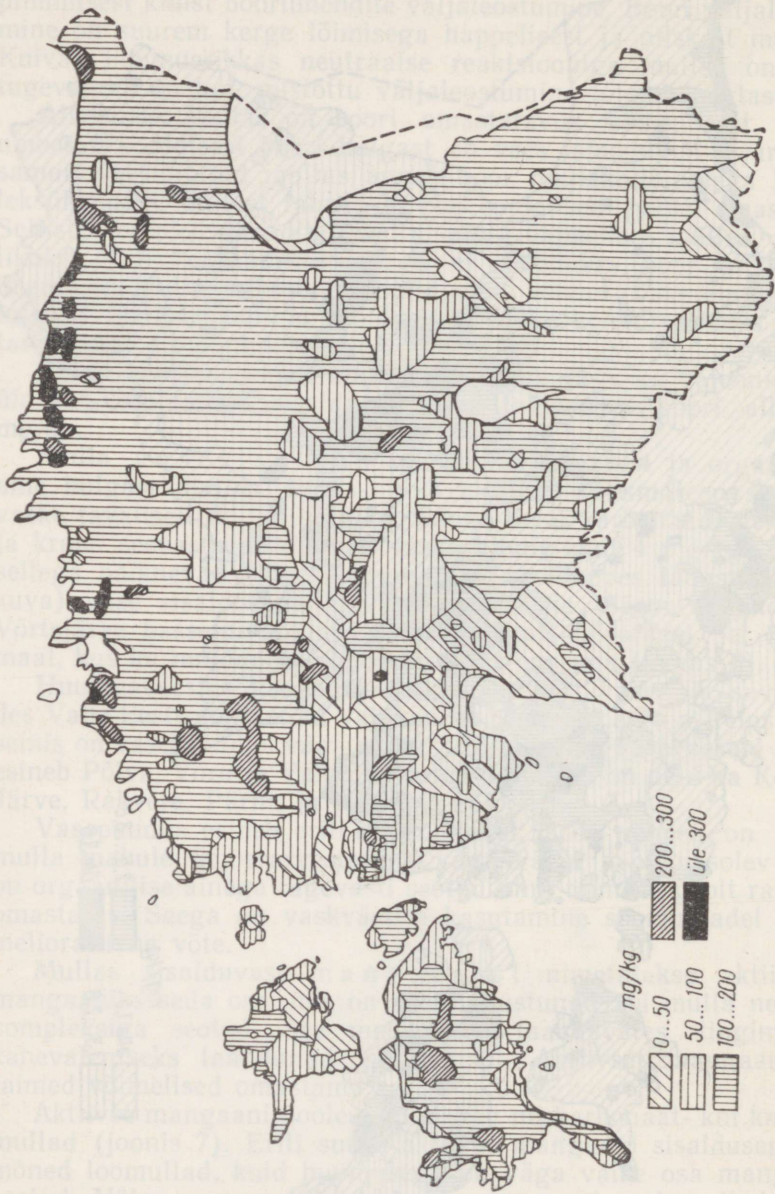
Vasepuudus esineb eriti soomuldadel, sest nendes on vaske mulla mahule ümberarvestatuna väga vähe ja olemasolev vask on orgaanilise ainega tugevasti seotud ning taimede poolt raskesti omastatav. Seega on vaskväetise kasutamine soomuldadel lausa melioratiivne võte.

Mullas sisalduvast mangaanist nimetatakse aktiivseks mangaaniks seda osa, mis on vees lahustunud või mulla neelava kompleksiga seotud. See moodustub taandavates tingimustes kahevalentseks taandunud mangaanist. Aktiivset mangaani on taimed võimelised omastama.

Aktiivse mangaani poolest on rikkad nii karbonaat- kui ka leetmullad (joonis 7). Eriti suure aktiivse mangaani sisaldusega on mõned loomullad, kuid huumusega on väga väike osa mangaani seotud. Vähesese mangaanisaldusega on soostunud mullad, eriti Pärnu ja Kasari jõe basseinis. Vähesese aktiivse mangaani sisalduse põhjuseks on siin hästi lahustuvate mangaaniühendite väl-



Joonis 6. Liikva vase sisaldus Eesti NSV põllumuldades. (Koostanud H. Michelson.)



Joonis 7. Aktiivse mangaani sisaldus Eesti NSV põllumuldades. (Koostanud H. Michelson.)

jaleostumine niisketest muldadest ja neutraalses keskkonnas raskesti lahustuva mangaanfosfaadi  $Mn_3(PO_4)_2 \cdot 7H_2O$  tekkimine.

Aktiivse mangaani sisaldus mullas ei ole kogu vegetatsiooniperioodi vältel ühesugune, vaid oleneb meteoroloogilistest ja bioloogilistest tingimustest ning agrotehnilistest võtetest. Kevadel on suure niiskuse puhul mulla redokspotentsiaal madal ja palju mangaaniühendeid esineb kahevalentsel kujul. Juuni- ja juulikuu põuastes tingimustes on aktiivse mangaani sisaldus miinimumis, kuna mangaaniühendid lähevad kõrgema valentsiga vormi. Vegetatsiooniperioodi teisel poolel hakkab aktiivse mangaani hulk mullas uuesti suurenema taime juurte poolt eritatavate orgaaniliste hapete ja taandavate ühendite mõjul, saavutades teise maksimumi sügiseste vihmadega. Vihmasel perioodil leidub meie vabariigis vähe muldi, mille taimed võivad mangaanipuudust tunda.

Mulla molübdeeni sisaldus sõltub lähtekivimi molübdeeni hulgast. Üldiselt on karbonaatses Põhja- ja Kesk-Eesti moreenides molübdeeni 0,8...2,8 mg/kg, veesetetes, eriti aga veesettelistes liivades, on molübdeeni märksa vähem — 0,2...0,9 mg/kg.

Molübdeen, erandina teistest mikroelementidest, on hästi lahustuv leeliselises keskkonnas. Sellega seoses sisaldavad karbonaatumullad liikuvat molübdeeni tavaliselt rohkem kui teised mullad. Happelise reaktsiooniga leetmuldades on molübdeeniühendid vähem lahustuvad ega allu nii intensiivsele väljaleostumisele. Väiksema neelamismahutavuse tõttu on aga leetmuldades molübdeeni sageli siiski vähem kui karbonaatumuldades. Märgades muldades (gleistunud ja gleimullad) on molübdeeni üldiselt vähem kui parasniisketes muldades.

Molübdeenivaeseid muldi esineb laialdasemalt Pärnu ja Kasari jõgikonnas, Võrtsjärve basseini põhjaosas, Pandivere kõrgustikul ja väiksemate aladena hajusalt kogu vabariigi territooriumil (joonis 8). Molübdeenirikkamaid muldi leidub suuremate massiividenä Tartu ja Harju rajoonis.

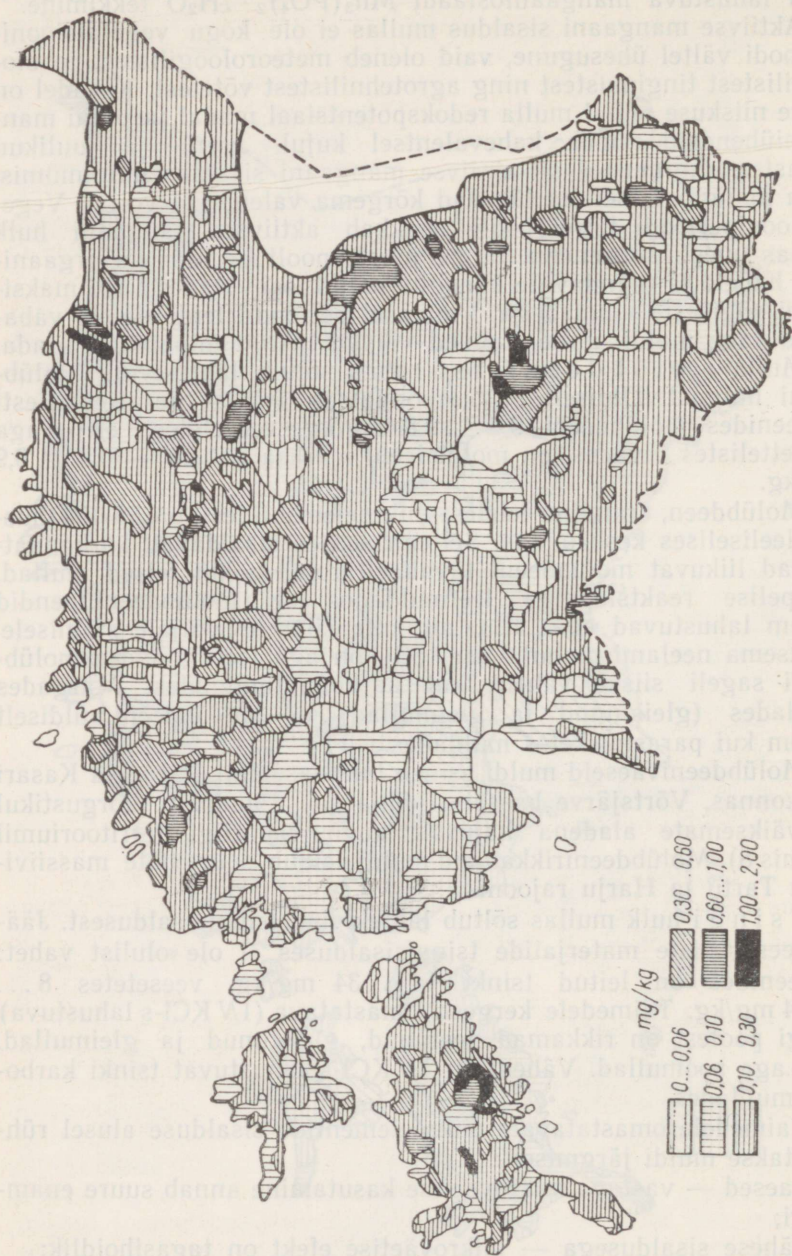
Tsingi hulk mullas sõltub lähtekivimi tsingisisaldusest. Jää- ja veesetteliste materjalide tsingisisalduses ei ole olulist vahet: moreenides on leitud tsinki 14...34 mg/kg, veesetetes 8...34 mg/kg. Taimedele kergesti omastatava (1N KCl-s lahustuva) tsingi poolest on rikkamad leetunud, gleistunud ja gleimullad, eriti aga soomullad. Vähem on 1N KCl-s lahustuvat tsinki karbonaatumuldades.

Taimedele omastatavate mikroelementide sisalduse alusel rühmitatakse muldi järgmiselt:

vaesed — vastava mikroväetise kasutamine annab suure enamsaagi;

vähese sisaldusega — mikroväetise efekt on tagasihoidlik;

keskmise sisaldusega — mikroväetise efekt puudub või esineb



Joonis 8. Liikiva molübdeeni sisaldus Eesti NSV põllumuldades. (Koostanud E. Valdek.)

TABEL 12

## Muldade rühmitamine liikuvate mikroelementide sisalduse alusel

Muldade rühmad mikroelementide sisalduse alusel	Vees lahustuv boor	1 N HCl-s lahustuv vask	Aktiivne mangaan	Oksalaat-lahustuv molübdeen
sisaldus mullas mg/kg				
Vaesed	0...0,1	} 0...1,5	} 0... 50	0...0,06
Vähese sisaldusega	0,1...0,2			0,06...0,1
Keskmise sisaldusega	0,2...0,4	1,5...2,8	50...100	0,1...0,3
Küllaldase sisaldusega	0,4...0,6	2,8...3,8	100...200	0,3...0,6
Rikkad	üle 0,6	üle 3,8	üle 200	üle 0,6

TABEL 13

## Mikroelementide erineva sisaldusega muldade osatähtsus vabariigis (%-des)

Muldade rühmad mikroelementide sisalduse alusel	Boor	Vask	Mangaan	Molübdeen
Vaesed	35,1	} 38,0	} 10,4	7,5
Vähese sisaldusega	24,6			16,5
Keskmise sisaldusega	26,1	40,0	20,1	59,7
Küllaldase sisaldusega	7,4	13,0	66,0	14,5
Rikkad	6,8	9,0	3,5	1,8

kas teatud tingimustel (lupjamine, põud jne.) või selle elemendi suhtes nõudlike kultuuride juures;

küllaldase sisaldusega — mikroväetis tavaliselt ei suurenda saaki, küll aga võib parandada saagi kvaliteeti;

rikkad — mikroväetise kasutamine ei ole vajalik.

Muldi loetakse vastavasse rühma kuuluvaks, kui nendes on taimedele kergesti omastatavaid mikroelemente tabelis 12 toodud hulgal. Tabelis 13 esitatud koondandmed näitavad, et kõige üldisem on meie muldades booripuudus. Kõige väiksem on vajadus mangaani järele, kuna vase ja molübdeeni osas esinevad ülekaalukalt keskmise sisaldusega mullad.

## 3.6.2. MIKROVÄETISED JA NENDE KASUTAMINE

Mikroväetised stimuleerivad mitmeti taime elutegevust, seepärast leiavad nad järjest suuremat kasutamist. Põllukultuuride saakide suurenemisega viiakse mikroelemente järjest rohkem mul-

last ära. Põldudele antavad põhiväetised aga ei sisalda nimetamismäärsest mikroelemente ega kata seda kadu. Füsioloogiliselt happeliste väetiste kasutamine muudab pealegi mikroelementide ühendid lahustuvamaiks, mis soodustab nende väljaleostumist huumushorisondist. Ainult suured sõnnikukogused, mille saamisel kasutati küllalt palju põhku, võivad taimede mikroelementide vajadust teatud määral rahuldada.

Mikroväetisi tuleb kasutada ainult nendel muldadel, kus vastavat mikroelementi on napilt või kus see on raskesti omastatav. Mikroväetisi ei või üle doseerida. See võib põhjustada nii saagi kui ka selle kvaliteedi languse. Mikroväetisi võib kasutada koos põhiväetiste, herbitsiidide ja insektsiididega.

Mulda tuleb viia mikroväetised külvielse mullaharimise alla. Väetisnormid antakse tavaliselt lauskülvi kohta. Kui mikroväetisi antakse külviritta, siis tuleb võtta ainult  $\frac{1}{3}$  lauskülviks ettenähtud normist. Külvise puuderdamiseks kasutatakse hästi peenestatud mikroväetist koos puhtimisvahenditega. Külvise piserdamiseks lahustatakse tsentneri kohta ettenähtud norm 2...4 liitris vees ja valatakse lahus puhtimismasina piserdamisseadisse. Puuderdatud või piserdatud külvis tuleb külvata maha kohe, kui vilja niiskussisaldus ületab 12%. Taimede pritsimiseks lahustatakse hektari kohta ettenähtud mikroväetise norm 300...400 liitris vees, millega pritsitakse kultuure väikse pilves ilmaga või õhtupoolikul, et lehed seisaksid kauem märjad ja väetiselahus imenduks täielikumalt.

### 3.6.2.1. BOORVÄETISED

Boori sisaldavad meie põllukultuurid kilogrammi kuivaine kohta järgmiselt: teravili 1,2...3,5 mg; uba ja hernes: terad 2,4...3,5 mg ja põhk 6,3...7,8 mg; ristik 8,5...20 mg; lina: seemned 6...8 mg ja varred 10...12,5 mg; sööda- ja suhkrupeet: juurikad 12...18 mg ja pealsed 25...30 mg.

Levinumaks boorväetiseks on meie vabariigis boordatoliit, mille lähteaineks on datoliidimaak ( $2\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ). Valmistamine toimub väävelhappe abil analoogiliselt superfosfaadi tootmisega. Boordatoliit sisaldab 1,5...1,7% vees lahustuvat boori. Boordatoliit on kuiv hallikas pulbriline väetis, mida kasutatakse põhiliselt mulda andmiseks, kuid mis on sobiv ka külvise puuderdamiseks.

Vähem levinud on boormagneesium, mida saadakse boori tootmise kõrvalproduktina Inderi järve ümbruses leiduvatest ašariidi- ja ašariituleksiidimaakidest. Boormagneesium on kerge pulber, sisaldab 1,1...1,5% vees lahustuvat boori ja 65...75% magneesiumsulfaati. Boormagneesium on kohane boorväetiseks kasutada kerge lõimisega Lõuna-Eesti muldadel, mis on ühtlasi ka magneesiumivaesed.

TABEL 14

## Boori normid sõltuvalt kultuurist ja väetise andmisviisist

Kultuur	Mulda andmine kg/ha	Külvise puuderda-mine g/ts	Taimede pritsimine g/ha	Külvise pritsimine g/ts
Söödapeet, sööda-kaalikas	0,75 ... 1,0	12	50	0,8
Kartul	0,50 ... 0,7	—	—	—
Hernes	0,45 ... 0,6	4	—	0,5
Ristik, lutsern	0,45 ... 0,6	40	100	0,8
Lina	0,30 ... 0,5	6	—	2,0
Oder	—	6	—	—

TABEL 15

## Boorväetise mõju söödakaalika «Kuusiku» saagile

Väetusvariant	Juurikaid ts/ha	
	saak	enamsaak B mõjul
NPK	321,0	—
NPK+3,2 t CaCO <sub>3</sub>	386,3	—
NPK+3,2 t CaCO <sub>3</sub> +60 kg boordatoliiti	445,6	59,3
NPK+12 t CaCO <sub>3</sub>	394,5	—
NPK+12 t CaCO <sub>3</sub> +60 kg boordatoliiti	519,0	124,5

TABEL 16

## Boorväetiste mõju punase ristiku seemnesaagile

Muld	Vees lahustuvat boori mg/kg	Seemnesaak ts/ha		Märkusi
		kontroll-variant	boorväetisega	
Lk <sub>II</sub>	0,04	0,62	1,80	muld lubjatud
Lk <sub>I</sub>	0,50	2,34	3,55	„
K <sub>Ig</sub>	0,15	1,78	2,26	„ lupjamata

Kontsentreeritumateks boorväetisteks on booraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) ja boorhape ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ). Booraksis on boori 11,3%, boorhappes 17,5%. Mõlemad ühendid on vees hästi lahustuvad ja sobivad eeskätt pritsimislahuste valmistamiseks ning külvisel puuderdamiseks. Mulda andmiseks need väetised hästi ei sobi, sest kõrge boorisalduse tõttu peaks väetisekogus olema väga väike, mida on aga raske suurele pindalale ühtlaselt külvata või põhi-  
väetistega segada.

Boorväetise normid olenevad kultuurist, väetistarbest ja väetisest ning selle kasutamise viisist (tabel 14).

Boorväetistele reageerivad kõige paremini rühvelkultuurid lubjatud foonil, eriti siis, kui on kasutatud suuri Tubjaannuseid. Seda kinnitavad ka Mooste näidissovhoosi keskmiselt leetunud saviliival ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,5$ , vees lahustuvat boori 0,15 mg/kg) korraldatud katse tulemused (tabel 15).

Seemneristiku pritsimine 0,02%-lise boorhappelahusega õisikute tekkimise faasis on osutunud K. Kivi katsetes väga efektiivseks (tabel 16). Boorväetise mõju oli suurem lubjatud foonil ja mulla madalama boorisalduse korral.

Boorväetis mulda antuna on suurendanud Lõuna-Eestis lina kiusaaki 17,5...20% ja seemnesaaki 11,4...26,5%. Hernekülvisel puuderdamisel boordatoliidiga on suurenenud terasaak 16% võrra. Ka oder ja nisu on boordatoliidi toimetel andnud häid tulemusi (tabel 17).

Teraviljade juures on kõige otstarbekam külvist puuderdada

TABEL 17

Boorväetise mõju teraviljade saagile

Kultuur	Muld	Vees lahustuvat boori mg/kg	Väetusvariant	Saak ts/ha	Enam-saak B mõjul ts/ha
Oder	Lg	0,10	PK+10 t põlevkivituhtu	21,3	—
			PK+10 t põlevkivituhtu + 40 kg boordatoliiti mulda	24,9	3,6
Oder	Ko	0,34	PK	24,0	—
			PK + 40 kg boordatoliiti mulda	27,7	3,7
Talinisu	Go	0,57	NPK+10 t põlevkivituhtu + 20 t sõnnikut	26,7	—
			NPK+10 t põlevkivituhtu + 20 t sõnnikut + 40 kg boordatoliiti mulda	29,3	2,6

boordatoliidiga või kasutada boorväetise järelmõju, kui eelnevale kultuurile oli seda väetist mulda antud. Boorväetis suurendab saaki 3...4 aasta vältel.

### 3.6.2.2. VASKVÄETISED

Vasesisaldus meie teraviljade terade kuivaines on 2,4...6,3 mg/kg, söödapeedi juurikates 3...7 mg, kartuli mugulais 4...6 mg, ristikeinas 3,5...10 mg ja looduslike rohumaade taimedes 3,3...8,4 mg kilogrammis kuivaines.

Vaskväetisena kasutatakse v a s k s u l f a a t i ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), mis sisaldab vaske 25,5%, ja p ü r i i d i r ä b u, mille vasesisaldus on 0,4...0,5% piires. Püriidiräbu on kuiv raske pruunika värvusega jääkprodukt, mis tekib väävelhappe tootmisel püriidist. Püriidiräbu sisaldab peale vase veel teisi mikroelemente: 0,9...3,5 g Zn, 0,7...1,1 g Mn, 3...8,3 mg Co, 4,8...5,2 mg Mo ja 4...5 mg B kilogrammis kuivaines. Püriidiräbu koostisest moodustavad enamiku raudhapendid, metallide sulfaadid, sulfiidid ja silikaadid. Vasksulfaati ja püriidiräbu võib anda mulda kevadisel või sügisel mullaharimisel, püriidiräbu võib külvata ka talvel lumele.

Vaskväetisi kasutatakse vasevaestel muldadel tabelis 18 toodud kogustes.

Vaskväetise kasutamine on eriti suure efektiivsusega turvasmuldadel. E. Hirmo katsetes andis vaskväetis mitmesugustel turvasmuldadel tabelis 19 esitatud tulemusi, kusjuures odrasaak suurenes eriti tugevasti siis, kui 1 N HCl-s lahustuva vase sisaldus mullas oli alla 3,5 mg/kg.

Mooste nädissovhoosi hästi lagununud turbaga lammi-madal-soomullal ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,1, 1 N HCl-s lahustuvat vaske 3,1 mg/kg) suurendas kultuurheinamaa väetamine püriidiräbuga (10 ts/ha) saaki põhiliselt teises ja kolmandas niites (tabel 20).

Samas majandis saadi turvasmullal kasvava kartuli väetamisel püriidiräbuga (8 ts/ha) 26,3 tsentneri suurune enamsaak hektarilt.

Vaskväetise kasutamine on perspektiivne ka vasevaestel huumusrikkastel neutraalse reaktsiooniga mineraalmuldadel. Huumusrikkal kamar-karbonaatmullal Harju rajoonis sai H. Michelson kartuli pritsimisel 0,02%-lise vasksulfaadilahusega 62,2 ts/ha mugulaid enamsaagiks. Väga vasevaesel (0,5 mg Cu/kg mullas) gleistunud küllastunud liival Pärnu rajoonis andis odra väetamine vasksulfaadiga 8,6 ts teri hektarilt enamsaagiks. Samal mullal katses põldheinaga suurenes vasksulfaadi mõjul kuivheina saak 14,6 ts võrra hektarilt.

Vask neeldub tugevasti mulla orgaanilistele kolloididele. Seepärast on vask orgaanilise aine poolt rikkas mullas vähe liikuv ja taimedele raskesti omastatav. Agrotehnika seisukohalt peab seepärast vaskväetise külv olema väga ühtlane, väetis hästi pee-

TABEL 18

## Vaskväetise normid tegevainena (Cu)

Kultuur	Mulda andmine kg/ha	Külvise puuder-damine g/ts	Taimede pritsi-mine g/ha	Külvise piser-damine g/ts
Teravili, hernes	4...6	—	—	0,25
Kartul, kaalikas	2...3	—	25	—
Peedid	1,5...2,5	—	—	—
Mais	—	—	25	0,25
Ristik	2...5	40	—	—
Lutsern	3...4	40	—	—
Lina	1...2	—	—	—
Kultuurrohumaad soomullal	3...5	—	—	—

TABEL 19

## Vaskväetise mõju turvasmuldadel

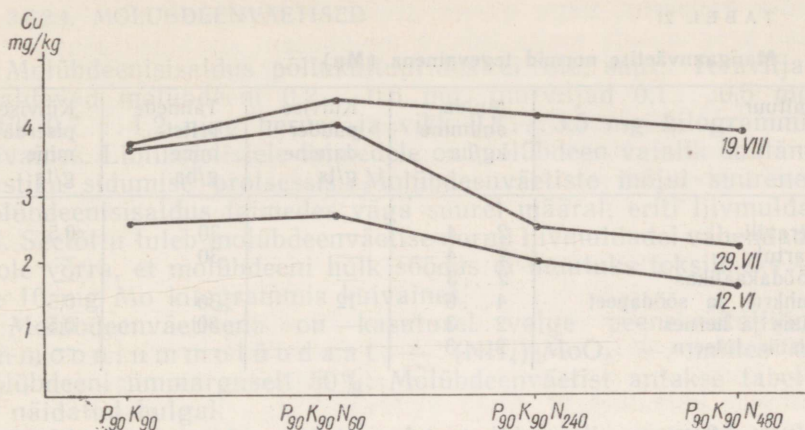
Kultuur	Saak ts/ha		Enamsaak Cu toimel ts/ha
	NPK	NPK + Cu	
Oder	7,2	20,3	13,1
Kaer	7,8	9,8	2,0
Põldhein	38,4	49,1	10,7
Viki-kaera segatis	20,6	28,0	7,4
Punane ristik	8,1	67,2	59,1
Harilik aruhein seemneks	3,3	8,1	4,8

TABEL 20

## Püriidiräbu mõju heinasaagile

(ts/ha)

Väetus-variant	Niited			Kokku kuiv-heina	Enam-saak
	1.	2.	3.		
PK	30,6	12,8	—	43,4	—
PK + püriidiräbu	34,9	26,2	20,1	81,2	37,8



Joonis 9. Lämmastikväetise mõju koplirohu vasesisaldusele.

nestatud ja väetise norm huumusrikkale mullale suurem kui huumusvaesele mullale. Mulda antud vaskväetise mõju kestab 5...6 aastat.

Vase omastatavust mullast vähendavad lupjamine ja suurte fosforväetiseannuste kasutamine. Viimasel juhul moodustub raskesti lahustuv  $Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$ . Suurte lämmastikväetiseannuste korral väheneb kultuurkarjamaa rohu vasesisaldus (joonis 9). Loomasöödas vajaliku vasenivoo säilitamiseks võib suurte lämmastikväetise normide kasutamisel vajalikuks osutada kultuurkarjamaale ka vaskväetise andmine.

### 3.6.2.3. MANGAANVÄETISED

Kultuurtaimedes on mangaani, võrreldes teiste mikroelementidega, võrdlemisi palju: odraterades 13...30 mg, kartuli mugulais 7...14 mg, suhkrupedi juurikais 15...65 ja pealsetes 24...124 mg, ristikus 8...80 mg kilogrammis kuivaines. Looduslike rohumaade taimedes on mangaani 40...100 mg/kg kuivaines, kusjuures tarnad on teistest taimeliikidest mangaanirikkamad.

Spetsiaalseid mangaanväetisi praegu ei toodeta, kasutatakse ainult defitsiitset mangaansulfaati ( $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ ), mis sisaldab 22% mangaani. Ukrainas kasutatakse väetisena mangaanimaakide jääke, milles on mangaani 9...15%. On hakatud valmistama ka manganiseeritud superfosfaati. Mangaanväetise normid kultuuridele on toodud tabelis 21.

Mangaanväetised on osutunud efektiivseks madala aktiivse mangaani sisaldusega karbonaatsetel või tugevasti lubjatud leetmuldadel. Katses odraga Rannamõisa kamar-karbonaatmullal,

TABEL 21

## Mangaanvætise normid tegevainena (Mn)

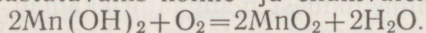
Kultuur	Mulda andmine kg/ha	Külvise puuder-damine g/ts	Taimede pritsi-mine g/ha	Külvise piserda-mine g/ts
Teravili	2...4	—	30	0,5
Kartul	2...4	—	30	—
Söödakaalikas	2...3	—	—	—
Suhkru- ja söödapeet	4...6	12	30	0,5
Mais ja hernes	2...3	—	30	0,5
Ristik, lutsern	2...3	—	—	—

milles aktiivse mangaani sisaldus oli 80 mg/kg, sai H. Michelson 20 kg mangaansulfaadi muldaandmisel 6,7 ts enamsaaki hektarilt. Niisama suure mangaansulfaadiannuse muldaviimisel EMMTUI Polli katsebaasi lubjatud kamar-leetmullal saadi söödakaalika enamsaagiks 38 ts juurikaid ja 37 ts peaseid hektarilt.

Suhkrupeedi pritsimine 0,05%  $MnSO_4$ -lahusega Mooste soovhoosis lubjatud kamar-leetmullal andis juurikate enamsaaki 41,8 ts/ha, kuigi aktiivse mangaani sisaldus mullas oli kõrge — 272 mg/kg. Maisiseemnete piserdamisel 0,2%  $MnSO_4$ -lahusega sai H. Michelson lubjatud kamar-leetmullal Polli katsebaasis 73,9% maisi haljasmassi enamsaaki, kuna mangaanvætise muldaandmine maisi saaki praktiliselt ei suurendanud. Sellega osutus mangaanvætise andmine juureväliselt efektiivsemaks kui vætise muldaviimine.

Saku näidissovhoosi turvasmullal (aktiivset mangaani 36 mg/kg) katses põldheinaga saadi mulda antud mangaansulfaadi toimel vihmasel suvel enamsaaki ainult 2,4%, järgneva aasta põuasel suvel aga 17,9%, mis kinnitab mangaanvætiste suuremat vajadust kuival vegetatsiooniperioodil.

Neutraalses hästi õhustatud mullas, kus  $pH_{KCl} > 5,8$ , redoksprotsessid intensiivistuvad. Sellises keskkonnas muutuvad taimedele hästi omastatavad kahevalentsed mangaaniühendid raskesti omastatavaiks kolme- ja enamvalentseiks:



Superfosfaadi muldaviimisel tekib neutraalses mullas raskesti lahustuv  $Mn_3(PO_4)_2 \cdot 7H_2O$ , happelises mullas aga kergesti lahustuv  $MnHPO_4 \cdot 3H_2O$ . Seega neutraalses mullas superfosfaat pidurdab mangaani omastamist.

### 3.6.2.4. MOLÜBDEENVAETISED

Molübdeenisaldus põllukultuurides ei ole suur. Teraviljad sisaldavad molübdeeni 0,2...0,5 mg, juurviljad 0,1...0,5 mg, ristik 0,7...1,2 ning hernes ja vikk 0,8...3,5 mg kilogrammis kuivaines. Liblikõielistele taimedele on molübdeen vajalik õhulämmastiku sidumise protsessis. Molübdeenväetiste mõjul suureneb molübdeenisaldus taimedes väga suurel määral, eriti liivmuldadel. Seetõttu tuleb molübdeenväetise normi liivmuldadel vähendada poole võrra, et molübdeeni hulk söödas ei muutuks toksiliseks — üle 10 mg Mo kilogrammis kuivaines.

Molübdeenväetisena on kasutusel valge peenekristalliline ammoniummolübdaat —  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  —, milles on molübdeeni ümmarguselt 50%. Molübdeenväetist antakse tabelis 22 näidatud hulgal.

Mulda andmisel on ammoniummolübdaadi norm 0,5...2,0 kg/ha. Sellise väetisekoguse külvamine on mõeldav ainult molübdeeniga rikastatud superfosfaadina või lahustatuna ammoniaakvees.

Molübdeenväetist antakse esmajärjekorras haljasmassiks kasvatatavatele liblikõielistele. Saku näidissovhoosi keskmiselt lagunenud madalsoomullal, milles oksalaatlahustuvat molübdeeni oli 0,08 mg/kg, andsid liblikõielisi sisaldavad silokultuurid ammoniummolübdaadi toimel haljasmassi enamsaaki 6,4...21,7%, kusjuures toorproteiinisisaldus kuivaines suurenes 0,2...6,3% võrra.

K. Kivi sai molübdeenväetise juurevälisel andmisel punase ristiku heina enamsaaki 14,8...38,7 ts hektarilt. Polli katsebaasis suurenes lubjatud kamar-leetmullal ammoniummolübdaadi muldaandmisel hübriidkaalika juurikate saak 54 ts ja pealsete saak 20 ts võrra hektarilt.

O. Halliku poolt korraldatud nõukatses tugevasti happelisel mullal suurendas molübdeenväetis lutserni saaki ainult lubjatud foonil, supjamata foonil aga mitte. Ka E. Turbase tehtud katsed näitasid, et molübdeenväetise vajaduse kriteeriumiks ei saa olla

TABEL 22

#### Molübdeenväetise normid tegevainena (Mo)

Kultuur	Külvise puuderdamine g/ts	Kultuuride pritsimine g/ha	Külvise piserdamine g/ts
Ristik, lutsern	125	50	—
Hernes, vikk	50	50	75
Mais	35	50	50
Söödakaalika ja söödakapsas	125	—	—

mulla happesus, nagu varem arvati. Molübdeenväetise vajadust saab prognoosida mulla liikuva molübdeeni sisalduse põhjal.

Fosforväetiste kasutamisel tõrjuvad väetise anioonid mulla neelavast kompleksist  $\text{MoO}_4^{2-}$ -ioone välja, soodustades seega molübdeeni omastamist taimede poolt.

Molübdeenväetise kasutamisel suureneb taimede vasetarve. Mulda antud molübdeenväetise mõju kestab 4...5 aastat.

### 3.6.2.5. TSINKVÄETISED

Tsingi hulk teraviljades on 10...35 mg/kg kuivaines, kusjuures terade ja põhu tsingisisaldus on enam-vähem võrdne. Juurviljade juurikais on tsinki 20...60 mg, lehtedes 20...90 mg kilogrammis kuivaines.

Looduslikult kasvavates heintaimedes on domineeriv tsingisisaldus 20...50 mg kilogrammis kuivaines. Muldade lupjamine vähendab tsingi omastamist taimede poolt. Turvasmuldadel kasvavates taimedes on tsinki rohkem kui mineraalmullal kasvavates taimedes.

Tsinkväetisena võib kasutada tsinksulfaati —  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  —, mis sisaldab 22,7% tsinki. Tsinksulfaat on nõrga roosaka värvusega kristalliline aine. Võrdlemisi palju tsinki sisaldab ka püriidiräbu, nimelt 0,9...3,5 g/kg.

Tsinksulfaati soovitatakse mulda viia 12 kg/ha. Et see väetis on aga väga defitsiitne, tuleks seda kasutada juureväliselt — pritsida taimi või puid 0,01...0,05%-lise tsinksulfaadilahusega või leotada seemneid 0,006...0,010%-lises tsinksulfaadilahuses.

Tsinkväetist kasutatakse edukalt köögiviljade ja viljapuude ning maasikate väetamiseks. Ka teraviljade väetamisel karbonaatmuldadel on tsinkväetisega saadud häid tulemusi. H. Michelsoni katsetes Jõhvis suurendas mulda antud tsinksulfaat talinisu saaki 22,7% võrra, kusjuures mulla 1N KCl-s lahustuva tsingi sisaldus oli 0,18 mg/kg. Mooste sovhoosi lubjatud leetmullal, mille liikuva tsingi sisaldus oli 0,6...0,75 mg/kg, suurendas 0,05%-lise tsinksulfaadilahusega pritsimine söödakaalika juurikasaaki 19 ts ja suhkrupeedi saaki 10 ts hektarilt.

Taimedele kergesti omastatavaid tsingiühendeid on mullas kõige vähem  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,5...6,9 juures. Kõrgema pH väärtuse korral tsingi liikuvus suureneb. Kui aga mullas on või kui sinna viiakse lupjamilisel palju kaltsiumi, tekib kaltsiumtsinkaat, mis on lahustumatu ja taimedele kättesaamatu. Sellistel juhtudel tekib taimedel suur tsingipuudus. Tsingi side orgaanilise ainega on nõrk ja turvasmullast on tsink hästi omastatav. Tsingi omastamine sõltub ka temperatuurist ja mulla fosforisisaldusest. Suur fosforväetiseannus ja madalam temperatuur kasvuperioodil raskendavad taimedel tsingi omastamist.

Mikroväetiste ühtlasemaks ja lihtsamaks muldaviimiseks kasutatakse praegu põllukultuuride juures vastava mikroelemendiga rikastatud makroväetisi, näiteks manganiseeritud või molübdeniseeritud superfosfaati. Intensiivsel maakasutamisel köögiviljaaedades ja kasvuhoonetes rakendatakse spetsiaalseid täisväetissegusid, kus tavaliste makroväetiste hulka on segatud ka kõiki vajalikke mikroväetisi (lk. 77).

Nende kõrval toodetakse mitmeid polümükröväetisi, mis sisaldavad taimedele vajalikke mikroelemente. Polümetalsete tööstusjäätmete baasil toodetakse keraamilisi väetisi ehk fritte. Need kujutavad endast mikroelementide ühendite ja klaasi või liiva sulameid peeneks jahvatatult. Nad sisaldavad 25...75% SiO<sub>2</sub>, 3...20% MgO, 2...15% K<sub>2</sub>O ja Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ja 1...10% mikroelemente.

Fritid lagunevad mullas pikkamisi. Seetõttu on nende toime aeglane ja vabanenud mikroelementide väljaleostumine mullast väike. Fritte antakse 10...25 kg/ha. Eriti perspektiivne on fritte kasutada ülejutatavatel muldadel või niisutatavatel aladel, samuti köögivilja-, marja- ja viljapuuaedades.

Riia keemiateshases toodetakse mikroväetissegude tablette. Üks tablett lahustatakse panges vees ja selle lahusega kastetakse köögiviljataimi, marjapõõsaid ja viljapuid kahel korral: kevadel taimede kasvu algperioodil ja õitsemise alguses. Pangetäis lahust on arvestatud ühe ruutmeetri kastmiseks. Tableti koostis on järgmine.

Mikroelement	Mikroelementi ühes tabletis mg	Tableti komponent
B	10	boorhape
Cu	5	vasksulfaat
Zn	10	tsinksulfaat
Mo	0,2	ammooniummolübdfaat
I	0,2	kaaliumjodiid
Co	0,2	koobaltsulfaat
Mn	20	mangaansulfaat

Polümükröväetisena on kasutusel ka tööstusjäätmeist saadud väetis ПМУ-7, mis sisaldab kuni 25% tsinki ja peale selle mõninal määral veel mangaani, vaske, molübdeeni jt. mikroelemente. Väetis ei ole vees lahustuv, seda antakse mulda 20...70 kg/ha. Polümükröväetis ПМУ-7 sobib ka külvisse puuderdamiseks.

## Kordamisküsimusi

1. Millist osa etendavad mikroelemendid taimede elus?
2. Nimetage tähtsamaid mikroelemente.
3. Kus paiknevad vabariigi booririkkamad mullad?
4. Millised mullad on mikroelementide poolest üldiselt rikkamad, kas liivmullad või liivsavimullad?
5. Millised mullad on eriti vasevaesed?
6. Millest sõltub liikuvate mangaaniühendite dünaamika mullas?
7. Kuidas mõjustab lubiväetiste ( $\text{CaCO}_3$ ) kasutamine liikuva boori (vase, mangaani, tsingi, molübdeeni) sisaldust mullas?
8. Kuidas rühmitatakse muldi omastatavate mikroelementide sisalduse alusel?
9. Millised kultuurid on nõudlikud vase (boori, molübdeeni) suhtes?
10. Milliseid viise kasutatakse mikroväetiste andmiseks?
11. Kuidas sõltuvad mikroväetiste annused andmisviisist?
12. Kui palju antakse boorväetistega mulda boori hektari kohta?
13. Milline on meie kohalik vaskväetis? Mida ta sisaldab?
14. Kui palju vaske antakse hektarile mulda? Kui palju tuleb hektarile anda püriidiräbu?
15. Mitme aasta järel tuleb mikroväetisi anda?
16. Kui palju tuleb hektari kohta anda molübdeeni mulda? Kui palju tuleb molübdeeni anda taimede pritsimisel?
17. Mida kujutavad endast fritid?

## 3.7. MINERAALVÄETISTE SÄILITAMINE JA ETTEVALMISTAMINE KÜLVIKS

Väetiste säilitamine majandeis on tingitud asjaolust, et tööstus toodab ning saadab väetisi majandesse aasta ringi, taimekasvatuse hooajalisuse tõttu saab aga neid kasutada palju lühema ajavahemiku jooksul. Seepärast on väetiste säilitamine majandeis paratamatu. Sellega välditakse ühtlasi võimalikke varumislünki.

Väetised on küllaltki kallid. Enamik neist on vees lahustuvad ja majandesse saabumisel tavaliselt heade füüsikaliste omadustega. Halbades säilitamistingimustes kaotavad nad suure osa oma toimeaineist ning niiskumise ja paatumise tõttu halvenevad nende füüsikalised omadused, halveneb külvatavus.

Seepärast tuleb mineraalväetisi säilitada ruumides, kus on välditud nende kadu ja kvaliteedi langus. Väetiste hoidmiseks kasutatavad ruumid peavad olema hästi õhutatavad, kuid niiske

välisõhu eest tihedalt suletavad. Neis peab olema piisavalt ruumi väetiste külviks ettevalmistamiseks ning neile ligipääsemiseks. Nimetatud tingimustele vastavad kõige paremini spetsiaalsed väetisehoidlad ehk -laod. Ladude puudumisel tuleb väetisi säilitada muudes selleks kohandatud ruumides, häda korral aga isegi väljas niiskusest isoleeritud kuhjades.

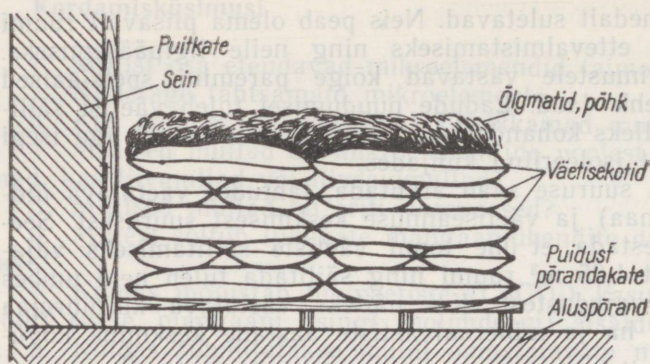
Lao vajaliku suuruse saab arvutada, lähtudes väetatava üldpinna (kultuurmaa) ja väetiseannuse keskmisest suurusest. Seejuures võib arvestada, et ühe tonni väetiste säilitamiseks vajatakse keskmiselt 1,25 m<sup>3</sup> ruumi ning säilitada tuleb neid umbes 1/2...2/3 aasta vajadustest. Kui näiteks väetatava kultuurmaa suurus on 1000 ha ja mineraalväetiste aastane keskmine koguanngus 6 tsentnerit ha kohta, on tarvis säilitada:  $1000 \cdot \frac{6}{2} \dots 1000 \cdot \frac{6 \cdot 2}{3} = 3000 \dots 4000$  tsentnerit ehk 300...400 tonni väetisi. Ruumi on selleks vaja  $300 \dots 400 \cdot 1,25 = 375 \dots 500$  m<sup>3</sup>.

Väetiste säilitamise ruumi või kuhja asukoht peab olema kuiv ja ümbrusest kõrgem. Pinnavee tõrjeks ümbritsetakse nad kraaviga. Ruumi katus, seinad ja põrand peavad olema veekindlad.

TABEL 23

**Väetiste mahumass, tonni maht ja säilitamisviisi**  
(A. Peterburgski järgi)

Väetis	Mahumass t/m <sup>3</sup>	Ühe tonni maht m <sup>3</sup>	Säilitamisviis ja vürna (hunniku) lubatud kõrgus
Ammooniumsalpeeter	0,83	1,20	tehase taaras; kuni 2 m
Lubisalpeeter	1,11...0,91	0,90...1,10	sama
Ammooniumsulfaat	0,80	1,25	tehase taaras; kuni 3 m
Naatriumsalpeeter	1,43...1,10	0,70...0,91	tehase taaras; kuni 2 m
Karbamiid	1,54	0,65	sama
Fosforiidjahu	1,67	0,60	hunnikus; kuni 3 m
Superfosfaat, pulbril.	1,18	0,85	tehase taaras või hunnikus; kuni 1,75 m
Superfosfaat, granul.	1,11	0,90	sama
Kainiit	1,50...1,30	0,67...0,77	hunnikus; kuni 2 m
Kaalisool	0,99...0,94	1,01...1,06	sama
Kaaliumkloriid	0,95...0,92	1,05...1,09	sama; kuni 2 m
Kaaliumsulfaat	1,43...1,25	0,70...0,80	tehase taaras; kuni 2,5 m
Kaalimagneesium	1,01	0,99	sama
Ammofoss	1,05...1,00	0,95...1,00	sama
Nitrofoska	1,0	1,0	sama



Joonis 10. Väetisekottide hoidlas paiknemise skeem.

seinad olgu puidust või kivist. Müürid kaetagu tiheda laudvoodriga. Puitseinad on soovitatav üle tõrvata või katta bituumeniga või mõne muu korrosioonikindla materjaliga. Põrand olgu tihe (pragudeta) kas asfaltbetoonist või bituumeni või tõrvaga kaetud puidust. Katusekatteks olgu eterniit, tõrvapapp või muu materjal, välja arvatud raudplekk, mis roostetaks kiiresti väetistest erituvate gaaside mõjul.

Hoiuruumides tuleb erinevad väetised säilitada eraldi siltidega varustatud salvedes. Viimaseid on soovitatav moodustada ümberpaigutatavatest tugikilpidest. Sildile märgitagu väetise nimetus, toimeaine sisaldus, saamise aeg ja kogus.

Väetisekotid virnastatakse tihedalt ristriita, pakendita väetised säilitatakse puistena. Orienteerivad andmed üksikute väetiste mahumassi, tonni mahu ning säilitamisviisi kohta on toodud tabelis 23.

Väetisekottide virnad ei tohi puutuda vastu seina ning neid on soovitatav katta tehiskilega, õlg- (või pilliroo-) mattidega või põhuga (joonis 10), et takistada õhuniiskuse ligipääsu.

Väetiste külviks ettevalmistamine. Kui väetised on paatunud, tuleb nad enne külvi peenestada, sest üle 4...5 mm läbimõõduga väetisetükide külvamisel jääb väetataval pinnal rohkesti väetamata laike, kuid ühtlasi tekib üleväetatud koldeid. Seetõttu jäävad kultuurid ebaühtlaseks ja väetiste üldine mõju jääb väikeseks.

Et enamik mineraalväetisi on ühekülgsed väetised ja väetada tuleb mitme väetisega, on otstarbekohane valmistada enne külvi väetissegusid (lk. 77). Segatavad väetised peavad olema kuivad

ja peenestatud. Segus olgu üksikväärtised jaotatud võimalikult ühtlaselt, ainult siis on segu mõju maksimaalne.

Väetiste segamisel tuleb kasutada kaitseprille, kindaid ning kaitsepõlle või presentrõivaid, sest väetised võivad sattuda silma, kahjustada nahka ja riideid. Samu kaitsevahendeid tuleb kanda ka väetiste veol ja külvil. Väljaveetud väetised tuleb kõik maha külvata või jäägid lattu tagasi viia.

## 4. ORGAANILISED VÄETISED. BAKTERVÄETISED

### 4.1. ORGAANILISTE VÄETISTE TÄHTSUS MULLAVILJAKUSE TÖSTMISEL

Orgaanilised väetised kujutavad endast taimse ja loomse päritoluga aineid. Tähtsamad orgaanilised väetised on sõnnik, virts, väetusturvas, turbakompostid jt. Nad sisaldavad enamasti kõiki taimede toitumiseks vajalikke elemente. Nii sisaldab sõnnik peale lämmastiku, fosfori ja kaaliumi ka mikroelemente — boori, mangaani, tsinki, koobaltit jt. —, olles seetõttu täisväetiseks.

Kuigi ka mineraalväetistega on võimalik mulda viia taimedele vajalikke toiteelemente, ei asenda need orgaanilisi väetisi, sest orgaanilised väetised rikastavad mulda huumusega. Põllule antud sõnnikust mineraliseerub kuni  $\frac{3}{4}$ , ülejäänud  $\frac{1}{4}$  sõnniku orgaanilisest ainest läheb huumuse moodustamiseks. Väetusturba ja turbakompostide muldaviimisel suureneb mulla huumusesisaldus veelgi enam.

Sõnnikuga väetamisel tekib rohkesti aktiivseid huumusaineid, mis toimivad kasvustimulaatoritena, soodustades toitainete sisenemist taimede juurtesse ja kiirendades taimede elutegevust. Sellest tingituna kasutavad taimed orgaaniliste väetiste foonil ka mineraalväetisi paremini.

Peale selle leidub sõnnikus auksiini-, heteroauksiini- ja gibberelliinitüüpi kasvuaineid, mis soodustavad taimede kasvu ja arenemist.

Süsteemaatiline orgaaniliste väetistega väetamine aitab säilitada mulla struktuuri ning suurendab vastupidavate mullasõmerate hulka. Tunduvalt paranevad mulla füüsikalised ja füüsikalis-keemilised omadused ning vee- ja õhurežiim; rasked savi- ja liivsavimullad muutuvad kobedamateks ja kergemini haritavateks ning vastupidi — liiv- ja saviliivmullad muutuvad sidusamateks ja vettpidavamateks. Muldade neelamisvõime suureneb, mistõttu toitaineid ei uhuta mullast nii kergesti välja.

Oma tumeda värvuse tõttu neelavad huumusrikkad mullad rohkem päikeseenergiat ja on seetõttu soojemad.

Orgaanilised väetised, omades kõrget puhverduisvõimet, pidur-

davad toitelahuse reaktsiooni järske kõikumisi, mis võivad tekkida mineraalväetistega väetamisel, ning hea neelamisvõime tõttu alandavad toitelahuse kontsentratsiooni. Seepärast võib üheaegselt orgaaniliste väetiste kasutamisega väetada ka mineraalväetiste suuremate annustega ja saada tunduvalt kõrgemaid saake.

Orgaanilistel väetistel on suur mõju mulla mikrobioloogilistele omadustele. Sõnnikuga väetamisel rikastatakse mulda hulgaliselt mikroorganismidega. Nii arvestatakse, et 40-tonnise sõnnikukogusega viiakse mulda umbes 500 kg mikroorganisme. See on eriti oluline nendel muldadel, kus mikrobioloogiline tegevus on nõrk, nagu liivmuldadel ja uudismaadel. Üheaegselt rikastatakse mulda orgaanilise ainega, mis on sobivaks toiduks mikroorganismidele. Selle tulemusel mikroorganismide arv mullas kasvab intensiivselt ning mulla varudest vabastatakse taimedele üha enam omastatavaid toitaineid.

Ei saa alahinnata ka süsihappegaasi osa, mis vabaneb orgaaniliste väetiste, eriti sõnniku kiirel lagunemisel mullas. Vabanev süsihappegaas liigub mullalähedasse õhukihti, kus selle sisaldus tunduvalt suureneb. Süsihappegaasi suurema sisalduse tõttu intensiivistub orgaanilise aine süntees ja järelikult ka taimede kasv.

Uurimustega on kindlaks tehtud, et taimed võtavad orgaanilise aine sünteesiks vajaliku süsihapat ka mullast juurte kaudu, mis veelgi rõhutab orgaaniliste väetiste osa saakide suurendamisel.

Meie vabariigis antakse põldudele järjest enam orgaanilisi väetisi. Vaatamata sellele et ka mineraalväetiste kasutamine üha suureneb, anti viimastel aastatel ligemale pool kõikidest väetistega muldaviidud toitainetest orgaaniliste väetistega. Vabariigi keskmisena anti 1968. aastal külvipinna hektari kohta 9 tonni orgaanilisi väetisi. Eesrindlikes majandais, kus saadakse kõrgeid saake, ulatuvad need kogused 15 tonnini ja enamgi külvipinna hektarile.

## 4.2. SÖNNIK

Sõnnik on põllumajandusloomade väljaheidete ja allapanu segu. Sel viisil saadud värske sõnnik säilitamisel laguneb mikroorganismide poolt esilekutsutud käärimisprotsessi toimel. Selle juures sõnniku koostis muutub, tekivad mitmesugused uued keemilised ühendid. Käärimisprotsessil esineva orgaanilise aine kaotõttu sõnniku mass väheneb.

Et üksikute loomaliikide väljaheidete ei ole kunagi ühesuguse koostisega ja ka allapanu koostis on erinev, siis on arusaadav, et sõnniku keemiline koostis pole alati ühesugune.

#### 4.2.1. LOOMADE VÄLJAHEIDETE KOOSTIS

Loomade väljaheidet kujutavad endast seedumata jäänud söödaosi ja seede lõpp-produkte. Seepärast sõltub nende koostis eeskätt sööda koostisest. Mida rohkem lämmastikku ja mineraalaineid on söötades, seda enam on neid ka väljaheidetes. Järelikult, kui loomi söödetakse rikkalikult valgurikaste söötadega, saadakse lämmastikurikkam sõnnik.

Söödas olevat lämmastikku ja mineraalaineid omastavad loomad erinevalt. Näiteks produktiivloomad ja noorkari kasutavad ligemale poole söödas olevast lämmastikust ja mineraalainetest piima ja villa moodustamiseks ning keha juurdekasvuks. Ülejäänud osa satub väljaheidetes. Tööloomadel aga eemaldub väljaheidetega suurem osa söödas olevast lämmastikust ja mineraalainetest.

Kui võrrelda loomade väljaheidete koostist, näeme suuri erinevusi rooja ja uriini taimetoitainete sisalduse vahel. Näiteks on veise roojas lämmastikku keskmiselt 0,29%, fosforpentoksiidi ( $P_2O_5$ ) 0,17% ja kaaliumoksiidi ( $K_2O$ ) 0,10%. Veise uriinis on lämmastikku 0,58% ja kaaliumoksiidi 0,49%, fosfor aga praktiliselt hoopis puudub. Seega sisaldab uriin lämmastikku ja kaaliumi tunduvalt rohkem kui roe. Fosforit leidub aga peamiselt roojas. Uriinis olev lämmastik ja kaalium on taimede poolt hästi omastatavad. Seepärast on tähtis, et kogu uriin satuks koos sõnnikuga või virtsaga põllule.

Uksikute loomaliikide järgi on kõige madalam lämmastiksisaldus veise väljaheidetes, sellele järgnevad sea, hobuse ja lamba väljaheidet.

Hobuse ning lamba tahkete ja vedelate väljaheidete segu on suhteliselt kuivainerikas, mistõttu nende loomade sõnnik käärib ja soojeneb kiiresti. Seepärast kasutataksegi hobusesõnnikut aianuses biokütusena lavade soojendamisel. Sea- ja veisesõnnik oma rohke veesisalduse tõttu käärib aeglaselt ega muutu nii kuumaks kui hobusesõnnik.

#### 4.2.2. ALLAPANU

Allapanu ülesandeks on loomadele kuiva ja sooja aseme ning vajalike zoohügieeniliste tingimuste loomine. Ühtlasi suureneb siis sõnniku kogus ning paraneb selle kvaliteet. Allapanu seob loomade vedelaid väljaheidet ja väldib nende kadusid. Samuti neelab allapanu gaase — eeskätt ammoniaaki, mis vabaneb uriini käärimisel, vähendades selle lendumist.

Veise roe oma rohke veesisalduse ja sidususe tõttu laguneb aeglaselt. Segunedes allapanuga muutub roe kobedamaks ning mikroorganismidele tekivad soodsamad tingimused sõnniku lagunemiseks.

Kõiki neid asjaolusid arvestades peaks allapanu olema hea veeimavusega ja sisaldama ka ise küllaldaselt toiteelemente.

Põhilisteks allapanumaterjalideks on meil turvas ja teraviljapõhk. Tabelis 24 on toodud nimetatud allapanumaterjalide imamisvõime ja lämmastiksisaldus.

Kõige paremaks allapanu liigiks on rabaturvas, selle 1 kg kuivainet seob 10...15 kg vett. Pealegi on turvas rikas lämmastiku pooldest, sisaldades seda ligemale kaks korda rohkem kui teraviljapõhk. Turbaallapanu korral on ka laudaõhk puhtam, sest rabaturvas seob endaga ammoniaaki 10...15 korda rohkem kui põhk.

Heade allapanuomaduste tõttu on turba kasutamisel saadud lehmadel rohkem piima ja nuumloomadelt suuremat juurdekasvu, võrreldes loomade pidamisega põhuallapanul.

Rabaturba puudumisel võib kasutada allapanuks ka vähelagunenud madalsooturvast, kuigi selle veeimavus on 2 korda väiksem rabaturba omast.

Hea allapanuturvas peab olema kuiv. Niiskusesisaldus ei tohiks ületada 30...35%. Sel juhul seob rabaturvas oma kaalust 9 korda suurema kaaluosa vett. Kui turbas on niiskust 40...45%, seob turvas ainult 7 korda suurema kaaluosa vett. Üle 50% niiskusega turvas on ebasobiv allapanuks, sest sellega ei saada kuiva aset.

Turba kõrval kasutatakse allapanuks ka teraviljapõhku. Selle veeimavus on 5 korda madalam rabaturba omast. Põhu hekseldamine 10...15 cm pikkusteks heksliteks võimaldab imamisvõimet suurendada kuni 25%.

Tabelis 25 on toodud puhaslaudas eri loomaliikidele päevas kasutamiseks soovitatavad allapanukogused.

Kui allapanuturvas on normaalsest niiskem ja kui loomi söödetakse veerikaste söötadega, tuleb allapanukoguseid suurendada. Nii kulub allapanuturvast, mille niiskusesisaldus on 30...45% ja lagunemisaste alla 15%, ööpäevas lehma kohta tavaliselt 4...4,5 kg, aastas aga 1,1...1,3 tonni ja selle maksumus on 5,50...8,20 rbl. 60...70%-lise niiskusesisaldusega turvast kulub aga päevas 8...9 kg, aastas 2,2...2,8 tonni ning selle maksumus lehma kohta aastas ulatub 14,60...18,20 rublani. Seega on niiske allapanuturba kasutamine palju kulukam, samuti on see loomadele ebahigieeniline.

Et rohkem siduda sõnnikus olevat ammoniaaki ja kaitsta seda lendumise eest, tuleks kasutada suuremaid allapanukoguseid, näiteks 6...8 kg kvaliteetset turvast lehma kohta päevas. Uhtlasi saadakse siis ka rohkem sõnnikut. Arvestatakse, et üks tonn kuiva rabaturvast võimaldab saada 4...5 tonni sõnnikut. Ülemäära suured allapanuhulgad suurendavad sõnnikukoguseid vähe, peamiselt turba enese kaalu arvel.

Tabelis 26 on toodud eri loomaliikide värske sõnniku koostis põhu- ja turbaallapanu korral.

TABEL 24

## Erinevate allapanumaterjalide veeimavus ja lämmastikuisaldus

Allapanu	Veeimavus %-des kuivainest	Keskmine lämmastiku- sisaldus allapanu kuiv- aines %-des
Teraviljapõhk	200...300	0,50
Madalsooturvas	500...700	2,30
Rabaturvas	1000...1500	1,05

TABEL 25

## Allapanukogused ühe looma kohta (kg päevas)

Loomad	Teraviljapõhk	Rabaturvas
Lehm	3...5	3...6
Hobune	2...4	2...5
Lammas	0,5...1	0,5...1,5
Emis põrsastega	5...7	3...4
Nuumsiga	1...2	1...3

TABEL 26

## Värske sõnniku koostis %-des

Koostisosad	Põhusõnnik				Turbasõnnik	
	hobuse	veise	lamba	sea	hobuse	veise
Vesi	71,3	77,3	64,6	72,4	67,0	77,5
Üldlämmastik	0,58	0,45	0,83	0,45	0,80	0,60
Ammoonium- lämmastik	0,19	0,14	—	0,20	0,28	0,18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,28	0,23	0,23	0,19	0,25	0,22
K <sub>2</sub> O	0,63	0,50	0,67	0,60	0,53	0,48
CaO	0,21	0,40	0,33	0,18	0,44	0,45
MgO	0,14	0,11	0,18	0,09	—	—

Erinevalt põhusõnnikust sisaldab turbasõnnik rohkem lämmastikku, mis on osaliselt tingitud turba enese suuremast lämmastikuisaldusest, aga ka võimest siduda rohkem uriini.

Kõikide sõnnikuliikide keskmise koostisena arvestatakse sõnnikus vett 75%, lämmastikku 0,5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,2% ja K<sub>2</sub>O 0,6%.

E. Talpsepa poolt meie vabariigi paljudest majandest kogu-

tud sõnnikuproovide analüüsi põhjal sisaldas veiselautadest saadud turbasõnnik keskmiselt 81,4% vett, 0,46% lämmastikku, 0,18%  $P_2O_5$  ja 0,47%  $K_2O$ .

Kogu sõnnikus olevast lämmastikust esineb  $\frac{1}{5} \dots \frac{1}{3}$  ammooniumlämmastikuna. Viimane on muldaviidud sõnnikust taimedele esimesel aastal peamiseks lämmastikuallikaks, seetõttu tuleb sõnnikuga ümber käia selliselt, et ammoniaagi kaod oleksid võimalikult väikesed.

## 4.2.3. SÕNNIKU SÄILITAMINE

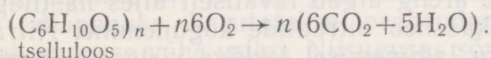
### 4.2.3.1. SÕNNIKU SÄILITAMISEL TOIMUVAD MUUTUSED

Loomade väljaheited ja sõnnik muutuvad säilitamisel pidevalt. See on tingitud nendes kulgevatest mikrobioloogilistest protsessidest.

Mikroorganismid satuvad sõnnikusse mitmel viisil: loomade roojaga, allapanuga ning ka õhust ja mullast. Uriin eraldub loomade kehast praktiliselt steriilsena. Seevastu on ühes grammis roojas miljardeid mikroorganisme. Viimaste toimel sõnnik järkjärgult laguneb. Eriti intensiivselt kulgeb see aeroobsetes tingimustes, s. o. õhuhapniku juuresolekul.

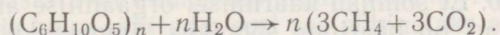
Lämmastikku mittesisaldavatest orgaanilistest ainetest leidub sõnnikus peamiselt tselluloosi, hemitselluloosi ja ligniini. Neist lagunevad kergemini tselluloos ja hemitselluloos. Ligniini aeglase lagunemise tõttu selle sisaldus käärinud sõnnikus suureneb.

Aeroobsetes tingimustes on süsivesikute lagunemise lõppsaaduseks süsihappegaas ja vesi:



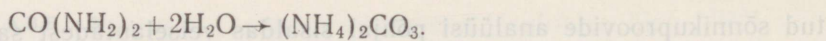
Aeroobsetes tingimustes laguneb sõnnik kiiresti, millega kaasneb temperatuuri tunduv tõus. Eriti intensiivselt laguneb hobuse- ja lambasõnnik, sest need sisaldavad vähem vett ning on seetõttu õhurikkamad. Temperatuur võib neis juba ühe nädala jooksul tõusta 65...75°-ni.

Anaeroobsetes tingimustes eralduvad lagunemise lõpptulemusena metaan ja süsihappegaas:

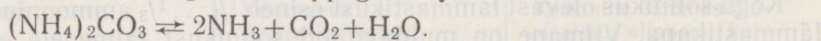


Anaeroobsetes tingimustes laguneb sõnnik aeglasemalt. Temperatuur ei tõuse sel juhul üle 30...35°.

Lagunemisel toimuvad suured muutused sõnnikus sisalduvate lämmastikuühenditega. Uriinis esineb lämmastik vees lahustuvate ühenditena — kusiainena ehk karbamiidina, hipuur- ja kusihippena. Mikroorganismide elutegevuse mõjul läheb karbamiid üle ammooniumkarbonaadiks:



Ammooniumkarbonaat on väga ebapüsiv ühend. Ta laguneb, andes ammoniaagi, süsihappegaasi ja vee:



Kui tekkinud gaasidel on võimalus vabalt eemalduda, kulgeb reaktsioon vasakult paremale ning ammoniaagi lendumise tõttu esinevad suured lämmastikukaod.

Ammooniumkarbonaadi lagunemine toimub kiiremini kõrgemal temperatuuril, seepärast on lämmastikukaod suvel tunduvalt suuremad kui talvel.

Ka hipuurrhappe ja kusihrappe lagunemisel eraldub lõpuks lämmastik ammoniaagina.

Lämmastikukaod algavad juba laudas. Selle tõendiks on ammoniaagi lõhn, mida on eriti tunda puhaslaudas.

Lämmastikku ei lendu sõnnikust mitte üksnes ammoniaagina, vaid ka molekulaarse lämmastikuna. Sõnniku säilitamise algperioodil eemaldub lämmastik põhiliselt ammoniaagina: karbamiidi lagunemisel tekkiv ammoniaak lendub. Edasisel sõnniku säilitamisel ammoniaagi lendumine järk-järgult väheneb, sest mikroorganismid, mille arv järsult tõuseb, lagundavad intensiivselt ka süsinikurikast allapanu ja kasutavad seejuures oma keha ülesehitamiseks vajaliku lämmastiku hankimiseks sõnnikust vabanevat ammoniaaki. Seetõttu sõnniku lagunemisel väheneb ammooniumlämmastiku- ja suureneb valklämmastikuisaldus.

Värskes ja vähelagunenud sõnnikus nitrifikatsiooniprotsessi ei toimu. Sõnniku kuumenemine loob nitrifitseerijate bakterite elutegevuseks ebasoodsad tingimused. Ka vajavad nad aeroobset keskkonda. Nitrifikaatorite areng algab tavaliselt alles hästilagunenud sõnnikus. Sellega kaasneb nitraatide kogunemine. Nitraadid valguvad koos sõnniku lagunemisel tekkiva virtsaga sõnniku sügavamatesse kihtidesse, kus valitseb anaeroobne keskkond, mis on soodne denitrifitseerijatele bakteritele. Algab nitraatide taandamine molekulaarseks lämmastikuks. Denitrifikatsioon põhjustab lämmastiku kadu molekulaarse lämmastikuna ( $\text{N}_2$ ), aga ka lämmastikoksiidina ( $\text{NO}$ ).

Käärimisel sõnniku mass väheneb. Siin on tegemist orgaanilise aine lagunemisest tingitud kadudega, mis on seda suuremad, mida kauem sõnnik seisab. Et sõnniku käärimisel orgaanilise aine kadu ületab lämmastikukao, on käärinud sõnnikus lämmastiku ja teiste toitainete sisaldus suurem kui värskes sõnnikus.

Tabelis 27 on toodud I. Mamtšenkovi andmed, mis näitavad, kuidas muutus sõnniku koostis olenevalt lagunemisastmest.

Kui värskes sõnnikus oli lämmastikku 0,52%, siis kõdusõnnikus suurenes lämmastikuisaldus 0,73%-ni. Siit ei tule teha ebaõiget järeldust, nagu oleks kasulik lasta sõnnikul laguneda kõduks. Kõdusõnniku puhul oli massi kadu 62,4%. Seega jäi sajast ton-

TABEL 27

Sõnniku koostis olenevalt selle lagunemisastmest

Sõnniku lagunemisaste	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Sõnniku massi kadu %
Värske	0,52	0,31	—
Poolkäärinud	0,60	0,38	29,0
Käärinud	0,66	0,43	47,2
Kõdusõnnik	0,73	0,48	62,4

nist sõnnikust järele ainult 37,6 tonni kõdu, milles oli lämmastikku  $37,6 : 100 \cdot 0,73 = 0,274$  tonni ehk 274 kg. Värskes sõnnikus oli lämmastikku 520 kg. Järelikult läks kõdusõnniku tekkimisel kaotsi  $(520 - 274) : 520 \cdot 100 = 47,3\%$  värskes sõnnikus leidunud lämmastikut.

Käärinud sõnniku puhul oli lämmastikukadu 32,9% ja poolkäärinud sõnniku puhul 18,1%. On arusaadav, et täiesti kahjulik on säilitada sõnnikut pikemat aega, nii et see laguneks käärinud sõnnikuks või isegi kõduks.

Käärimisel muutub sõnnik suhteliselt lämmastikurikkamaks, mistõttu süsiniku ja lämmastiku suhe — C:N — muutub kitsamaks. Kui põhus on suhe C:N võrdne 100:1, siis käärinud sõnnikus see on 20:1, liginedes mulla orgaanilise aine süsiniku ja lämmastiku suhtele, mis on keskmiselt 10:1.

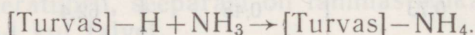
Käärimine on vajalik just allapanurikka põhusõnniku puhul, kui allapanuks kasutatakse peenendamata taliviljapõhku, mis imab endasse vähe uriini. Niisuguses sõnnikus on suhe C:N liiga lai, mis võib sõnniku muldaviimisel põhjustada liikuvate lämmastikuühendite sidumist. Mikroorganismid, lagundades süsinikurikast orgaanilist ainet, võtavad vajaliku lämmastiku osaliselt mullast taimede eest ära ja võivad seeläbi esile kutsuda isegi saagi languse.

Juhul kui allapanuks kasutatakse koos põhuga ka turvast või ainult turvast, seotakse uriin täielikumalt. Saadud sõnnikus on C:N suhe kitsam, pealegi on siis sõnnikus rohkesti taimedele omastatavat ammoniumlämmastikku. Niisugust sõnnikut on kahjulik kaua säilitada, sest see põhjustaks ainult liigseid lämmastiku ja orgaanilise aine kadusid. Lämmastikurikas turvasõnnik on otsustavalt võimalikult kohe mulda viia, et lagunemisprotsessid toimuksid mullas, kusjuures lagunemissaadusi saaksid kasutada vahetult mullas olevad mikroorganismid ja seal kasvavad taimed.

#### 4.2.3.2. LÄMMASTIKUKADUDE VÄHENDAMINE SÖNNIKU SÄILITAMISEL

Sõnnikust läheb säilitamisel kaduma just kõige väärtuslikum osa lämmastikust — vees lahustuv lämmastik —, mida taimed hästi omastavad. Seepärast tuleb sõnniku säilitamisel peamine tähelepanu pöörata lämmastikukadude vähendamisele.

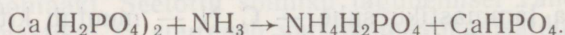
Lämmastikukadusid saab tunduvalt vähendada, kui kasutada küllaldaselt allapanu. Kõige parem on selleks otstarbeks allapanu turvas, mis neelab hästi ammoniaaki:



Et vähendada lämmastiku lendumist miinimumini, peaks veise kohta päevas kasutama 6...8 kg turvast. Allapanuga viiakse sõnnikusse rohkesti süsinikurikast materjali. Mikroorganismid, lagundades seda, seovad samal ajal oma kehasse sõnniku käärimisel tekkivat ammoniaaki, mis läbi samuti välditakse selle lendumist.

Lämmastikukadusid aitab vähendada ka superfosfaadi või fosforiidijahu lisamine sõnnikusse.

Superfosfaadi toime lämmastikukadude vähendamisse seisneb eeskätt selles, et ta seob ammoniaaki ja ammooniumiühendeid keemiliselt, andes lõppsaadusena ammooniumdivesinikfosfaadi ja kaltsiumvesinikfosfaadi:



Teiseks mõjub superfosfaat lämmastikukadude vähendamisele bioloogiliselt, soodustades mikroorganismide arvu kasvu. Viimased, lagundades sõnnikut, seovad ammoniaaki oma kehasse.

Eriti kasulik on lisada sõnnikusse fosforiidijahu, sest sõnniku toimel suureneb ka fosforiidijahu väetisväärtus. Sõnniku lagunemisel tekkivate süsihappe ja orgaaniliste hapete toimel muutub fosforiidijahu fosfor taimedele paremini omastatavaks, sest hapete toimel tekib kaltsiumvesinik- ja kaltsiumdivesinikfosfaati.

Fosforiidijahu omastatavus suureneb ka seetõttu, et osa sõnnikus olevaist mikroorganismidest lagundavad fosforiidijahu ning omastavad selle fosforit. Pärast mikroorganismide surma ja lagunemist saavad seda kasutada taimed.

Fosforiidijahu lisamisel seotakse ammooniumiühendeid peamiselt bioloogiliselt, aga osalt ka keemiliselt, sest kaltsiumdivesinikfosfaat annab ammooniumioonidega ammooniumdivesinikfosfaadi.

Superfosfaati ja fosforiidijahu võib sõnnikusse lisada 1...3% sõnniku kaalust. On täheldatud, et 2...3% suurune fosforväärtise lisand alandab lämmastikukadusid rohkem kui väiksemad kogused. Seejuures superfosfaat ületab oma toimelt fosforiidijahu. Nii vähenes Üleliidulises Väetiste ja Agromullateaduse Instituudis

korraldatud katses lämmastikukadu sõnniku komposteerimisel 3% suuruse superfosfaadiannusega kolme kuu jooksul 46,4 protsendilt 11,3 protsendile ehk ligemale 4 korda. Sama koguse fosforiidi-jahuga on saadud lämmastikukadusid vähendada kuni 3 korda.

Sõnniku komposteerimisel fosforvæetistega suureneb sõnniku væetusvæartus. Nii on sõnniku-fosforvæetiste kompostiga saadud alati suurem enamsaak kui sõnniku ja fosforvæetiste lahus mulda-viimisega.

Praktikas tuleks fosforvæetiste sõnnikusse lisamisel arvesse võtta ka hektarile planeeritavat sõnniku ning fosforvæetise kogust. Kui näiteks hektarile tuleb anda 40 tonni sõnnikut ja 4 ts superfosfaati, on küllaldane, kui sõnnikusse lisatakse 1% superfosfaati, mis teeb hektari kohta 4 tsentnerit. Kui sõnnikunorm on 80 t/ha, jätkub 0,5%-st superfosfaadist, sest siis antakse sõnnikuga samuti igale hektarile 4 ts fosforvæetist.

Lämmastikukadusid kaua säilitatavast sõnnikust aitab vähendada ka kaaliumvæetiste lisamine sõnnikusse. Kaaliumvæetiste toime on fosforvæetistest erinev. Nimelt pidurdab kloriidne kaaliumvæetis nitritiseerijate bakterite elutegevust ja seega ka nitraatide teket. Seetõttu väheneb denitrifikatsioon ja selle läbi tekiv lämmastikukadu molekulaarse lämmastiku haihtumise näol. Olenedes sõnniku ja kaaliumvæetise hektarinormist, võib kloriidseid kaaliumvæetisi sõnnikusse lisada 0,2...0,5%. Suurem tähtsus on aga madalaprotsendilise kloriidse kaaliumvæetise lisamisel kompostidesse, mida kavatsetakse kauem säilitada.

Kõige otstarbekohasem on mineraalvæetisi sõnnikusse lisada laudas iga päev enne sõnniku väljavedu. Selleks tuleb væetised puistata sõnnikukanalis olevale sõnnikule. Nii satuvad mineraalvæetised ühtlaselt sõnnikule, segunevad sellega hästi ning nende lämmastikukadusid vähendav toime on suurem.

H. Raigi andmeil on võimalik lämmastikukadusid vähendada ka põlevkivituha lisamisel sõnnikusse. Nii vähenes lämmastikukadu sõnniku komposteerimisel 10% põlevkivituha 7 kuu jooksul ligemale 2 korda, mis on seletatav lämmastiku bioloogilise neeldumisega. Põlevkivituha lisandiga sõnnik on heaks væetiseks happelistel muldadel. Praktikas on aga põlevkivituha nõuetekohane lisamine sõnnikusse raskesti läbiviidav, sest nende omavaheline kontakt aeroobses keskkonnas ei ole lubatav. Nimelt lagundab põlevkivituhk ammooniumiühendeid ja soodustab ammoniaagi lendumist.

Peale nimetatud võtete on lämmastikukao seisukohalt suur tähtsus veel sõnniku säilitamisviisil. Ebaõige säilitamise korral võivad lämmastikukaod väga suured olla ja sõnniku væetusvæartus madalaks muutuda.

Sõnniku säilitamine loomade all. Sõnnikut säilitatakse loomade all peamiselt individuaal-loomalautades ja ka vabapidamisega lautades. Sel juhul säilitatakse laudas koos allapanu ja roojaga ka loomade vedelad väljajäätised. Sõnnik on seal küllalt niiske, pealegi tihendavad seda pidevalt loomad. Selle tulemusel valitsevad sõnnikus anaeroobsed tingimused ning lämmastikukaod on minimaalsed. Et ka virts säilitatakse koos sõnnikuga, on niisugune sõnnik lämmastikurikkam ja suurema väetusväärtusega.

Kõige täielikum on sõnniku tihendamine vabalaudas, mistõttu sealt saadud sõnnik on eriti suure väärtusega. Virtsu paremaks sidumiseks on soovitatav vabalauda põrand katta tihedalt turba-pätsidega, mille vahedesse tambitakse peenendatud turvast. Hiljem pannakse vajaduse järgi loomadele alla põhku ja turvast nii, et asemed oleksid vajalikul määral kuivad. Sõnnik eemaldatakse laudast 1...2 korda talve jooksul.

Valdavas osas peetakse loomi siiski puhaslautades, kust saadav sõnnik säilitatakse kas sõnnikuhoidlas või patareis. Olenevalt sõnniku tihendamise astmest ja viisist toimuvad säilitamisel erinevad protsessid, mille tulemusel saadakse ka erineva väärtusega sõnnik.

Sõnniku säilitamine tihendatult. Et säilitada sõnnikut võimalikult väikeste lämmastikukaadudega, tuleb sõnnikuhoidlas ja patareis sõnniku säilitamisel luua tingimused, mis oleksid lähedased sõnnikulaudas valitsevaile tingimustele. Selleks peab sõnnik olema küllalt niiske ja hästi tihendatud. Patarei laius peaks olema vähemalt 3...4 m. Pärast esimese umbes 1 m kõrguse kihi täitmist tuleb see kohe tihendada. Sellele laotakse uued sõnnikukihi, mis jälle tihendatakse, kuni patarei kõrgus on vähemalt 1,5...2 meetrit. Niisuguses tihendatud sõnnikupatareis valitsevad anaeroobsed tingimused. Sõnniku lagunemine on aeglane, temperatuur sõnnikus ei tõuse üle 30...35°, talvel mitte üle 20...25°. Seepärast nimetatakse sõnniku tihendatult säilitamist ka külmaks säilitamiseks.

Sõnniku kohev ehk kuum säilitamine. Selle säilitamisviisi juures asetatakse sõnnik 2...3 meetri laiusega patareisse kohevalt, ilma tihendamata. Aeroobsete tingimuste tõttu hakkab sõnniku orgaaniline aine kiirelt lagunema, mille tulemusel temperatuur tõuseb juba 4...6 päeva jooksul 60°-ni ja isegi kõrgemale. See toimub muidugi juhul, kui on kasutatud küllaldaselt allapanu ning sõnniku niiskus ei ületa 75...80%. Liiga suure niiskusega veise- või seasõnnik, milles on vähe allapanu, tiheneb ise sedavõrd, et lagunemine on seal väga aeglane ja ka temperatuur oluliselt ei tõuse. Seevastu hobuse- ja lambasõnnik oma

TABEL 28

Orgaanilise aine ja lämmastiku kaod %-des sõnniku erineval säilitamisel  
3...4 kuu jooksul

Sõnniku säilitamise viis	Põhusõnnik		Turbasõnnik	
	orgaanilise aine kadu	lämmastiku kadu	orgaanilise aine kadu	lämmastiku kadu
Kohev	32,6	31,4	40,0	25,2
Tihendatud-kohev	24,6	21,6	32,9	17,1
Tihendatud	12,2	10,7	7,0	1,0

vähese veesisalduse tõttu laguneb ka vähese allapanu korral intensiivselt ja kuumeneb kiiresti.

Koheval säilitamisel laguneb sõnnik kiiresti kõduks. Seejuures esinevad orgaanilise aine ja lämmastiku suured kaod.

Sõnniku tihendatud-kohev ehk tihendatud-kuum säilitamine. Sõnnik asetatakse esialgu kuni 1 m pakuse kihina patareisse aeroobsetesse tingimustesse. 3...6 päeva möödudes, pärast seda, kui temperatuur on tõusnud 60...70°C-ni, sõnnikukiht tihendatakse. Sellele asetatakse kord-korralt uusi sõnnikukihte, mis samuti pärast kuumenemist tihendatakse, kuni saadakse vähemalt 1,5...2 m kõrgune sõnnikupatarei.

Aeroobset eelkärimist peetakse vajalikuks sel juhul, kui veterinaareeskirjad nõuavad sõnniku kuumutamist, et hävitada sooleparasiite. Uhtlasi hävivad umbrohtude seemned. Seda säilitusviisi peetakse vajalikuks ka siis, kui on tegemist väga põhurikka sõnnikuga, mida tahetakse kiiresti lagundada.

Orgaanilise aine ja lämmastiku kadusid sõnnikus eespool käsitletud säilitusviiside korral iseloomustavad tabelis 28 toodud Üleliidulise Väetiste ja Agromuuliteaduse Instituudi andmed.

Tabelist selgub, et orgaanilise aine ja lämmastiku kaod on kõige suuremad kohevalt ning seejärel tihendatud-kohevalt säilitatud sõnnikus, kõige väiksemad aga tihendatult säilitatud sõnnikus.

Võttes arvesse orgaanilise aine ja lämmastiku kadu, saab hektari kohta anda kõige rohkem orgaanilist ainet ja lämmastikku siis, kui sõnnikut säilitatakse tihendatult. Seejärel saadaksegi tihendatult säilitatud sõnnikuga kõige paremaid tulemusi ning seda säilitusviisi tuleb kõige rohkem soovitada.

Praktikas tekib vajadus tihendada eeskätt niisugust sõnnikut, millesse on lisatud rohkesti allapanu. Kui allapanu kasutatakse vähe, tiheneb veerikas veise- ja seasõnnik iseenesest sedavõrd, et

tekivad anaeroobsed tingimused. Lagunemist niisuguses sõnnikus peaaegu ei toimu, mistõttu ka temperatuur sõnnikus ei tõuse ning talvel sõnnikupatareid isegi külmuvad läbi.

Sõnniku metaankääritamine biogaasi saamiseks. Sõnniku anaeroobsel käärimisel tekib metaangaas, millel on suur väärtus energiaallikana. Seepärast kasutatakse väljaspool meie vabariiki mõnel pool sõnnikut nn. biogaasi saamiseks. Selleks asetatakse sõnnik pärast segamist ja peenendamist hermeetilisse käärimisseadisse — biokambrisse —, kus metaankääritajate mikroorganismide toimel eraldub metaangaas, mida säilitatakse erilistes vastuvõtjates. Oma odavuselt jääb metaangaas maha vaid looduslikust gaasist.

Sõnniku väetusväärtus metaankäärimisel ei halvene. Vastupidi — metaankäärimisel puuduvad täielikult lämmastikukaod. Seetõttu koguneb sõnnikusse hulgaliselt ammoniumlämmastikku, mis teeb sõnniku eriti väärtuslikuks.

Orgaanilise aine kaod ulatuvad metaankäärimisel umbes 33%-ni, mis ei ületa vastavaid kadusid sõnniku säilitamisel sõnnikuhoidlas.

Et metaankääritamine toimub kõige soodsamalt 32° juures, on selleks paremad eeldused lõunapoolsetes piirkondades, sest madala õhutemperatuuri juures kulub palju energiat käärimisseadise enese temperatuuri hoidmiseks vajalikul kõrgusel.

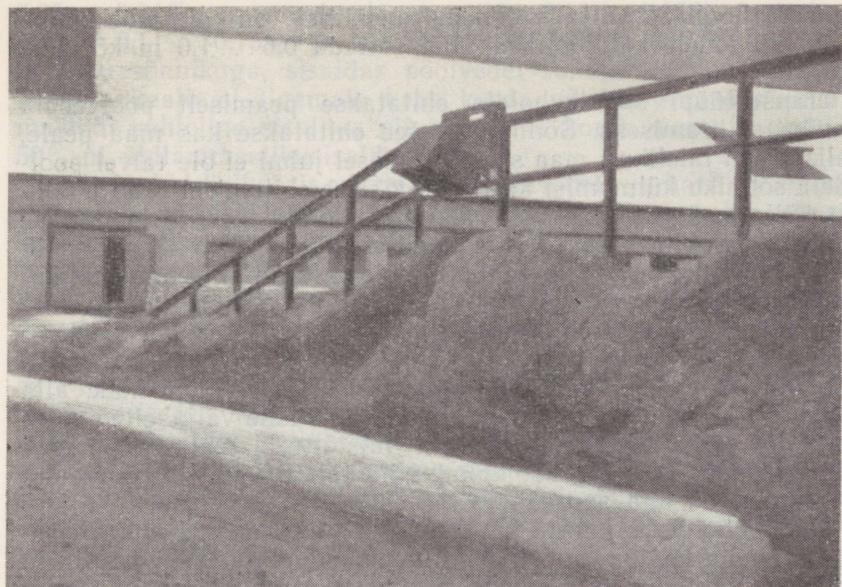
#### 4.2.3.4. SÕNNIKUHOIDLAD

Puhaslautadest saadavat sõnnikut on kõige otstarbekohasem säilitada sõnnikuhoidlates. Sel juhul on taimetoitainete kaod sõnniku säilitamisel tunduvalt väiksemad, võrreldes sõnniku säilitamisega põllul patareis või lauda juures sõnnikuhoidla puudumisel.

Sõnnikuhoidla vajadus tuleneb veel sellest, et meie kliimas ei ole alati võimalik sõnnikut põllule vedada. Nii tekib raskusi sõnniku väljaveol tugeva pakasega või sügava lume puhul, varakevadel aga jäävad need tööd seisma teedelagunemise tõttu.

Sõnnikuhoidla olemasolul saab sinna koguda sõnnikut suuremal hulgal, mis võimaldab väljavedu täielikumalt mehhaniseerida ja teha seda odavamalt. Kõigele lisaks paranevad sõnnikuhoidla olemasolul sanitaar-hügieenilised tingimused lautade juures ning avanevad võimalused lautade ümbruse heakorramiseks.

Sõnnikuhoidlad ehitatakse vahetult lautade lähedale. V. Masso andmeil on optimaalseks sõnnikuhoidla mahtuvuseks sõnniku kogus, mille väljaveol saab mehhaniseeritud tööbrigaad koos laadija ja 3...5 veokiga töötada samal kohal 3...4 tööpäeva. Et sõnnikut saaks välja vedada soodsamal ajal, peaks hoidla mahutama vähemalt 3 kuu jooksul kogunenud sõnniku. Seega tuleks



Joonis 11. Ääristatud betoneeritud plats sõnnikuhooldlana Tori näidissovhoo-  
sis. Sõnnik transporditakse hooldlasse rippteed mööda vagonetiga. (I. Jõgiste  
foto.)

näit. 100 lehmale (loomühikule) ehitada sõnnikuhoidla, mis mahutab 400...500 tonni sõnnikut.

Sõnnikuhoidlal ehitatakse kas maa peale, osaliselt maa sisse või täielikult maa sisse. Viimaste ehitamine on kulukam, sest see nõuab rohkem mullatöid. Maasisese hoidla eeliseks on asjaolu, et sõnnik tugeva pakasega sedavõrd ei külmu, nagu maapealse hoildlas. Olenedes lauda tüübist, sõnniku konsistentsist, laudast sõnniku eemaldamise seadmeist jt. tegureist, ehitatakse sõnnikuhoidlal maapealse betoneeritud platsina, osaliselt või täielikult maa sisse tranšeena või lauda alla keldrina.

Kõige lihtsam ja odavam sõnnikuhoidla on asfalteeritud või betoneeritud maapealne plats, kuhu sõnnik asetatakse kaldtransportöride, koppade või skreepseadmete abil koonuskuhja, vagonettide kasutamisel aga kallutatakse estakaadilt sõnnikuhoildlasse virna. Seejuures tiheneb sõnnik ise niivõrd, et tekivad anaeroobsed säilitamistingimused.

Betoneeritud platsi ääred ehitatakse 1,5...2 m laiuselt 8...12%-lise kaldega ülespoole, et vältida sõnniku väljavalgumist (joonis 11). Veokitega on võimalik hoildlasse vabalt sisse ja välja sõita. Kui allapanu kasutatakse vähe, võib vedelam sõnnik nii-

sugusest hoidlast välja valguda. Seepärast on otstarbekohane hoidla külgedele kaldpinna asemel ehitada 0,6...1,0 m kõrgune müür.

Tranšeetüüpi sõnnikuhoidla ehitatakse peamiselt poolvedela sõnniku säilitamiseks. Sõnnikutranšee ehitatakse kas maa peale, osaliselt või täielikult maa sisse. Viimasel juhul ei ole talvel poolvedela sõnniku külmumist karta. Maa sisse ehitamisel peab põhjavesi küllalt sügaval olema. Väiksema hoidla korral laaditakse sõnnikut välja tranšee kõrvalt laadijate ПIII-0,4 ja ПГ-0,5 abil. Kui väljalaadimine toimub tranšee mõlemalt küljelt, võib sõnnikutranšee laius olla 3,6...4 m, sügavus mitte üle 1,5 m. Laiema sõnnikutranšee puhul ehitatakse sinna veokite sissesõidu või läbisõidu tee.

Laudaalune sõnnikuhoidla (sõnnikukelder) tuleb kõne alla eeskätt respõrandatega lautade juures. Loomade väljaheited satuvad läbi respõrandate hoidlasse, mistõttu järsult vähenevad sõnniku hoidlasse asetamise kulud. Nimetatud tüüpi sõnnikuhoidla ehituskulud on aga suured.

Sõnnikuhoidlate juurde kuuluvad ka virtsakaevud ehk virtsahoidlad, kuhu kogunevad allapanu poolt sidumata jäänud uriin ja sõnnikust väljanõrguv virts, samuti ka sademetega sõnnikuhoidlasse sattunud vesi. Sõnnikuhoidla põhi peab virtsakaevu suunas olema 2...3%-lise langusega. 500-tonnise mahutavusega sõnnikuhoidla virtsakaevu suurus peaks olema 8...10 m<sup>3</sup>. Kui kasutatakse küllaldaselt hulgal allapanu, võib toime tulla ka ilma virtsahoidlata. Sel juhul tuleks sõnnikuhoidlas sõnnikuvirna piirata turba, milleks võib kasutada ka väetusturvast.

#### 4.2.4. POOLVEDEL SÕNNIK

Mõnes välisriigis, nagu Saksa DV-s, Tšehhoslovakkias jm., on ökonomia seisukohalt lähtudes ja sõnniku väljaveo mehhaniseerimise huvides hakatud kasutama poolvedelat sõnnikut. Loomi peetakse ilma allapanuta kummiga kaetud põrandal. Väljaheited eemaldatakse veega uhtmisel. Saadud poolvedel sõnnik säilitatakse suletud veekindlates hoidlates, kust see vastavate masinatega põllule viiakse ja laotatakse.

Sõnniku niisuguse kasutamistehnoloogia puhul on tunduvalt vähenenud kulutused sõnnikule. On ära jäänud põhu koristamine allapanuks — põhk jäetakse pärast kombainiga koristamist põllule ning küntakse mulda.

Poolvedelat sõnnikut saadakse ka Nõukogude Liidu paljudes majandites, kus loomi peetakse nn. respõrandatel, samuti seal, kus sõnnik eemaldatakse laudast veejoa abil.

Poolvedel sõnnik erineb harilikust sõnnikust oma keemilise koostise poolest. Minski oblasti Dzeržinski rajooni Dzeržinski kolhoosis sisaldas poolvedel sõnnik vett 92,2...93,7%, lämmastikku

0,25...0,34%, ammooniumlämmastikku 0,13...0,15%, fosforpentoksiidi 0,11...0,15% ja kaaliumoksiidi 0,27...0,35%. Võrreldes hariliku sõnnikuga, sisaldas poolvedel sõnnik lämmastikku, fosforit ja kaaliumi ligemale kaks korda vähem. Ammooniumlämmastiku suhteline sisaldus oli aga kaks korda suurem, ulatudes 50%-ni üldlämmastikuisaldusest.

Nimetatud kolhoosis võrreldi ka poolvedela ja hariliku sõnniku mõju. Uhesuuruste sõnnikuannuste korral oli enamsaak esimesel aastal mõlema sõnnikuliigi puhul peaaegu võrdne. See on seletatav asjaoluga, et esimesel aastal said taimed omastatavat lämmastikku kasutada ühepalju, sest poolvedelas sõnnikus on ammooniumlämmastikuisaldus tunduvalt kõrgem. Järeelmõjus aga jäi poolvedela sõnniku efekt hariliku sõnniku omast maha.

Poolvedela sõnniku laotamisel külmunud maale või lumele, samuti siis, kui soojal ajal laotatud poolvedelat sõnnikut ei viida kohe mulda, jääb selle efekt madalaks ammoniaagi lendumise tõttu. Hariliku sõnniku korral on lämmastiku lendumine väiksem, sest allapanuturvas seob endaga ammoniaaki.

#### 4.2.5. SÕNNIKUKOGUSTE KINDLAKSMÄÄRAMINE

Et osata õigesti jaotada sõnnikut väetatavatele põldudele, on tarvis umbkaudu ette teada, kui suurel hulgal on võimalik antud majandis sõnnikut koguda.

On teada, et umbes pool sööda kuivainest seedub looma organismis, teine pool eraldub väljaheidetega. Allapanu kuivaine läheb aga tervikuna sõnnikusse. Võttes sõnniku veesisalduseks 80% (nagu see meie majandis keskmiselt on), siis toodetava värskes sõnniku hulk on:

$$\left( \frac{\text{sööda kuivaine hulk}}{2} + \text{allapanu kuivaine hulk} \right) \cdot 5.$$

Sõnnikukoguse ligikaudseks arvutamiseks võib kasutada lihtsamat moodust. Nimelt arvestatakse, et 220-päevase laudaperioodi kestel koguneb ühe lehma, s. o. ühe loomühiku kohta keskmiselt 9 tonni sõnnikut. Ühe lehmaga on sõnnikutoodangult võrdsed 1,5 hobust, 2 varssa või mullikat, 5 siga, 10 vasikat või lammast.

Toodud sõnnikukogused on tihedas seoses allapanukogustega. Kui kasutatakse rohkem allapanu, võib saada aastas ühelt loomühikult 15 tonni ja rohkemgi sõnnikut.

Mõnikord tekib vajadus hinnata sõnnikuhoidlas või mujal oleva sõnniku kogust. Selleks määratakse kindlaks sõnniku maht ning korrutatakse see mahukaaluga, kusjuures lähtutakse sellest, et ühe kuupmeetri tihendamata värskes sõnniku kaal on 0,3...0,4 tonni, tihendatud värskel sõnnikul 0,7 tonni, poolkäärinud sõnnikul 0,8 tonni ja käärinud sõnnikul 0,9 tonni. Mahukaal sõltub sõnniku niiskusest ja on seda suurem, mida niiskem on sõnnik.

Suurem osa sõnnikust koguneb laudaperioodil, s. o. talvel. Enamiku lautade juurde on ehitatud sõnnikuhoiulad, kus säilitatakse lautadest eemaldatav sõnnik. Sõnnikuhoiulad aga ei mahuta kogu talveperioodi sõnnikut, seepärast tuleb seda järk-järgult põldudele vedada.

Sõnniku talvise väljaveo korral on kaks võimalust — kas vedada sõnnik põllule patareidesse või laotada kohe laiali külmunud mullale või lumele. Patareisse asetamise korral peab eelnevalt patareide alla vedama vähemalt 20...30 cm paksuse madalsooturbakihi, mis seob sõnnikust väljalaguvu virtsa. Sõnnikupatareid valmistatakse 3,5...4 m laiad ja 1,5...2 m kõrged. Allapanurikka sõnniku puhul tuleb sõnnikupatareid tihendada, et tekiks anaeroobsed tingimused ning väheneksid orgaanilise aine ja lämmastiku kaod. Patareid kaetakse pealt umbes 20 cm paksuse madalsooturbakihi, et siduda sõnniku käärimisel eralduvat ammoniaaki ning hoida sõnnik niiskena. Ühe hektari kohta tehakse tavaliselt üks sõnnikupatarei, mis mahutab umbes 30...60 tonni sõnnikut. Patarei on soovitatav valmis teha 1...2 päevaga, vastasel korral madala temperatuuri tõttu käärimine seiskub ning sõnnik võib külmuda.

Patareidesse asetamisel tuleb arvestada seda, et kevadel on vaja teha täiendavaid kulutusi sõnniku tõstmiseks veokitele. Sõnniku laialivedu aga langeb ajale, millal traktoreid vajatakse mullaharimis- ja külvitöödele. Kui allapanu kasutatakse vähe, on sõnnik liiga märg ning sõnnikupatareid külmuvad talvel. Seetõttu ei saa kevadel õigel ajal alustada sõnniku laialiveoga, mis põhjustab sageli külvi hilinemise, viimane aga tingib omakorda saagi languse.

Eeltoodud arvestades on otstarbekohane vähemalt varasemate külvide alla minevatele põldudele laotada sõnnik talvel otse lumele. Ka sel juhul, kui ei veeta turvast sõnnikupatareide alla sealt väljalaguvate toitainete sidumiseks, on kasulikum sõnnik talvel kohe laiali laotada, toitained jaotuvad siis ühtlaselt kogu põllule ning sõnnikuga saadav enamsaak on suurem.

Vastavates katsetes lendus normaalse talve tingimustes lumele laotatud sõnniku puhul kuni 21% sõnnikus olnud lämmastikust. Kevadel kõrgema temperatuuri ja kuiva ilma korral aga lendub lämmastik laotatud sõnnikust tunduvalt kiiremini. Nii lendus juba ühe ööpäeva möödudes 10%, kahe päeva möödudes 15% ning viie päeva möödudes 19% turbasõnnikus olnud lämmastikust. Järelikult — kui kevadel laotatud sõnnikut ei suudeta kohe mulda viia, lendub sealt juba mõne päeva jooksul niisama palju lämmastikku kui kogu karmi talve jooksul laotatult seisnud sõnnikust.

Väetuskatsetes saadi talvel laotatud värske sõnnikuga niisama

suur kartulisaak, nagu kevadel antud kaks kuud seisnud sõnnikuga.

Talvel laotatud sõnnik annab hea efekti siis, kui see laotatakse põllule ühtlaselt. Kevadel kohe pärast lume sulamist intensiivistub mikrobioloogiline tegevus ühtlaselt kogu mullas, mille tulemusel tekivad külviajaks taimedele soodsad toitumistingimused.

Sõnnikut ei või talvel laotada nendele põldudele, mis jäävad kevadel suurvee alla, samuti kallakutele, kust kevadine lumesulamisvesi toitaineid ära kannab.

Täiesti lubamatu on sõnniku asetamine talvel põllule väikestesse hunnikutesse. Sel puhul lendub lämmastikku ühe kolmandiku võrra rohkem kui laotatult seisnud sõnnikust. Väljauhtumise tõttu tekivad sõnnikuhunnikute alla üleväetatud kohad, mis saavad lämmastikku pinnaühikule ligemõle kaks korda, kaaliumi aga üle kuue korra rohkem, võrreldes nende kogustega, mida saab ülejäänud põlluosa sõnnikuhunnikute laialilaotamisel.

Katseandmetel on enamsaak väikestes hunnikutes säilitatud sõnniku korral olnud ühe kolmandiku kuni poole võrra madalam, võrreldes talvel laotatud sõnnikuga.

Sõnniku säilitamisel suvel väikestes hunnikutes (kuni ühe nädalani) on lämmastikukadu väiksem kui laotatud sõnniku puhul. Pikemaajalises säilitamisel aga on laotatult seisnud sõnnikust lämmastikukadu väiksem ning sõnniku väetusväärtus suurem. Seda kinnitavad Ivanovo katsejaamas saadud andmed, kus kohe sisseküntud sõnnikuga saadi 30,5 ts, üks kuu laotatult seisnud sõnnikuga 26,5 ts ja üks kuu väikestes hunnikutes säilitatud sõnnikuga ainult 20,0 ts rukist hektarilt.

Et suvel kõrge temperatuuri tõttu ammoniaak sõnnikust kergesti haihtub, tuleb sõnnik pärast laotamist võimalikult kohe mulda viia.

Kõige suurem enamsaak saadakse sõnniku andmisel sügiskünni alla. Eriti tuleb seda silmas pidada siis, kui on tegemist põhurikka käärimata sõnnikuga, mis kevadisel muldaviimisel võib põhjustada isegi saagi langust. Üksikutest kultuuridest reageerivad hästi sügiskünni alla antud sõnnikule juurviljad, silokultuurid ja kartul.

Nendes majandites, kus peetakse mustkesa, antakse sõnnik kesale enne kevadist ümberkünni või suvel korduskünni alla. Kergema lõimisega muldadel on kasulikum anda sõnnik korduskünni alla, et vältida sõnniku kiiret mineraliseerumist.

Sõnnik küntakse sisse raskematel muldadel 15...18 cm sügavusse. Kergele muldale puhul küntakse sõnnik kogu künnikihi ulatuses mulda, et see satuks õhuvaesemasse keskkonda, kus lagunemine toimub aeglasemalt.

Künnikihi süvendamisel antakse sõnnik pinnale pööratud väheviljakale mullakihi ja küntakse õhukeselt mulda. Sellega soodustatakse bioloogilise tegevuse elustumist väheviljakas mullakihis.

#### 4.2.7. SÖNNIKU VÄETUSTOIME JA ANNUSED

Valdav osa taimetoitainetest on sõnnikus orgaanilise aine koostises, seepärast toimub nende vabanemine järk-järgult, vastavalt sellele, kuidas sõnnik mullas laguneb. Sellest tingituna saavad taimed kasutada esimesel aastal ainult osa sõnniku toitainetest.

Sõnnikus olevast lämmastikust omastatakse esimesel aastal tavaliselt 20...30%, fosforist 30...50% ning kaaliumist 50...70%. Mineraalväetiste puhul omastatakse esimesel aastal lämmastikust 50...90%, fosforist 10...25% ning kaaliumist 60...100%.

Seega on sõnnikust hästi omastatavad eeskätt kaalium ja fosfor. Viimast sisaldab sõnnik aga suhteliselt vähe. Kõige vähem omastatakse esimesel aastal lämmastikku. Lämmastiku omastatavus sõltub suurel määral ka tema sisaldusest sõnnikus. Mida suurem on lämmastikuisaldus, seda enam taimed esimesel aastal seda omastavad. Seega on turbasõnniku puhul lämmastiku omastatavus parem, võrreldes põhusõnnikuga, sest turbasõnnik sisaldab rohkem lämmastikku, eriti ammooniumlämmastikku. Samal põhjusel omastatakse tihendatult säilitatud sõnnikust rohkem lämmastikku kui kohevalt või tihendatud-kohevalt säilitatud sõnnikust.

Et esimesel aastal omastatakse sõnnikust ainult osa toitaineid, tuleb arvestada alati sõnniku järelmõju, mis avaldub isegi enam kui 6 aasta vältel. F. Periturini järgi saadakse sõnnikuga saadavast enamsaagist esimesel aastal keskmiselt 31%, teisel ja kolmandal aastal 32% ning neljandal, viiendal ja kuuendal aastal 37%. Rühvelkultuuride väetamisel sõnnikuga on esimesel aastal saadav enamsaak suurem, sest neile kultuuridele vastava agrotehnika rakendamine soodustab ühtlasi sõnniku orgaanilise aine kiiremat lagunemist mullas.

Tänu kestvale järelmõjule on sõnnikut saanud põllukultuurid headeks eelviljadeks teistele kultuuridele.

Sõnniku mõjul saadavad enamsaagid sõltuvad suurel määral mulla omadustest. Madala huumusesisaldusega ja toitainetevaestel muldadel on sõnniku efektiivsus üldiselt suurem. Hästi mõjub sõnnik mineraaluudismaadel, kus ta soodustab bioloogilist tegevust mullas, aidates seega kaasa ka mulla toitainete omastamisele taimede poolt. Sõnniku mõju oleneb veel kasvatatavast kultuurist ning ka sõnniku andmise viisist, ajast ja muudest teguritest.

Akadeemik Prjanišnikovi andmeil annab keskmine sõnnikuannus (36 tonni hektarile) leetmuldadel enamsaagiks 8—11 tsentnerit teri hektarilt, mustmuldadel on sama koguse sõnnikuga saadud enamsaagid olnud ligemale poole väiksemad.

Üksikud kultuurid suhtuvad sõnnikuannuste suurendamisse erinevalt. Näiteks taliteraviljade puhul ei kaasne sõnnikuhulga

suurendamisega võrdeliselt terasaak, nagu selgub Moskva oblasti «Jasnaja Poljana» katsepõllul saadud andmetest.

Sõnnikut t/ha	0	18	27	36
---------------	---	----	----	----

Rukkisaak ts/ha	9,0	14,0	16,0	16,5
-----------------	-----	------	------	------

Selles katses saadi 18-tonnise sõnnikuannusega hektari kohta enamsaagiks 5 tsentnerit teri. Sõnnikuannuse suurendamine 9 tonni võrra tõstis saaki ainult 2 ts, sõnnikuannuse suurendamine 27 tonnilt 36 tonnile enam saaki oluliselt ei mõjutanud.

Kartuli, juurviljade ja köögiviljade väetamisel õigustavad end ka suuremad sõnnikuannused. E. Talpsepp sai Kuusiku katsebaasis keskmise sügavusega kamar-karbonaatmullal 25-tonnise sõnnikuannusega NPK foonil hektari kohta enamsaagiks 29 tsentnerit, 50 tonnise sõnnikuannusega aga 52 tsentnerit kartuleid. Seega ühe tonni sõnniku kohta saadi esimesel juhul 34 söötühikut, teisel juhul 31 söötühikut enamsaaki. Nähtavasti oleks veelgi suurem sõnnikuannus saagile soodsalt mõjunud.

Teises katses, mis korraldati niiskel huumusrikkal mullal (huumust 6,8%), saadi 25-tonnise sõnnikuannuse kasutamisel 1 tonni sõnniku kohta 51 sü enamsaaki. Sõnnikuannuse suurendamisel 50 tonnile hektari kohta enamsaak ei suurenenud. Järelikult huumusrikkal mullal jätkub väiksemast sõnnikuannusest.

Veelgi suuremate sõnnikuannustega võib väetada juur- ja köögiviljapõlde. Nende kultuuride korral tasuvad end hästi ära 60-, 80- ja isegi 100-tonnised sõnnikuannused hektari kohta.

Sõnniku efektiivsus on suurem, kui seda anda paiklikult kartulivagudesse mugulate alla või juurvilja istutusaukudesse. See võimaldab saada väiksema sõnnikuannusega häid tulemusi. Nii on saadud 20 t/ha sõnniku vakku andmisel peaaegu niisama suur kartuli enamsaak nagu 40 t/ha sõnniku ühtlaselt laialilaotamisel. Kui võtta arvesse ka sõnniku järelmõju, siis summaarselt saadakse suurema sõnnikuannuse puhul ikka ka suurem enamsaak.

Sõnniku efektiivsus sõltub andmise ajast ja viisist. Kuusiku katsebaasis korraldatud katsetes saadi sügiskünni alla antud värske sõnnikuga 30% suurem enamsaak, kevadel antud värske sõnnikuga aga 16% väiksem enamsaak, võrreldes talvel laotatud sõnnikuga.

Suurt efekti annab sõnniku ja mineraalväetiste kooskasutamine. Kui varasemas kasvueas taimed saavad kasutada peamiselt mineraalväetistega antud toitained, siis hiljem lisanduvad sellele sõnniku toitained, mis vabanevad sõnniku järkjärgulisel lagunemisel mullas. Paranevad ka mulla füüsikalised ja füüsikaliskemilised omadused. Kõige selle tulemusel saadakse orgaaniliste ja mineraalväetiste kooskasutamisel suurt enamsaaki.

Peale fosfor- ja kaaliumväetiste tuleb sõnnikuga väetamisel anda siiski ka lämmastikväetist, sest sageli on just omastatava lämmastiku vähesus põhjuseks, miks sõnnikuga saadav enamsaak jääb väikeseks.

## Kordamisküsimusi

1. Missugust mõju avaldavad orgaanilised väetised mulla omadustele?
2. Kuidas mõjustavad orgaanilised väetised mulla viljakust?
3. Millest ja kuidas sõltub sõnniku koostis?
4. Missugune ülesanne on allapanul?
5. Millest koosneb sõnnik?
6. Kui suur on tähtsamate taimetoitelementide sisaldus sõnnikus?
7. Mida tuleb silmas pidada sõnniku säilitamisel?
8. Missugused muutused toimuvad sõnnikus selle säilitamisel?
9. Kuidas saab vähendada lämmastikukadusid sõnniku säilitamisel?
10. Missuguste loomaliikide sõnnikut nimetatakse kuumaks, missuguste oma külmaks? Miks?
11. Miks tõuseb temperatuur sõnnikupatareis?
12. Missugused eelised on sõnniku aeroobsel, missugused anaeroobsel käärimisel?
13. Missugune on värske ja käärinud sõnniku lämmastikusisaldus? Miks?
14. Kuidas on sõnnikus leiduvad taimetoitained taimedele omastatavad?
15. Miks lisatakse sõnnikusse mineraalväetisi?
16. Milliseid mineraalväetisi võib sõnnikusse anda? Kas ammóniakvett on mõistlik sõnnikusse anda? Miks?
17. Kuidas organiseerida sõnniku väljavedu?
18. Millal tuleks väljaveetud ja laialilaotatud sõnnik sisse künda? Miks?
19. Kui palju sõnnikut tuleks hektarile anda?
20. Kui kaua kestab sõnniku järelmõju?

## 4.3. VIRTS

Allapanu ei seo tavaliselt kõiki loomade vedelaid väljaheiteid. Osa neist seguneb lauda sõnnikukäikude pesuveega ning sõnniku käärimisel tekkiva veega, moodustades virtsa.

Virts on peamiselt lämmastik-kaaliumväetis, sisaldab valdavalt 0,1 ... 0,4% N, niisama palju  $K_2O$  ja 0,01 ... 0,1%  $P_2O_5$ . Kõik toitained on virtsast taimedele hästi omastatavad.

Uriinis leiduvad lämmastikuühendid — põhiliselt karbamiid, kusi- ja hipuurhape — lagunevad kiiresti, andes lõppsaadusena ammoniaagi, mis halbade säilitamistingimuste juures haihtub. Seepärast peab virtsa säilitamisel hoolitsema lämmastikukadude vähendamise eest.

Virtsa säilitamiseks ehitatakse lautade juurde vett pidavad virt-

sahoidlad ehk virtsakaevud, mis suletakse pealt tiheda kaanega. Sellega takistatakse õhuvahetust ning ühtlasi ammoniakaagi lendumist.

Virtsa kokkupuutumist õhuga ja sellest tingitud lämmastikukadu aitab tunduvalt vähendada virtsale valatud 2...3-mm kiht nafta ja läbitöötatud määrdeõli, mida kulub 1 m<sup>2</sup> kohta 2...3 liitrit.

Lämmastikukadusid vähendavalt mõjub ka superfosfaadi lisamine. Superfosfaat seob ammoniaaki keemiliselt ning ühtlasi rikastab virtsa fosforiga. Kui hektari kohta antakse 20 tonni virtsa, siis on küllaldane, kui sellele lisatakse 1% superfosfaati, s. o. hektari kohta 2 ts superfosfaati.

Kõige tõhusam on lämmastikukadusid virtsast vähendada turba abil. Kui sõnnikurennidesse asetada küllaldaselt allapanu- turvast, seotakse uriin peaaegu täielikult ning kaitstakse ammoniaaki lendumise eest.

Toitainete hea omastatavuse tõttu võib virtsa kasutada kõikide kultuuride väetamiseks, eeskätt aga kultuurrohumaade ja rühvel- kultuuride väetamiseks. Lämmastiku lendumise vähendamiseks tuleks virtsa põllule vedada vaikse niiske või isegi vihmase ilmaga.

Virtsa vedu ja laotamine toimub tavaliselt autotsistern-laotaja abil, mis piserdab virtsa hajusalt laiali.

Hajusalt väetamise puhul tuleb virts võimalikult ruttu mulda viia, et vältida suuremat lämmastikukadu ja tõsta virtsa väetus- väärtust. Kui võtta 10 cm sügavusele mulda viidud virtsa väetus- väärtuseks 100%, siis oli Üleliidulise Väetiste ja Agromullateaduse Instituudi andmeil 5 cm sügavusele mulda viidud virtsa väetus- väärtus 81%, mullapinnale antud virtsa väetusväärtus aga ainult 37%.

Keskmiselt antakse hektarile 10...20 tonni virtsa, millega iga hektar saab tavaliselt 10...80 kg N, 1...20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja 10... 80 kg K<sub>2</sub>O.

Üks paremaid virtsa kasutamise viise on selle komposteerimine turbaga.

Paljude veiselautade juures virtsahoidlad puuduvad, sest uriin seotakse tavaliselt allapanuga. Hädavajalikud on virtsahoidlad sigalate juures, kus vedelikku koguneb rohkem. Viimasel ajal on ehitatud nuumikute sigalaid, kus sigade roe voolava veega virtsa- hoidlasse uhutakse. Sel viisil saadud vedelat väljaheidete segu kasutatakse nagu virtsagi põldude väetamisel. Pestavast sigalast saadud virtsa koostis on muutlik, sõltudes eeskätt sellest, kui palju vett virtsahoidlasse on sattunud.

H. Toomiste andmeil leidub meie sigalate virtsas lämmastikku 0,02...0,43%, kaaliumoksiidi 0,03...0,47% ja fosforpentoksiidi 0,00...0,40%. Hästi mõjub see virts kultuurkarjamaadele, kuhu seda antakse 25...40 tonni hektarile.

#### 4.4. KODULINDUDE VÄLJAHEITED

Kodulindude väljaheidet on toitainerikkad ja tugeva väetustoimega kohalikud väetised. Seoses suurte linnufarmide ja linnuvabrikute loomisega koguneb seda liiki väetist palju. Arvestatakse, et aasta jooksul saadakse ühelt kanalt keskmiselt 6, pardilt 8 ja hanelt 11 kg väljaheidet. Veelindude (pardid, haned) väljaheidet sisaldavad rohkem vett ja vähem toitaineid kui kanade väljaheidet (tabel 29).

TABEL 29

Kodulindude väljaheidete koostis (%-des)

Linnud	Vesi	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Kanad	56	1,6	1,5	0,8
Pardid	57	0,7	0,9	0,6
Haned	77	0,5	0,5	0,9

Kodulindude väljaheidetes olev lämmastik on taimede poolt väga hästi omastatav, kuid halva säilitamise korral võib juba 3...4 nädala jooksul 50...75% lämmastikust lenduda ammoniagina ja molekulaarse lämmastikuna. USA-s, Jaapanis ja Inglismaal kodulindude väljaheidet kuivatatakse kõrgel temperatuuril selleks ehitatud seadises, mille tulemusel edasine lämmastiku lendumine katkeb.

Kõige rohkem kasutatakse meil kodulindude väljaheidete sidumiseks ja toitainete kadude vähendamiseks allapanuturvast. Paljudes linnufarmides peetakse kodulinde sügavallapanul, kus väljaheidet segunevad kuiva allapanuturbaga.

Lindude pidamisel puurides saadakse puhtaid väljaheidet, mida komposteeritakse turbaga. Näiteks Tallinna Linnuvabrikus veetakse kodulindude väljaheidet iga päev põllule, kus need komposteeritakse allapanuturbaga. Turvast võetakse 3...4 osa ühe osa väljaheidete kohta. Väljaheidet ja turvas segatakse hoolikalt buldooseri abil ning moodustatakse patareid, kus linnusõnnik käärib vähemalt 3 kuud enne põllule andmist. Käärimisel tõuseb temperatuur 50...60°-ni, mille juures enamik umbrohtude seemneist kaotab idanevuse.

Saadud sõnnikut antakse peamiselt pealtväetisena kultuurrohmaadele 15...20 tonni hektarile. Juurviljapõldudele antakse seda künni alla 40 t/ha. Oma efektiivsusest ületab linnusõnnik tavalist veisesõnnikut.

Väiksemas ulatuses kasutatakse kodulindude väljaheiteid pealtväetisena ka vedelal kujul, lahustades seda eelnevalt 8...10-kordse koguse veega. Hektari kohta arvestatakse 5...10 ts väljaheiteid.

#### 4.5. PÕHK VÄETISENA

Viimastel aastatel on mitmetes välisriikides hakatud teravilja-põhku põldude väetamiseks kasutama. Seda tingivad eeskätt ökonoomilised kaalutlused, sest põhu muldaviimine on odavam kui selle allapanuks kasutamine ja sõnnikuga põllule vedamine.

Katseandmeil suureneb põhuga väetamisel mulla huumuse-sisaldus niisama palju nagu põhuga ekvivalentse koguse (kuivainele arvestatud) sõnnikuga väetamisel.

Põhu kasutamine väetisena erineb tunduvalt sõnniku kasutamisest. Sõnnik on osaliselt lagunened juba enne mulda viimist, põhuga väetamisel aga toimuvad kõik lagunemisprotsessid mullas. Kui käärinud sõnnikus on süsiniku ja lämmastiku suhe (C:N) 20:1 piires, siis põhus on see suhe tunduvalt laiem, kõikudes 75:1 ja 100:1 vahel. Viimasest tingitult võtavad põhku lagundavad mikroorganismid puudujääva lämmastiku mullast, mistõttu põhuga väetamise korral võib saak esimesel aastal isegi langeda. Saagi langemise vältimiseks tuleb lisaks anda lämmastikväetist arvestusega 7...10 kg lämmastikku ühe tonni põhu kohta. Kergemal mullal tuleb väljauhtumise ärahoidmiseks täiendav lämmastik anda kevadel koos põhiväetisega. Raskemal mullal võib anda lämmastikku ka sügisel ammooniumlämmastikku sisaldavate väetistena, näiteks ammoniagi vesilahusena.

Mikroorganismide poolt põhu lagunemisel seotud lämmastik ei ole taimedele kaduma läinud. Pärast mikroorganismide surma vabaneb nende kehas seotud lämmastik, mida taimed nüüd saavad kasutada. Selle tulemusel saadakse kergemal mullal juba esimesel või teisel aastal enamsaaki. Raskemal mullal, kus põhu lagunemine toimub aeglasemalt, saadakse enamsaaki alles alates teisest või kolmandast aastast.

Ka meie vabariigis jääb paljudel majanditel osa põhku kasutamata, mida on otstarbekohane viia väetisena mulda. Selleks tuleb kasutada eeskätt lühikesekõrrelist odrapõhku. Põhk tuleb mulda viia peenendatult. Põhupeenendajatega varustatud kombainide puudumisel on võimalik põllule jätud põhku peenendada ja segada mullaga raske randaali abil. Randaalida on soovitatav ka kombainiga peenestatud põhku, et segada seda mullaga ning kiirendada lagunemist. See täidab ühtlasi ka kõrrekoorimise ülesannet. Sügisel tehakse põhuga väetatud põllul sügavkünn.

Põhk tuleb anda rühvelkultuuride, eeskätt kartuli alla mine-

vaile põldudele, kus põhk laguneb kiiremini ja väetusefekt saabub rütem.

Väga hästi mõjub põhk kui väetis liblikõielistele kultuuridele (hernes, vikk), kusjuures täiendava lämmastiku andmine ei ole alati vajalik.

#### 4.6. TURVAS JA KOMPOSTID

Turba näol on meil avarad võimalused orgaaniliste väetiste koguse suurendamiseks. Eesti NSV-s on A. Truu andmeil 900 000 ha soid, mis moodustab vabariigi territooriumist üle 20%.

Olenedes tekke tingimustest ja taimkatte iseloomust, jaotatakse sood kõrg-, siirde- ja madalsoodeks. Kõrgsoid nimetatakse ka rabadeks.

Rabaturvas on tekkinud peamiselt atmosfäärse veega toitumise tingimustes. Sellest on osa võtnud mineraalse toitumise suhtes vähenõudlikud taimed, peamiselt turbasamblad. Nende lagunemisel tekib madala tuhasusega happeline rabaturvas.

Madalsooturvas on tekkinud taimedest, mis kasvavad mineraalainetega küllaldase varustatuse tingimustes. Seepärast on madalsooturvas tuha- ja taimetoitainete sisaldus tunduvalt suurem.

TABEL 30

Turvaste keemiline koostis

(% kuivaines)

Turba tüüp	Tuhk	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Rabaturvas	alla 5	0,8...1,2	0,05...0,5	0,04...0,06	alla 0,5
Siirdesoturvas	5...10	1,2...2,5	0,10...0,20	0,06...0,08	0,5...2,5
Madalsooturvas	10...20	2,5...3,5	0,15...0,50	0,08...0,10	2,5...4,0

Siirdesoturvas on oma omadustelt kahe eelmise vahepealne.

Taimetoitainete sisaldus eri sootüüpide turbas on toodud tabelis 30. Sellest ilmneb, et kõige vaesem on tuhaelementide ja lämmastiku poolest rabaturvas, kõige rikkam aga madalsooturvas. Üldiselt on kõik turbad võrdlemisi tähelepanuväärse lämmastikusisaldusega. Fosfori- ja eriti kaaliumisisaldus on aga turvastes madal.

##### 4.6.1. ALLAPANUTURVAS

Rabaturvast kasutatakse pärast kuivatamist eeskätt allapanuturbana. Allapanuturvast töötatakse üles kuivendatud rabades kas kitsi või mehhaniseeritult. Käsitsi toodetakse pätsturvast, mis

pärast labidaga väljalõikamist asetatakse soopinnale kuivama. Kuivanud turbapätsid paigutatakse suurtesse aunadesse, kust need hiljem farmide juurde veetakse ning peenendatakse.

Allapanuturba mehhaniseeritud ülestöötamisel soopind freesitakse ning pärast ülemise kihi kuivamist kogutakse kuiv peenendatud turvas vastavate turbakogumismasinade abil suurtesse aunadesse.

Rabaturvas on osutunud üheks paremaks allapanumaterjaliks. Vedelike hea imamisvõime kõrval neelab allapanuturvas laudaõhust ohtrasti ammoniaaki ja teisi gaase, mistõttu laut on kuivem ja õhk puhtam. Oma antiseptiliste omaduste tõttu pidurdab allapanuturvas mitmete haigusttekitajate mikroorganismide tegevust, mille tulemusel loomad haigestuvad vähem. Kõige selle tõttu on allapanuturba kasutamisel loomade produktiivsus kõrgem.

#### 4.6.2. VÄETUSTURVAS

Väetusturbana kasutatakse eeskätt madalsooturvast, sest see sisaldab rohkem taimetoitaineid ja on kõrgema tuhasusega kui siirdesoo- ja rabaturvas. A. Truu andmeil on Eesti NSV madalsoodest üle poole keskmise tuhasusega (tuhasisaldus 10...20%), ligemale veerand madalsoodest aga kõrge tuhasusega (tuhasisaldus üle 20%). Üldiselt sisaldavad kõrge tuhasusega turbad rohkem lupja, välja arvatud juhud, kui kõrge tuhasus on tingitud saviosakeste pealeuhtest. Üksikutel juhtudel võib madalsooturba lubjasisaldus tõusta üle 10%, mistõttu seda võib kasutada põldude lupjamiseks. Kõrge tuhasus võib olla põhjustatud veel turba kõrgest fosforisisaldusest. Sellisena on tuntud näiteks vivianiit-turvas. Kui  $P_2O_5$ -sisaldus turbas ületab 2%, on otstarbekohane kasutada seda turvast fosforväetisena. Eesti NSV-s esineb vivianiit-turvast vaid väikeste pesadena.

##### 4.6.2.1. VÄETUSTURBA ÜLESTÖÖTAMINE

Väetusturvast toodetakse kuivendatud madalsoodest, mis on eelnevalt kändudest ja võsast puhastatud. Levinud on kaks turba ülestöötamise moodust: pinnakihiiline ja karjääriline tootmine. Parema väärtusega väetusturvast saadakse pinnakihilisel tootmisel.

Majandites on kõige otstarbekohasem turvast toota pinnakihiiliselt buldooseri abil. Kui on tegemist loodusliku sookamaraga, siis soopind eelnevalt küntakse. Sellele järgneb turbakihi kobestamine 15...18 cm sügavuselt, mida tehakse raske või kerge randaaliga. Et soodustada vee auramist, segatakse pealmist turbakihti ketaskoorija, kerge randaali esimese sektsiooniga või isegi äketege ühepäevaliste vaheaegadega 2...3 korda.

Pärast seda kui turvas on kuivanud 65...60%-lise niiskuseni,

vallitatakse 5...6 cm paksune kuivem turbakiht buldooseri abil. Selleks et buldooser eemaldaks soopinnalt ühtlase paksusega turbakihi, peab ta olema varustatud maapinda kopeerivate suuskadega. Buldooseri hõlma kõrgenduseks ja külgedele asetatakse lisaplaadid, mis võimaldavad rohkem turvast buldooseri hõlma ette koguda.

Ühe töösükliga saab hektarilt koguda 200...240 tonni väetusturvast. Sellele järgneb uue turbakihi kuivatamine ja kogumine. Nii korratakse seda suve jooksul 4...6 korda, mis võimaldab ühelt hektarilt toota kuni 1500 tonni väetusturvast. Lõpuks turbavallid aunatakse vähemalt 3,5...4 m kõrgustesse aunadesse, kus turvas seistes isegi kuumeneb ega külmu talvel.

Väetusturba tööstuslikul tootmisel kasutatakse soopinna peenendamiseks freese ning turba segamiseks ja kogumiseks spetsiaalselt selleks ehitatud masinaid.

Karjääriliselt toodetakse väetusturvast peamiselt seal, kus puuduvad suuremad soomassiivid, mis ei võimalda turvast pinnakihiliselt toota. Ekskavaatori abil tõstetakse turvas karjääri kõrvale aunadesse, kuhu see jääb seisma, või otse veokisse, mis viib turba komposteerimiskohale. Karjäärilise tootmisviisi puhul ei ole võimalik enne kaevandamist turvast kuivatada, mis on selle viisi puuduseks, võrreldes pinnakihilise turbatootmisega.

Ekskavaatoriga toodetud madalsooturba niiskus on 90% piires. Seega 10 tonni karjääriturbaga viiakse põllule 1 tonn kuivainet, pinnakihiliselt toodetud turbaga aga 3...4 tonni kuivainet. Järelikult läheb esimesel juhul turba väljavedu 3...4 korda kallimaks.

Arvestades seda, et aunadesse paigutamise korral tuleb turvast kaks korda läbi tõsta, on majanduslikult otstarbekohane kuni 3 km kaugusele transportimisel karjäärist tõstetud turvas kohe välja vedada. Kaugemale transportimisel on kasulikum turvas eelnevalt aunadesse tõsta, kus niiskusesisaldus seismisel mõnevõrra väheneb.

Teiseks karjäärilise turbatootmise puuduseks on asjaolu, et rikutakse ära soopind, mida ei saa edaspidi põllumajanduslikult kasutada. Maastiku ilme säilitamise mõttes ei ole karjääriline turbatootmine igal pool lubatud ning selleks tuleb eelnevalt kokku leppida looduskaitse kohalike organitega.

#### 4.6.2.2. TURVAS OTSESE VÄETISENA

Madalsooturba kasutamist väetisena tingib eeskätt selle kõrge lämmastikuisaldus. Nii sisaldab keskmise tuhasusega madalsooturba kuivaine 2,5...3,5% lämmatikku, mis ületab isegi sõnniku lämmastikuisalduse. Fosfori- ja kaaliumisisaldus on turbas madal ega oma väetamise seisukohalt olulist tähtsust.

Vaatamata turba kõrgele lämmastikuisaldusele, omastavad taimed seda halvasti. Omastatavaks lämmastikuvormiks turbas on amiidid ja ammooniumlämmastik, mida turbas leidub ainult 2...3% kogu lämmastikust. Andes hektarile näiteks 50 tonni turvast, saavad taimed omastatavat lämmastikku ainult 10...15 kg. Lämmastiku vabanemine turbast jätkub pärast selle muldaviimist, kuid siiski väga aeglaselt.

On selgunud, et turba kuumendamine 60°-ni suurendab omastatava lämmastiku sisaldust. Isegi suurtes turbaaunades, kuhu on kuhjatud madala niiskusega pinnakihiliselt toodetud turvas, tõuseb temperatuur kohati 50...60°-ni, mille tulemusel omastatava lämmastiku sisaldus turbas tõuseb ja ka turba väetusväärtus suureneb.

Väetusturba peamine mõju seisneb siiski mulla füüsikaliskemiliste omaduste parandamises. Seepärast saadakse väetusturbaga väetamisel paremaid tulemusi just kergetel muldadel — liiv- ja saviliivmuldadel, samuti rasketel liivsavidel ja savidel. Turba mõjul suureneb liivmuldade neelamismahutavus, puhverduisvõime ja veemahutavus ning väheneb veeläbilaskvus. Rasketel muldadel ta aga suurendab veeläbilaskvust ning vähendab mulla sidusust, mistõttu need mullad muutuvad õhurikkamaks ja kergemini haritavaks.

Otseseks väetiseks sobib väetusturvas, mis on hästi lagunenud (lagunemisaste üle 50%) ning mille pH on üle 5. Turvas peab olema eelnevalt õhustatud, et hapendada temas leiduvaid taandunud ühendeid. Õhustamata turvas võib põhjustada isegi saagi langust. Pinnakihilisel väetusturba tootmisel toimub üheaegselt turba kuivatamisega selle õhustumine.

Peale fosfor- ja kaaliumväetiste peab koos väetusturbaga andma ka lämmastikväetisi, sest turba enda lämmastikku omastavad taimed halvasti.

Väetusturba kasutamisel otsese väetisena on saadud mõnikord häid tulemusi, eriti siis, kui on kasutatud endistest kultuuris tatud madalsoodest toodetud väetusturvast, mida on mullaharimisega varem juba liigutatud ja õhustatud. Nii saadi Kuusiku katsebaasis 1965. aastal keskmise sügavusega kamar-karbonaatmullal NPK-väetiste kasutamisel hektarilt 234 ts kartuleid, 60 tonni suure turbaannusega saadi NPK foonil 282 tsentnerit ning niisama suure koguse sõnnikuga väetamisel 294 ts/ha kartuleid. Seega turbaga saadud enamsaak ulatus 80%-ni sõnnikuga saadud enamsaagist. Umbes niisama palju oli turba efektiivsus madalam sõnniku omast ka järelmõjus.

Et mitte igasuguse väetusturbaga, ka mitte igasugusel mullal ei saada turbaga otsesel väetamisel rahuldavat enamsaaki, tuleb turba väetusväärtust eelnevalt tõsta selle komposteerimise teel sõnniku ja teiste komponentidega.

#### 4.6.2.3. TURBAKOMPOSTID

Komposteerimisel hoitakse turvast pikema aja jooksul segus sõnniku või teiste bioloogiliselt aktiivsete materjalidega. Komposteeritavas massis toimuvate mikrobioloogiliste protsesside toimel turba orgaaniline aine muutub, kusjuures turbas olevad toitained saavad taimedele omastatavaks.

Olenevalt sellest, missuguseid komponente komposteerimisel kasutatakse, nimetatakse vastavaid komposte turba-sõnniku-, turba-virtsa-, turba-fekaalide jne. kompostideks.

Komposteerimine on eeskätt mikrobioloogiline protsess. Selle kulgemiseks on vaja luua soodsad tingimused. Komposteerimiseks kasutatav turvas peab olema sobiva niiskusega. Märjas turbas on õhu puudumise tõttu mikrobioloogilised protsessid takistatud, samal ajal aga tekib nii mikroorganismidele kui ka taimedele kahjulikke ühendeid.

Paljudest katsetest on selgunud, et turvast saab tagajärjekalt komposteerida sõnniku ja teiste komponentidega ainult siis, kui turba niiskus on viidud 65...75%-ni, kusjuures rohkem lagunenud turba niiskus võib olla 65%, vähem lagunenud turbal kuni 75%. Arvestades, et turvas aunades seismisel ilmastikutingimuste mõjul võtab niiskust juurde, tuleb seda toota mõnevõrra kuivemana. Oma niiskusesisalduse poolest sobib komposteerimiseks eeskätt pinnakihiliselt toodetud turvas. Karjäärast tõstetud turvast aga tuleb eelnevalt kuivatada. On selgunud, et karjäärast suurtesse aunadesse tõstetud turba niiskus väheneb väga aeglaselt ega lange isegi paari aasta jooksul oluliselt alla 80%. Sellise niiskusega turbal ei ole isegi pikaajaline komposteerimine turba väetusväärtust tõstnud. Seepärast tuleb karjääriturvast eelnevalt kuivatada väiksemates hunnikutes, mida vahetevahel segatakse, et turvas ühtlasi ka õhustuks.

**Turba-sõnnikukompostid.** Sõnnikuga komposteeritakse eeskätt madalsooturvast ja kõrgema lagunemisastmega siirdesooturvast. Sõnniku ja turba optimaalne vahekord kompostis sõltub turba lagunemisastmest, samuti aastaajast. Madala lagunemisastmega turba komposteerimisel võetakse turvast ja sõnnikut vahekorras 1:1 või 2:1. Keskmise ja kõrgema lagunemisastme korral võib sõnniku osa vähendada ning võtta 3...4 osa turvast ühe osa sõnniku kohta. Suvisel komposteerimisel võib sõnniku osatähtsus kompostis olla väiksem, talvisel komposteerimisel suurem. Siiski on täheldatud, et sõnniku osa vähendamisel ka komposti väetusväärtus mõnevõrra väheneb.

Et turbas on fosforit ja kaaliumi vähe, on kasulik komposti lisada ka fosfor- ja kaaliumväetisi. Fosforväetistest on soovitatav lisada fosforiidijahu, mida antakse 2...2,5%, kaaliumväetisi lisatakse 0,4...0,5% komposti kaalust. Seega tuleks ühe tonni komposti kohta anda 20...25 kg fosforiidijahu ja 4...5 kg kaali-

soola. Loomulikult tuleb mineraalväetiste lisamisel arvestada väetatava põllu väetistarvet. Mineraalväetisi on otstarbekohane anda turbasse juba selle pinnakihilisel ülestöötamisel, külvates neid enne turba vallitamist otse soopinnale. Sel viisil tagatakse mineraalväetiste hea segunemine turbaga. Kui seda pole tehtud, antakse mineraalväetised kompostide valmistamisel.

Fosforiidijahu on kasulik lisada kompostidesse veel seepärast, et kompostides fosforiidijahu omastatavus paraneb, eriti kui komposti üheks komponendiks on sõnnik või tugevasti happeline turvas. Kaaliumväetistest valitagu komposteerimisel madalama tegevainesisaldusega kloriidne kaaliumväetis — meie oludes kaalisool. Kloriidioonid takistavad nitrifikatsiooniprotsessi ja vähendavad seeläbi lämmastikukadu denitrifikatsiooni tagajärjel. Seepärast on just kloriidisel kaaliumväetisel oluline tähtsus ammoniumlämmastiku poolest rikastes kompostides (turba-fekaalide ja turba-sõnnikukompost, turvas-ammoniaakväetis), eriti kui neid säilitatakse pikemat aega.

Komposteerimine toimub tavaliselt väetataval põllul või selle läheduses, aga ka otse soos, kus väetusturvast toodetakse.

Suvisel komposteerimisel asetatakse turvas ja sõnnik kihiti patareisse. Kompostipatarei põhja veetakse 30...40 cm paksune kiht turvast, millele laotatakse kiht sõnnikut. Sellele järgnevad uued turba- ja sõnnikukihid, kuni patarei kõrgus ulatub 1,5...2 meetrini.

Selle töö täielikul mehhaniseerimisel veetakse turvas komposteerimisplatsile isekallutitega ning asetatakse kahte ritta, jättes ridade vahele umbes 5 m vaba ruumi. Hiljem veetakse turbaridade vahele sõnnik. Seejärel lükatakse turvas ja sõnnik buldooseri abil segamini, et saavutada võimalikult ühtlast sõnniku jaotamist turbamassis ning moodustatakse korralik kompostipatarei.

Sõnnikut veetakse välja ja komposteeritakse peamiselt talvel. Et madala temperatuuri tõttu kompostipatarei ei külmuks, paigutatakse sõnnik sinna koldeliselt. Kompostipatarei asukohta asetatakse kõigepealt 50...60 cm paksune kiht turvast. Sellele veetakse isekallutitega vähemalt 1 tonni suurused sõnnikukolded 1,5...2 meetri järel. Seejärel kaetakse sõnnikuhunnikud turbaga ja vahekohtadele asetatakse uued sõnnikukolded. Nii toimitakse, kuni patarei kõrgus on 2...3 m, siis kaetakse kogu patarei turbaga.

Kui sõnnikut on küllaldaselt, võib kompostipatarei põhja veetud turbale asetada pideva tüseda kihi sõnnikut, millele lükatakse buldooseri abil turbakiht peale nii, et tekiks 2,5...3 meetri kõrgune kompostivall. Niisugused suured kompostivallid talvel palju ei külmu, sest sõnniku käärimisel eraldub soojust. Et vältida külmumist, on kasulik kompostipatarei valmis teha 1...2 päevaga ning valida selleks pehmemaid talveilmu.

Kevadel, pärast pindmise külmunud turba sulamist, tuleb tal-

vel valmistatud kompostid segada, et õhustada komposti ja viia sõnnik võimalikult hästi kontakti turbaga. Selleks lükatakse kompostivall buldooseri abil umbes 30°-se nurga all läbi ning moodustatakse uus kompostivall. Ühe kuu möödudes segatakse komposti teist korda. Niisama vajalik on segada ka suvel valmistatud komposte.

Kui kompostid on korralikult valmistatud, kulgevad mikrobioloogilised protsessid aktiivselt, mille üheks tunnuseks on kompostimassi tunduv soojenemine.

Turba-sõnnikukompostidega, kus turvast ja sõnnikut on võrdselt, saadakse ligikaudu niisama suur enamsaak nagu sõnnikuga väetamisel. Olustvere katsejaamas saadi Halliste sovhoosi turba-sõnnikukompostiga, kuhu oli lisatud ka fosforiidijahu ja virtsa, enamsaagiks 45 ts/ha kartuleid, mis ületas isegi 67% võrra sõnnikuga saadud enamsaagi.

Turbakomposte võib valmistada ka otse soos pinnakihiliselt. Nimetatud komposteerimisviis annab võimaluse lisatavaid komponente turbaga põhjalikult segada ning ühtlasi kõiki töid mehhaniseerida.

Soo peab olema eelnevalt ette valmistatud — kuivendatud, kännud ja sugekiht eemaldatud, pind küntud ja randaalitud. Seejärel veetakse soosse sõnnik ja mineraalväetised, laotatakse need laiali ja segatakse turbaga. Et sõnnikut ei tuleks soosse palju vedada, võib sõnniku ja turba suhe kompostis olla mitte väiksem kui 1 : 3. Fosforiidijahu lisatakse kuni 2,5%, kaaliumväetisi 0,5% komposti kaalust.

Umbes 20 cm paksust turbakihti komposteerides võib ühelt hektarilt koguda ligikaudu 1000 tonni komposti. Selleks tuleb ühe hektari suurusele soopinnale laotada kuni 250 tonni sõnnikut, 25 tonni fosforiidijahu ja 5 tonni kaaliumväetist. Väetised võib soopinnale laotada juba talvel. Kevadel pärast soopinna taहनemist segatakse väetised raske randaali abil turbaga. Randaalimist koratakse 1...2-nädalaste vaheaegade järel, kusjuures enne randaalimist võib soopinnale anda ka virtsa, mis tõstab veelgi komposti väärtust.

Pikemaajalisel maapinnal komposteerimisel võivad väljauhtumise tõttu esineda toitainete kaod. Selle vältimiseks tuleb kompost 1...1,5 kuu möödumisel pärast segamise algust vallitada. Seejuures ei ole otstarbekohane vallitada otsekohe suurtesse aunadesse, sest sügaval aunas tekivad anaeroobsed tingimused, mistõttu käärimine kompostis aeglustub. Et seda ei juhtuks, on soovitatav kompost buldooseri-ga lükata eelnevalt 1 m kõrgustesse vaaludesse ning alles pärast 1...1,5 kuu möödumist lükatakse vaalud kokku suurtesse aunadesse.

Kirjeldatud viisil valmistatud komposti väetusväärtus on meie vabariigis korraldatud katsetes esimesel saagiaastal ulatunud

80%-ni sõnniku väetusväärtusest. Järelmõjus teisel aastal aga ei jäänud kompostiga saadud enamsaak sõnnikuga saadust maha.

Soopinnal komposteerimine tuleb kõne alla eeskätt seal, kus sõnnikut ei tule kaugelt vedada ning väetatavad põllud asuvad soo lähedal.

**Turba-virtsakompostid.** Virtsa saab kõige otstarbekohasemalt ära kasutada turbaga komposteerides. Turvas seob hästi ammoniaaki, kaitstes seda lendumise eest ning ühtlasi võimaldab orgaaniliste väetiste kogust suurendada. Virts sisaldab mikroorganisme ja soodustab turba lagunemist. Samuti on turba-virtsakompostis lämmastik ja kaalium väga hästi omastatavad.

Turba-virtsakomposti valmistamist alustatakse märtsikuu alguses, et kevadeks saaks kompost kasutamiskõlblikuks. Selleks veetakse väetusturvas põllule patareisse. Patarei peale tehakse kogu selle pikkuses umbes 0,5 m sügavune ja kuni 1 m laiune künakujuline nõgu, kuhu valatakse virtsa, kuni turbapatarei on kogu ulatuses läbi imunud. Seejärel täidetakse nõgu turbaga. Samuti on soovitatav kogu kompostipatarei katta kuiva turbaga, et vähendada ammoniaagi lendumist.

Virtsa võib turbasse immutada ka kihtide kaupa. Kompostipatarei alusele veetakse 50...60 cm paksune turbakiht, mis immutatakse virtsaga. Sellele asetatakse niisama paks turbakiht ning immutatakse uuesti virtsaga. Nii jätkatakse, kuni saadakse umbes 1,5 m kõrgune kompostipatarei. Lõpuks kaetakse kogu patarei pealt kuiva turbaga.

Virtsa kogus sõltub turba niiskusest. Ühe tonni väetusturba kohta lisatakse olenevalt selle niiskusest 0,5...2 tonni virtsa. Virtsaga komposteerimiseks sobib ka rabaturvas. Ühele tonnile kuivale rabaturbale lisatakse 3...5 tonni virtsa.

Et virtsas fosfor peaaegu puudub ja ka turbas on seda vähe, on soovitatav patarei valmistamisel turbasse lisada 2...3% fosforiidijahu.

Komposteerimise käigus turba-virtsakomposti ei segata, vastasel juhul esinevad suured lämmastikukaod ammoniaagi lendumise tõttu, sest turba-virtsakompost sisaldab rohkesti ammoniumlämmastikku.

Turba-virtsakompostid on suure efektiivsusega. K. Bamberg sai 22,3 tonni turbaga, millele oli lisatud 10 m<sup>3</sup> virtsa, hektari kohta enamsaagiks 105,7 ts kartuleid, kui kompost künti pärast laotamist kohe mulda. Kui aga kompost künti sisse 20 tundi pärast põllule laotamist, oli enamsaak 81,4 ts/ha, s. o. 23% väiksem. Seega tuleb turba-virtsakompost pärast põllule laotamist kohe mulda viia.

**Turba-fekaalide kompostid.** Inimese väljaheidet (fekaalid) sisaldavad keskmiselt 93% vett, 1,1% lämmastikku, 0,26% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja 0,22% K<sub>2</sub>O. Nende otsene kasutamine väetisena on raskendatud, mitmesuguste nakkushaiguste ja sooleparasiitide

leviku ohu tõttu paljudel juhtudel isegi lubamatu. Fekaale on kõige otstarbekohasem väetisena kasutada komposteeritult turbaga. Selleks sobivad igasuguse lagunemisastmega raba-, siirdesoo- ja madalsooturbad.

Turba-fekaalide komposte on võimalik suuremas koguses valmistada linnade või suuremate asulate läheduses juhul, kui seal leidub komposteerimiseks vajalikku turvast. Näiteks on Pärnu Kolhoosidevaheline Turbanõukogu organiseerinud linna fekaalide komposteerimise linna lähedal asuvast turbarabast saadava rabaturbaga. Turvas transporditakse raba äärde komposteerimisplatsile, kus moodustatakse umbes  $10 \times 30$  m suurused ja 1 m kõrgused patareialused. Buldooseriaga lükatakse turbasse pikuti süvendid, kuhu veetakse fekaalid: 1 osa fekaale 5 mahuosa turba kohta. Et tegemist on happelise rabaturbaga, lisatakse ka põlevkivituhka umbes 10% komposti kaalust. Mõne päeva möödudes, kui vedelikud on turbasse imunud, lükatakse turba ja fekaalide segu buldooseriaga kahelt poolt kokku 2...2,5 m kõrgusega patareisse. Komposti segatakse 1...1,5-kuuliste vaheaegade järel 2...3 korda. Komposteerimisel tõuseb temperatuur soodsates tingimustes kuni  $60^{\circ}$ -ni, mille juures hävivad haigusi tekitavad mikroorganismid ja parasiitide munad. Komposti valmistamiseks kulub 6...9 kuud. Kuivema turba kasutamise korral valmib kompost juba 4...5 kuuga.

Turba-fekaalide komposti antakse kõögiviljadele ja silokultuuridele 20...40 tonni, sööda- ja juurviljadele ja kartulile 20...30 tonni, teraviljadele piisab aga 10...15 tonnist hektarile. Oma väetisväärtuselt ületavad turba-fekaalide kompostid sõnnikut.

Turba-mineraalväetiste kompostid. Turvas sisaldab fosforit ja kaaliumi nii vähe, et see pidurdab mikrobioloogilisi protsesse. Seepärast saab turba väetisväärtust tõsta ka fosfor- ja kaaliumväetistega komposteerimise teel. Neid väetisi võib lisada juba turba pinnakihilisel ülestöötamisel otse soopinnale. Kogunud seejärel kuivanud turba (turba niiskus 50...60%) suurtesse aunadesse, hakkavad seal mikrobioloogilised protsessid intensiivsemalt kulgema, millega kaasneb turbamassi kuumenemine kuni  $60^{\circ}$ -ni. Biokeemiliste ja biotermiliste protsesside tulemusel suureneb omastatava lämmastiku sisaldus turbas, mistõttu turba väetisväärtus tõuseb.

Uhe tonni turba kohta lisatakse 3...4 kg (s. o. 0,3...0,4%) kaaliumväetist ja 20...25 kg (2...2,5%) fosforväetisi. Viimastest peaks umbes pool olema kergesti lahustuvat fosforväetist — superfosfaati. Seega võib väga hästi lisada turbasse segafosfaati.

Turba-mineraalväetiste komposti säilitatakse suurtes aunades vähemalt 3...4 kuud. Oma väetisväärtuse poolest turba-mineraalväetiste kompostid ei küüni turba-sõnnikukompostide tasemeni.

Erilaadset turba-mineraalväetiste komposti kujutab endast ka turvas-ammoniaakväetis (TAV), mida meil ulatusli-

kumalt valmistati ja kasutati aastail 1960—1963. Turvas-ammoniaakväetise valmistamisel lisati ühe tonni 55%-lise niiskusega turba kohta 20...30 kg fosforväetist (superfosfaati ja fosforiidijahu), 8...12 kg kaaliumväetist (soovitatav kaalisoola või kainiiti) ja 10...40 liitrit ammoniaakvett sõltuvalt turba happesusest. Mida happelisem turvas on, seda rohkem ta suudab ammoniaaki siduda.

Turvas-ammoniaakväetise efekt arvati olevat tublisti suurem, kui niisama suurte koguste turba ja mineraalväetiste eraldi muldaviimisel, sest ammoniaak pidi moodustama turbaga ammoniumhumaate, mis pidid toimima kasvustimulaatorina. Et viimased mõjuvad suurtes kogustes hoopis kasvu pidurdavalt, soovitati turvas-ammoniaakväetist anda hektari kohta mitte üle 15 tonni.

Meie vabariigis korraldatud katsed ja saadud tootmiskogemused näitasid, et turvas-ammoniaakväetisel puudub nimetamisväärne taimede kasvu stimuleeriv toime. Suuremates kogustes antud turvas-ammoniaakväetisega saadi küll head efekti, kuid see ei olnud suurem samade koguste lähteainete eraldi muldaviimisel saadavast efektist. Seetõttu toodeti meil turvas-ammoniaakväetist suuremates kogustes ainult senikaua, kuni puudusid ammoniaakvee otseks muldaviimiseks vajalikud seadmed.

Turvas-ammoniaakväetise valmistamisel tuleb tagada mineraalväetiste ühtlane segunemine turbaga ja vältida ammoniaagikadusid. Samuti tuleb kinni pidada optimaalsest komposteerimisaajast (1...2 kuud), sest kestvamaal säilitamisel võivad esineda suured lämmastikukaod denitriifikatsiooni läbi.

### Kordamisküsimusi

1. Mida tuleb silmas pidada põhu kasutamisel väetisena?
2. Kuidas toodetakse turvast allapanuks ja väetiseks?
3. Missuguseid nõudeid esitatakse turbale, mida kasutatakse otsese väetisena või komposteerimisel?
4. Kirjeldage turba-sõnnikukompostide valmistamist.
5. Kuidas valmistatakse turba-virtsa- ja turba-fekaalide komposte?
6. Kui palju sisaldab virts taimetoitaineid?
7. Millist kaaliumväetist tuleks valida komposti lisamiseks?
8. Mille poolest on kasulik lisada komposteerimisel sõnnikule või turbale fosforiidijahu?
9. Kui suur on turba lämmastikuisaldus?
10. Kuidas saab kasutada majapidamis- ja tööstusjäätmeid väetisena?

## 4.7. MITMESUGUSED MUUD KOHALIKUD ORGAANILISED VÄETISED

### 4.7.1. MAJAPIDAMISJÄÄTMED

Linnades ja asulates koguneb suurel hulgal majapidamisjäätmeid, mida on võimalik kasutada lähedal asuvate põldude väetamiseks. Mitmesuguste majapidamisjäätmete segu (köögijäätmed, prahikastide sisu, tolm, tuhk jt.) sisaldab keskmiselt 0,54% lämmastikku, 0,46%  $P_2O_5$  ja 0,43%  $K_2O$ . Tänavapühkmed on madalama toitainete sisaldusega, kuid kõlbavad samuti väetisena kasutada. Nimetatud jäätmete kasutamisel otsese väetisena on raskusi, sest need sisaldavad klaasikilde, rauatükke ja teisi segavaid osi, mida on raske eemaldada. Samuti on vaja eelnevalt hävitada parasiitide mune ja haigusetekiitajaid baktereid.

Lihtsamaks võtteks majapidamis- ja linnajäätmete väetuskõlblikuks muutmisel on nende komposteerimine. Komposteerimine toimub 3...4 m laiuse ja 1,5...2 m kõrgusega patareides. Patarei põhja asetatakse eelnevalt 15...20 cm paksune kiht turvast või põhku. Sellele paigutatakse sorteerimata jäätmed ilma tihendamata. Kompostipatarei kaetakse pealt 10...15 cm paksuse mullakihi. Pärast 6...12-kuulist komposteerimist on jäätmed lagunenud pruunikasmustaks sõmraliseks massiks, millest saab juba mehhaniseeritult kergesti eemaldada klaasikilde ja teisi lisandeid.

Valmiskomposti antakse hektari kohta 15...20 tonni.

### 4.7.2. TAPAJÄÄTMED

Lihakombinaatides koguneb igal aastal suurtes kogustes mitmesuguseid tapajäätmeid. H. Raigi andmeil sisaldavad need 5,4...14,6% kuivainet. Kuivaines leidub 2,7...3,4% lämmastikku, 1,3...1,7%  $P_2O_5$ , 0,1%  $K_2O$  ja 3,3...4,9%  $CaO$ .

Otseselt tapajäätmed väetiseks ei kõlba, küll aga saab komposteerimise teel neid muuta küllalt mõjuvateks väetisteks. Tapajäätmeid võib komposteerida madalsooturba ja põlevkivituhaga. H. Raigi järgi saadi üksnes 5...50%-lise põlevkivituhalisandiga 5...6-kuulisel komposteerimisel suure väetusväärtusega kompost, mis sisaldas 27,0...52,6% kuivainet. Kuivaines oli 0,5...4,2% lämmastikku, 0,3...1,8%  $P_2O_5$ , 0,4...1,6%  $K_2O$  ja 2,6...28,6%  $CaO$ . Väetuskatses saadi 4 tonni suuruse kompostiannusega, kuhu oli lisatud 10...15% põlevkivituhka, hektari kohta enamsaagiks 4,5...6,8 ts teravilja.

#### 4.7.3. SAPROPEEL

Sapropeel on mitmesuguste veekogude põhja kogunev orgaanilis-mineraalne mass, mis sisaldab kuni 30% orgaanilist ainet.

Sapropeeli koostis võib suuresti kõikuda. Endiste järvede asemele tekkinud soode põhjas esineb sapropeeli kohati kriitvalge järvelubjana, mis sisaldab ligemale 90%  $\text{CaCO}_3$  kuivaines. Mere-lahtedes aga leidub sapropeeli muda näol, mida laialt rakendatakse ravi otstarbel tervismudana. Orgaanilise väetisena kasutamiseks tuleb kõne alla eeskätt järvede ja tiikide põhjas leiduv orgaanilise aine rikas muda — järvemuda ja tiigimuda, samuti ka soodes turba all leiduv muda.

Järvedes ulatub mudakihi paksus tihti mitme meetrini. Väimela Alajärves on mudakihi tusedus isegi üle 18 meetri. K. Veberi andmetel leidub Eesti NSV-s umbes 2,5 miljardit  $\text{m}^3$  sapropeeli, millest valdav osa on veel läbi uurimata.

Kuigi järvemuda keemiline koostis on väga erinev, võib olemasolevate lünklike andmete põhjal 40%-lise niiskusesisaldusega muda keskmiseks sisalduseks pidada umbkaudu 1,4% N, 0,25%  $\text{P}_2\text{O}_5$  ja 0,23%  $\text{K}_2\text{O}$ .

Enne muldaviimist tuleb väljaammutatud muda õhustada, et hapendada temas olevaid taimedele kahjulikke ühendeid ning ühtlasi vähendada veesisaldust. Hektari kohta antakse järvemuda 40...60 tonni ja rohkemgi. Bioloogilise tegevuse intensiivistamiseks on kasulik muda eelnevalt komposteerida sõnnikuga, võttes ühe osa sõnniku kohta 3...4 osa muda. Häid tulemusi saadakse ka muda ja sõnniku andmisel seguna. Järve- või tiigimudaga väetatakse eeskätt kergema lõimisega muldi, kus tema väetismõju avaldub kiiremini.

#### 4.7.4. MEREADRU

Merelained uhuvad kohati randa meretaimede jäänuseid, mida on võimalik kasutada väetisena. Domineerivaks taimeliigiks selles, nn. mereadru, on tavaliselt põisadru — *Fucus vesiculosus*. Suuremad kogused mereadrut uhutakse randa novembris ja detsembris tormiheidisena.

V. Laidema andmetel sisaldab randa uhutud ja veepiirist eemale tõmmatud adru pärast nädalast seismist keskmiselt 28% kuivainet ja 72% vett. Kuivaines sisaldub keskmiselt 0,7% N, 0,2%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 1,1%  $\text{K}_2\text{O}$  ja 1,2% CaO. Põllule veetavas niiskes adrus on umbes 0,2% N, 0,4%  $\text{K}_2\text{O}$  ja alla 0,1%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Seega on taime toitainete sisaldus adrus ligemale kaks korda madalam kui sõnnikus.

Värske adruga väetatud põllu harimine on tülikas, sest adru

ummistab põllutööriistu. Mereadru aeglase lagunemise tõttu tuleb soovitada sõnnikuga komposteerimist. Komposteerimisel võib adrusse lisada ka turvast ja virtsa.

#### 4.8. BAKTERVÄETISED

Mulla mikrofloora omab suurt tähtsust mullas esineva või mulda viidava orgaanilise aine lagunemisel, õhulämmastiku sidumisel ja mitmetes teistes protsessides, mis on aluseks mulla viljakuse ja seega ka kultuuride saakide tõusule.

Mikrofloora liigirikkus ja arvukus sõltub oluliselt mulla keemilistest ja füüsikalistest omadustest, kuid nagu uurimised on näidanud, võib mulla mikrobioloogilist tegevust ka spetsiaalsete bakterikultuuride — bakterväetiste muldaviimisega suunata. Eri-nevalt teistest väetistest ei saa bakterväetisi hinnata mitte taime-toiteelementide ega orgaanilise aine sisalduse poolest, vaid just aktiivsete spetsiifiliste mikroorganismide hulga poolest.

Levinumateks bakterväetisteks on nitragiin, asotobakteriin ja fosforbakteriin. Kõige suurema tähtsusega on nitragiini kasutamine.

##### 4.8.1. NITRAGIIN

Liblikõielised taimed kasvavad ja arenevad normaalselt vaid sümbioosis (tulusas kooselus) mügarbakteritega (*Rhizobium* sp.) Sümbioosis varustavad taimed mügarbaktereid elutegevuseks vajalike toitainetega, mügarbakterid aga moodustavad juuremügaraid, kus toimubki õhulämmastiku sidumine.

Mügarbakterite toime on spetsiifiline. Liblikõieliste taimede iga perekonna või perekondade rühmaga on kohanenud kindel mügarbakterite liik. Agronoomiliselt on meil kaalukamad 1) ristikutete, 2) mesika ja lutserni, 3) lupiini ja seradella, 4) põldoa, herne, viki ja läätsede ning 5) aedoa mügarbakterid. Üksikud mügarbakterite liigid jagunevad omakorda nn. tüvedeks, mille lämmastiku sidumise võime võib erineda.

Mügarbakterite areng ning lämmastiku sidumise intensiivsus sõltuvad peale bioloogiliste erinevuste veel paljudest teguritest, millest olulisemad on järgmised.

1. Muldade õhu-, vee- ja soojusrežiim. Soodsaim on õhu ja vee vahekorraldus mullas siis, kui niiskust on 60% mulla täielikust veemahutavusest. Eriti tundlikud on mügarbakterid õhupuuduse suhtes, sest nad on aeroobsed bakterid.

2. Muldade lõimimine, reaktsioon ja toitainete sisaldus. Kuigi mügarbakterid üldreeglina eelistavad hästi kultuuristatud keskmise lõimimisega õhurikkaid neutraalseid muldi, erineb üksikute lii-

kide kohanemisvõime tunduvalt. Tuleb märkida, et lupiini ja seradella mügarbakterid on mullastikutingimuste, eriti mulla happesuse suhtes tunduvalt vähenõudlikumad kui ristiku, herne, mesika, lutserni jt. mügarbakterid. Nad säilitavad eluvõime isegi mullas, mille pH on 3,2, kuigi aktiivseks lämmastiku sidumiseks ei ole nad siis enam võimelised.

3. Väetamine. Positiivselt mõjub orgaaniliste, fosfor- ja kaaliumväetiste kasutamine. Mineraalsete lämmastikväetiste suuremate annuste (üle 60 kg N/ha) korral moodustub liblikõieliste juurtel vähe mügaraid ja õhulämmastiku sidumine väheneb. Liigne mulla happesus tuleb lupjamisega kõrvaldada.

Et soodustada liblikõielistel taimedel õhulämmastiku sidumist, tuleb nende seemneid külvi eel idutada ehk inokuleerida füsioloogiliselt aktiivsetest tüvedest valmistatud mügarbakterite kultuuriga — nitragiiniga. Seemnete idutamine on tingimata vajalik liblikõieliste kultuuride esmakordse külvi korral, sest siis võivad mullas sellele liigile spetsiifilised mügarbakterid hoopis puududa. Seemnete idutamata jätmine on sellistel muldadel olnud sageli valge mesika, lutserni- ja lupiinikülvide ikaldumise põhjuseks. Seda kinnitavad Polli katsebaasis korraldatud katsed valge mesika ja üheaastase lupiiniga, kus saagid nitraginiseerimise mõjul suurenesid keskmiselt 2...4 korda. Seal, kus kasvatatava liblikõielise spetsiifilisi mügarbaktereid mullas juba esineb, on nitraginiseerimise toimel saadav enamsaak muidugi madalam, ulatudes näiteks herne puhul P. Rahno andmetel 6...12%-ni. Seega on liblikõieliste kultuuride seemnete nitraginiseerimine suure agrotehnilise tähtsusega abinõu, mille õigele rakendamisele tuleb pöörata vajalikku tähelepanu.

Eesti NSV-s valmistab valge mesika-lutserni, lupiini, põldoaviki-herne, ristiku jt. nitragiini Saue Bakterväetiste Laboratoorium mügarbakterite ja mulla seguna, s. ö. mullapreparaadina. Kuigi ühe hektari külvisse idutamiseks on ette nähtud 1 pudel nitragiini, tuleb seda viimaste aastate katsete ja tähelepanekute põhjal pidada väheseks. V. Lastingu andmetel on vaja praegu toodetavat nitragiini ühe hektari külvisse kohta kasutada 2...3 pudelit, mis tagab küllaldase nakatustiheduse — 15 000...20 000 mügarbakterit ühe seemne kohta.

Kuni kasutamiseni säilitatakse nitragiini päikese eest varjatud ruumis 1...10° juures. Külvisse idutamiseks on tarvis vajalik kogus nitragiini (1 ha külvisse kohta 2...3 pudelit) segada vastava hulga veega (1 ha külvisse kohta 1,5...2 liitrit). Seejärel tuleb külvis saadud seguga järk-järgult üle valada, korralikult läbi segada ja idutatud seemned pärast lühiajalist tahtenemist võimalikult kiiresti maha külvata.

Et päikesekiired mõjuvad mügarbakteritele surmavalt, tuleb idutada varjatud kohas. Idutatakse põrandal, mis on soovitatav

katta presendiga või plastikaadiga, samuti võib idutamisel kasutada eelnevalt puhtimispreparaatidest puhastatud puhtimisseadmeid.

#### 4.8.2. ASOTOBAKTERIIN

Asotobakteriin sisaldab mullas vabalt elava õhulämmastikku siduva asotobakteri (*Azotobacter chroococcum*) kultuuri. Erinevalt nitragiinist võib seda kasutada iga põllumajandusliku taime-liigi juures.

Asotobakterid on aeroobsed lubjalembesed organismid, mis vajavad normaalseks arenguks hästi õhustatud neutraalseid (pH vähemalt 6,0) viljakaid muldi. Eriti oluline on küllaldane fosforisisaldus mullas. Katsed on tõestanud, et asotobakteriini kasutamine õigustab end ainult eespool toodud nõuetele vastavatel muldadel, kusjuures preparaadi efektiivsus sõltub mulla viljakusest, reaktsioonist, kasutatud väetiste kogusest ja mulla veerežiimist. Paremaid tulemusi saadakse sademeterikkamatel aastatel. Soodsates tingimustes võib asotobakteriiniga saada niisama suuri enamsaake kui 30...40 kg ammoniumsalpeetriga.

Asotobakteriini valmistatakse mulla- või agaripreparaadina. Eesti NSV-s valmistab asotobakteriini Saue Bakterväetiste Laboratoorium tellimiste alusel.

Asotobakteriini säilitamisel ja üldjoontes ka kasutamisel kehivad samad nõuded nagu nitragiini puhul. Ka asotobakteriini on sobiv anda mulda koos seemnega.

#### 4.8.3. FOSFORBAKTERIIN

Fosforbakteriini valmistatakse orgaanilisi fosforiühendeid lagundava mikroorganismi (*Bac. megatherium*) kultuurina, mis kiirendab mullas leiduvate orgaaniliste fosforiühendite mineraliseerumist ja fosfori muutumist taimedele kättesaadavaks.

Fosforbakteriini kasutamine õigustab end neutraalsetel kõrge viljakusega huumusrikastel muldadel. Soodsates tingimustes saadakse fosforbakteriiniga niisama häid tulemusi kui hektarile antava kuni 45 kg fosforpentoksiidiga.

Fosforbakteriini valmistatakse tahke või vedela preparaadina. Eesti NSV-sse tuuakse fosforbakteriini vastavalt tellimisele kuivpreparaadina Ukraina NSV-st.

#### 4.9. HALJASVÄETISED

Haljasväetiste all mõistetakse põllukultuuride haljasmassi, mis mullaviljakuse tõstmise eesmärgil mulda antakse.

Sisseküntud haljasmass rikastab mulda orgaanilise ainega,

millest mikrobioloogiliste protsesside tulemusena vabanevad taimedele omastatavad toitained. Haljasväetised elavdavad mulla mikrobioloogilist tegevust.

Haljasväetiskultuurid kobestavad oma juurtega sügavamaid mullakihte ja soodustavad järgnevate kultuuride juurte tungimist sügavale, mistõttu haljasväetiskultuuride mõju sügavamate mullakihtide kultuuristamisel on suurem kui sõnniku või kompostide oma.

Uurimised on näidanud, et haljasväetise efektiivsus langeb koos mullaviljakuse tõusuga. Kõrge agrofooniga põldudel, kust regulaarselt saadakse üle 30 ts teravilja ja 250 ts kartulit hektarilt, ei ole otstarbekohane haljasväetiste rohke kasutamine. Sel juhul on põhjendatud vaid valge mesika või kollase lupiini ädala haljasväetiseks kasutamine. Orgaaniliste väetiste vajadus tuleb neil muldadel rahuldada peamiselt sõnniku ja kompostidega.

Haljasväetiste senisest ulatuslikum kasutamine on põhjendatud ja vajalik neil muldadel, kus saagid ei ületa keskmist taset (teraviljasaak alla 25 ts/ha), mullad on huumusvaesed ja puuduliku mikrobioloogilise tegevusega. Selliseid põlde leidub peaaegu igas majandis, eriti aga Lõuna- ja Lääne-Eestis. Majanduslikult on suure tähtsusega haljasväetiste kasutamine farmidest kaugel asuval põldudel, kuhu teiste orgaaniliste väetiste vedu on raske.

Haljasväetisi võib Eesti NSV-s rakendada taliviljade, rühvelkultuuride, viljapuude, marjapõõsaste ja noorte metsakultuuride väetamiseks. Kõige tähtsam on nende kasutamine siiski taliviljade väetamiseks.

EMMTUI Kuusiku ja Polli katsebaasis korraldatud katsetest on selgunud, et valge mesika ja lupiinide 20...25-tonniste hektarinnormide toime taliviljade väetamisel ei jää keskmisel agrofoonil maha 30...40 tonni sõnniku toimest. Valge mesikas on Kuusiku katsebaasis sügise sissekünni korral andnud häid tulemusi ka kartuli väetamisel, kusjuures ka järelmõju kaerale on olnud hea. Samas andis 1969. aastal häid tulemusi haljasväetise (söödahernes + kaer) kasutamine odra väetamiseks: hektarile sügiskünni või koorimise alla antud 10,5 t haljasväetise toime suurenes odra terasaak vastavalt 4,7 ja 7,4 ts ning põhusaak vastavalt 6,3 ja 7,8 ts võrra.

Haljasväetiste mõju ei piirdu ainult järgneva kultuuriga, vaid kestab keskmiselt 4...5 aastat. Tuntud haljasväetiste eriteadlane E. Aleksejev hindab lupiini keskmiste normide (20...25 t/ha) kogumõju keskmise viljakusega muldadel 10 ts-sü-le hektarilt.

Haljasväetised avaldavad mõju kõigile olulisematele mulla keemilistele, füüsikalistele ja füüsikalise-keemilistele omadustele. Hinnatavam on seejuures haljasväetiste mõju mulla huumusesisaldusele, sest selle tõusuga on seotud mulla struktuuri paranemine ja üldlämmastikusisalduse tõus. Novozõbkovi katsejaama liivmuldadel, kus 6 aasta jooksul kasutati lupiini haljasväetiseks, tõusis

huumusesisaldus 0,48% -lt 0,69% -le. E. Reppo andmetel suurenes vastupidavate mullaagregaatide sisaldus valge mesika mõjul 27...28% -lt 51...58% -le. Paraneb ka muldade vee- ja neelamis- mahutavus. Haljasväetiste toime suureneb liivmuldade sidusus ja intensiivistub taimetoitainete bioloogiline neeldumine, mis pidur- dab mineraliseerumisprotsessis vabanevate toitainete väljaleostu- mist. Savimuldade sidusus haljasväetiste toime väheneb ja vee- läbilaskvus paraneb.

#### 4.9.1. TÄHTSAMAD HALJASVÄETISKULTUURID EESTI NSV-s, NENDE KASVATAMINE JA KASUTAMINE

Haljasväetiseks kasutatavad kultuurid ehk haljasväetiskultuu- rid jagunevad kahte rühma: 1) liblikõielised — valge mesikas, hulgalehine lupiin, ahtalehine lupiin, kollane lupiin, pelusk, vikk jt. ning 2) mitteliblikõielised — talirukis, kaer, tatar, sinep jt.

Suurema tähtsusega on liblikõielised haljasväetiskultuurid, sest nendel on tugevam juurestik ja nad rikastavad mulda läm- mastikuga tänu sümbioosile mügarbakteritega. Liblikõielised hal- jasväetiskultuurid seovad mügarbakterite kaasabil õhulämmas- tikku (keskmiselt 150...200 kg/ha), mistõttu paraneb järelkul- tuuride toitumine lämmastikuga.

Sügavajuureliste haljasväetiskultuuride (valge mesikas, lupii- nid) juurestik, millel on suur toitainete omastamise võime, trans- pordib alumistest mullakihtidest toitaineid künnikihti, parandades madalajuureliste järelkultuuride toitumistingimusi.

Haljasväetiskultuuride kasvatamise ja kasutamise viisid on järgmised.

1. Kasvatamine iseseisva põhikultuurina. Haljasväetiskultuur kasvab põllul peaaegu kogu vegetatsiooniperioodi vältel. Näiteks üheaastased lupiinid (ahtalehine ja kollane lupiin), pelusk ja ka katteviljata valge mesikas külvatakse kevadel ja küntakse augus- tikuu esimesel dekaadil mulda haljasväetiseks taliviljadele või septembri lõpul, oktoobri algul järgmise aasta suviljadele.

2. Kasvatamine eel-, järel- või vahekultuurina. Uhe vegeta- siooniperioodi kestel kasvatatakse põllul nii haljasväetiskultuuri kui ka samal vegetatsiooniperioodil saaki andvat põhikultuuri, kusjuures haljasväetiskultuuri kasvatatakse põhikultuuri eel, järel või kahe põhikultuuri kasvatamise vaheperioodil. Eesti NSV-s pole haljasväetiskultuure eel- ja vahekultuurina võimalik kasvatada, sest vegetatsiooniperiood on selleks liiga lühike. Võimalik on aga küll peluski, viki, üheaastaste lupiinide, kaera, sinepi jt. kasvata- mine järelkultuurina haljasrukki, haljassegatise, varase kartuli, varase kapsa jt. varakult koristatavate kultuuride järel. Ka niis- kustingimused on sel ajal tavaliselt haljasväetiskultuuride kül- viks soodsad.

3. Külvamine kattevilja alla. Haljasväetiskultuur külvatakse kattevilja (tavaliselt teravilja) alla ja ta kasvab peamiselt pärast kattevilja koristamist. Meil külvatakse kattevilja (tavaliselt odra) alla valge mesikas või hulgalehine lupiin, haljasväetiseks küntakse need mulda tavaliselt alles järgmise aasta suvel või sügisel.

4. Kasutamine niite-haljasväetisena. Haljasväetiskultuuri kasvatatakse väljaspool külvikorda, selle haljasmass veetakse teistele põldudele ning küntakse seal mulda. Selliselt võib kasvatada meil mitmeaastast hulgalehist lupiini. Suure töömahu tõttu leiab see viis piiratud kasutamist.

5. Ädal-haljasväetise kasutamine. Väetiseks küntakse mulda haljasväetiskultuuri ädal, esimene niide koristatakse varem loomasöödaks. Selleks kasutatakse meil enamasti valget mesikat, mis on eelmisel aastal kattevilja alla külvatud. Ka kollast söödalupiini saab kahesuunaliselt rakendada. Ädal-haljasväetise kasutamist tuleb meie oludes pidada üheks kõige perspektiivsemaks viisiks, sest nagu näitavad katsed, ei jää ädal-haljasväetise efektiivsus oluliselt maha isegi põhikultuurina kasvatatud haljasväetisest.

Valge mesikas (*Melilotus albus*). Haljasväetiseks kasutatavatest kultuuridest on ta Eesti NSV-s suurima tähtsusega. Valgel mesikal on kõik haljasväetiskultuurile vajalikud omadu-



Joonis 12. Valge mesikas õitsemise järgus. (K. Kermi foto.)

sed: suhteline vähenõudlikkus mullastiku- ja kliimatingimuste suhtes, kõrge haljasmassisaak (keskmiselt 200 ts/ha), hea õhulämmastiku sidumise võime, sügavale ulatuv tugev juurestik, õigeaegse esimese niitmise korral (enne õitsemist) hea ädalakasv, kõrge ja kindel seemnesaak (8...10 ts/ha), väike külvinorm (25...30 kg/ha) ja haljasmassi kõlblikkus loomasöödaks.

Valge mesikas külvatakse enamasti odra alla, kuid võib külvata ka katteviljata puhaskülvis. Seemet tuleb külvata 25...30 kg/ha, 1...2 cm sügavusele. Kattevilja alla on kõige sobivam külvata siis, kui oras on 3...4. lehe faasis, puhaskülvis aga esimesel külvivõimalusel.

Kattevilja alla külvamisel leiab mesikas tavaliselt kasutamist teisel kasvuaastal. Enamikus on soovitatav siis koristada esimene niide pungumise faasis (juuni I...II dekaad) siloks 18...20 cm kõrguselt, nii et varrekontsule jääks lehti ja lehepungi. Ädal künatakse mulda juuli lõpul või augusti algul taliviljade väetamiseks, või septembri lõpul — oktoobri algul järgmise aasta kultuuride, eeskätt kartuli väetamiseks. Kattevilja alla külvatud mesika võib ka pärast kattevilja koristamist koos kattevilja põhuga mulda künda. Saksa Demokraatlikus Vabariigis on põhu sissekündmine koos allakülvatud liblikõielisega osutunud üheks efektiivsemaks põhu väetiseks kasutamise viisiks.

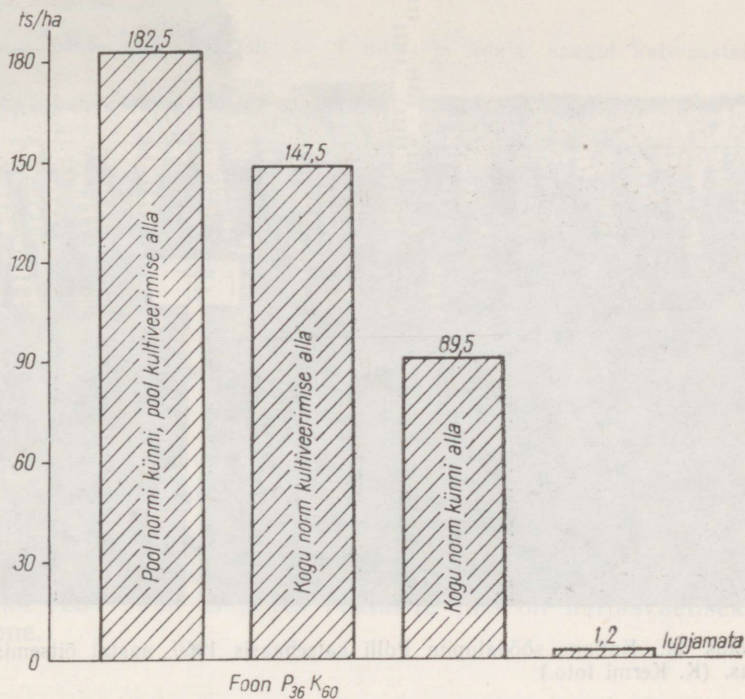
Puhaskülvis kasvatamise korral künatakse mesikas mulda enamasti juba esimesel kasvuaastal kas taliviljade või järgmisel aastal külvatavate suviljade väetamiseks.

Valge mesika kasvatamisel tuleb teiste agrotehniliste nõuete kõrval eriti arvestada kolme bioloogilist iseärasust. Esiteks, valge mesikas on tundlik mulla happesuse suhtes, eriti kasvu algperioodil. Seepärast on happelisi muldi tingimata tarvis eelnevalt lubjata. Nagu katsed on näidanud, on tähtis ülemise 0...5 cm-lise mullakihi, nn. idanemiskeskonna lupjamine (joonis 13). Seepärast tuleb lubiväetised anda mesikale künnikihi poole hüdrolüütilise happesuse ulatuses kultiveerimise või äestamise alla. Rahuldavaid kuni häid tulemusi võib saada ka lubiväetise väikeste koguste andmisel koos seemnega või vahetult seemne lähedusse üheaegselt seemne külviga.

Teiseks, valge mesika seeme tuleb happelistel muldadel kasvatamisel alati ja neutraalsetel muldadel esmakordsel kasvatamisel tingimata inokuleerida mesika nitragiiniga.

Kolmandaks, et valge mesikas saaks koguda oma juurtesse küllaldaselt toitaineid ja talvituks hästi, selleks tuleb kattevilja koristada võimalikult vara (soovitatav augustis) ning mitte madalamalt kui 15...18 cm. Mesikataimedele peab jääma veel küllaldaselt lehepungi ja lehti.

Hulgalehine lupiin (*Lupinus polyphyllus*) on mitmeaastane kindla seemnesaagiga (8...10 ts/ha), väikese külvinormiga (45...50 kg/ha) ja mulla happesuse suhtes vähese tund-



Joonis 13. Valge mesika haljasmassisaagid sõltuvalt lubiväetise muldaviimise viisist.

likkusega taim. Kasvab hästi ka kergetel muldadel. Ta on kohane haljasväetiskultuur Kesk- ja Lõuna-Eesti happelistel muldadel.

Et hulgalehise lupiini seemne kest on kõva ega lase kergesti vett läbi, tuleb seemet enne külvi skarifitseerida (hõõruda liivaga või klaasipuruga puhtimisaparaadis). Esmakordse kasvatamise korral on tarvis seeme külvi eel lupiini nitragiiniga inokuleerida. Külvata tuleb liivsavidel 1,5...2 cm, liivadel ja saviliivadel 2...3 cm sügavusele ning kuiva mulla korral ka rullida. Hulga-lehist lupiini võib meie tingimustes külvata kolmel viisil.

1. Külvata kevadel suviteravilja (soovitav odra) alla. Sellisel juhul võib lupiini teisel aastal kasutada väetiseks taliviljadele või viia mulda sügiskünniga järgmisel aastal külvatavatele kultuuridele.

2. Külvata kevadel katteviljata, s. o. kasvatada põhikultuurina. Lupiinil on siis paremad kasvutingimused ja tema saagikus on kõrgem. Selline kasvatamisviis on otstarbekas põldudel, mida tahetakse kiiresti kultuuristada.

3. Külvata sügisel võimalikult hilja, esimeste külmade tulekul,



Joonis 14. Kollane söödalupiin Polli katsebaasis 1960. aastal õitsemise järgus. (K. Kermi foto.)

rukki alla, jättes seemne pinnale. Seeme idaneb järgmisel kevadel vara, taimed arenevad kiiresti ja lupiini võib juba isegi sama aasta sügisel sisse künda.

Kasvukohal sisseküündmise kõrval sobib hulgalehist lupiini kasvatada ka niitelise haljasväetiskultuurina hulk aastaid samal kohal, näiteks aedade ja puukoolide väetamiseks.

Ahtalehine lupiin (*Lupinus angustifolius*) ja kollane lupiin (*Lupinus luteus*) on üheaastased. Isegi nende kõige varasemad sordid ei anna Eestis igal aastal seemet, seetõttu on nende regulaarne kasvatamine meil võimalik Valgevenest või Ukrainast sissetoodava seemne baasil. Et meil on aga happelistele muldadele sobiv haljasväetiskultuur — hulgalehine lupiin — olemas, pole otstarbekohane üheaastaste lupiinide seemet haljasväetiseks kasvatamiseks sisse vedada. Küll aga tuuakse meile Valgevene NSV-st kollase söödalupiini seemet, mis leiab Lõuna-Eesti happelistel kergetel muldadel kasvatamist haljassööda- ja silokultuurina.

Kollast söödalupiini võib kasutada ka kahesuguselt: koristada esimene niide noores arenemisjärgus, tavaliselt õitsemise algul 12...15 cm kõrguselt (et vartele jääks lehti ja pungi) haljassöödaks või sileerida, kasvav ädal künda augusti algul mulda tali-

TABEL 31

Söödalupiini «Böstrorastuštšii 4» I niite ja ädala saagid katseaastate (1960, 1963, 1964) keskmisena (ts/ha)

Taimede arengu- järg koristamisel	I niide		Ädal	
	haljas- mass	kuivaine	haljas- mass	kuivaine
Täispungumise faas	153,7	16,9	179,1	24,1
Õitsemise algus	195,3	22,8	140,2	17,9
Täisõitsemise faas	258,9	31,7	50,4	3,8
Kaunaalgete moodus- tumise faas	309,5	41,6	—	—

teravilja väetamiseks või septembri lõpul — oktoobri algul järgneva aasta rühvelkultuuride väetamiseks. Viimasel juhul on ädala-  
saak 2 korda kõrgem, mistõttu seda tuleb ka eelistada.

Polli katsebaasis saadud andmetest (tabel 31) võib järeldada, et esimese niite varasema koristamise korral on kollase lupiini ädalasaak 100...140 ts piires hektarilt, mis on haljasväetiseks küllaldane.

### Kordamisküsimusi

1. Kas bakterväetisteks nimetatud preparaadid on otseselt taimetoitelementide allikaks? Milles seisneb nende saakitõstva toime olemus?

2. Milles seisneb nitragiini ja asotobakteriini toime erinevus?

3. Kas lupiinile ja mesikale võib kasutada sama nitragiini?

4. Miks tuleb seemneid nitraginiseerida päikese eest varjatult?

5. Mida nimetatakse haljasväetiseks? Mida nimetatakse haljasväetiskultuuriks?

6. Millega on seletatav haljasväetise järeloime?

7. Milliseid viise võib rakendada haljasväetiskultuuride kasvatamisel?

8. Millised on valge mesika kui haljasväetiskultuuri positiivsed küljed?

9. Milliseid lupiine Eestis kasvatatakse ja mis otstarbeks?

## 5. VÄETUSTÖÖDE MEHHANISEERIMINE

Väetustööde (väetise peenestamise, segamise, laadimise, veo, külvamise ja laotamise) mehhaniseerimise eesmärgiks on 1) kaotada raske füüsiline töö ja parandada töötingimusi; 2) parandada väetise külvamise, laotamise ja muldaviimise kvaliteeti; 3) vähendada tööjõu vajadust ja tõsta tööviljakust ning 4) alandada toodetavate saaduste omahinda.

Kaasajal on ülesandeks väetustööd mehhaniseerida komplekselt, s. t. kõrvuti põhitööde (näit. mineraalväetise külvi) mehhaniseerimisega mehhaniseerida ka abitööd (näit. mineraalväetise külvikusse laadimine). Väetustööde kompleksse mehhaniseerimise majanduslik efektiivsus on väga kõrge. Nii on näiteks 120 tonni patareides asuva orgaanilise väetise hobuveokitele käsitsi pealelaadimiseks, veoks, mahalaadimiseks ja laotamiseks ühe vahetuse (7 tunni) jooksul vaja ligikaudu 40 töölist ja 25 hobuveokit. Sama töö teevad vahetuse jooksul 4 mehhanisaatorit, kellest üks töötab tõstuki ja 3 orgaanilise väetise laotajatega. Võrreldes käsitsitööga, tõuseb tööviljakus komplekselt mehhaniseeritud töö käesoleval juhul 10...11-kordselt, kulud aga vähenevad 1,8-kordselt.

Väetustööde kompleksseks mehhaniseerimiseks on välja tööta-

Väetustööde tehnoloogia põhivariantide skeem

Tööoperatsioonid	Hoidlastveokile laadimine	Vedu	Põllule laadimine	Külvi- masina laadimis- seadmes- se laadi- mine	Külvi- masi- nasse (laota- jasse) laadi- mine	Külv (laota- mine)
I	0	0				0
II	0	0			0	0
III	0	0		0	0	0
IV	0	0	0		0	0
V	0	0	0			0

tud mitmesugustest masinatest koosnev väetusmasinate süsteem. Ühe või teise masina kasutamine sõltub rakendatavast väetustööde tehnoloogiast. Eristatakse väetustööde tehnoloogia viit põhivarianti (vt. skeem). Mineraalväetise andmisel kasutatakse I...IV varianti. Orgaanilise väetise andmisel rakendatakse I, II, IV ja V varianti. Kõrgemat tööviljakust võimaldavad sellised tehnoloogiad, kus masinate kasutamine tööde kogu tehnoloogilises ahelas (II ja III variant) või selle teatud osas (IV variandi lõpulülid) rajaneb töö vooluliinilise organiseerimise põhimõtetel. See eeldab töö organiseerimise progressiivsete vormide (grupiviisiline töö) rakendamist.

## 5.1. VÄETISE PEENESTAMINE, SEGAMINE, LAADIMINE JA VEDU

**Väetise peenestamine.** Paatunud mineraalväetise peenestamiseks kasutatakse peenestit ИСУ-4, mida saab rakendada kahel viisil. Ühel juhul riputatakse peenesti 0,6- või 1,4-tonnise veojõuklassi traktori rippmehhanismile ja käitatakse traktori jõuvõtuvõllilt. Teisel juhul peenesti käitatakse 7-kW elektrimootori abil. Peenesti põhisõlmedeks on raam, punker, kolu, peenesusaparaat, reduktor ja ajam. Masina tootlikkus ulatub kuni 6 t/h. Väetis laaditakse 0,5-kuupmeetrisse mahuga punkrisse traktorilaadija või transportööriga.

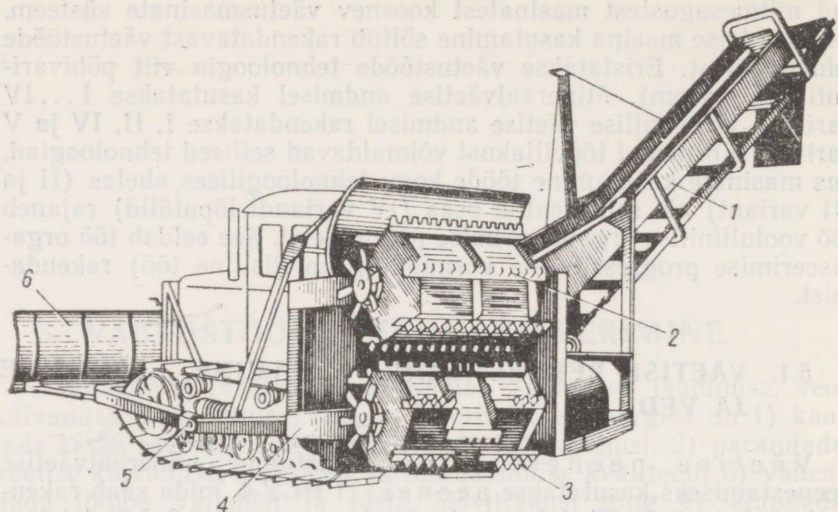
Mineraalväetise peenestamiseks kasutatakse ka majandite rationaliseerijate poolt valmistatud mitmesuguseid trummel-tüüpi peenesteid.

**Väetiste segamine.** Eri liiki mineraalväetisi võib segada mitmel viisil. Üheks lihtsamaks võtteks on väetiste segamine hoidlast veokile laadimisel. Selleks viiakse eri väetised transportööri abil väetisehoidla otsas või külje peal asuvasse laadimispunkritesse, kust need ühineva torujuhtme kaudu isevoolu teel punkrite all asuvasse veokisse laaditakse. Segatavate väetiste vahetorda reguleeritakse siibrite abil.

Mineraalväetiste segamiseks võib kasutada mitmesuguseid granulaatoreid ja betoonisegisteid. Väetiste ühtlasel pideval etteandmisel sobib segamiseks ka peenesti ИСУ-4.

Mineraalväetiste segude valmistamiseks ja veokisse või külvi-  
masinasse laadimiseks nii hoidlas kui ka põllul on mõeldud seade  
УСУ-20, mis monteeritakse traktori-järelvankrile 1-ПТС-3. Seade  
agregateeritakse 1,4-tonnise traktoriga ning käitatakse traktori  
jõuvõtuvõllilt. Seadme tootlikkus on kuni 20 t/h, punkri maht  
2,8 m<sup>3</sup> ja laadimiskõrgus 2,8 m.

**Segajataadijat** СПУ-40М (joonis 15) kasutatakse orgaanilise ja mineraalväetise segamiseks, kompostide valmistamiseks ja nende teisaldamiseks või veokile laadimiseks. Segaja-



Joonis 15. Väetiste segaja-laadija CPV-40M:

1 — kett-liisttransportöör; 2 ja 3 — freestruumlid; 4 — raam; 5 — põiktaia; 6 — buldooser.

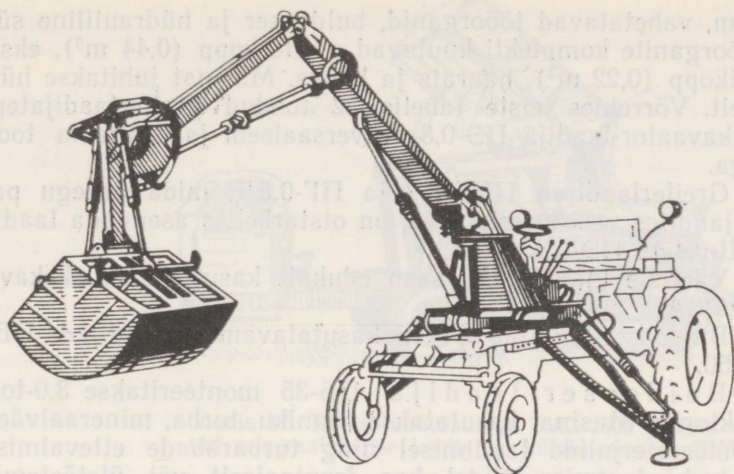
laadija komplektis universaalse buldooseriga ЛБУ-3 on rippagregaat, mis monteeritakse 3,0-tonnisele traktorile ДТ-54А. Väetised peenestatakse freestruumlite abil, segatakse ja suunatakse transportöörile, mis laadib väetisegu soovitavasse kohta. Masinat juhitakse hüdrosüsteemi abil. Freestruumlid ja transportöör käitatakse traktori jõuvõtuvõllilt. Segaja-laadija tootlikkus on kuni 40 t/h ja laadimiskõrgus kuni 3,15 m.

Orgaanilisi ja mineraalväetisi võib segada ka mitmesuguste buldooserite ja mullakühvlitega.

Väetise laadimine majandis toimub väetisehoidla või karjafarmi juures, kus väetis harilikult veokile laaditakse, ja väetataval kõlvikul, kus väetis väetiskülvimasinatesse laaditakse. Laadimisvahenditena sobivad 1) universaalsed greifer- ja buldoosertööorganitega traktorlaadijad, 2) ekskavaatorid, 3) spetsiaalsed laadijad, 4) mitmesugused transportöörid ja 5) laadimis-punkrid.

Greiferlaadijatest (tabel 32) on end hästi õigustanud laadijad ПШ-0,4 ja ПЭ-0,8.

Greiferlaadija ПШ-0,4 (joonis 16) monteeritakse 0,6-tonnisele šassiitraktorile Т-16 või Т-16М sõnniku, turba, mineraalväetiste ja teiste puiste ning tükkmaterjalide laadimiseks. Laadija põhisõlmedeks on pöörämismehhanism, hüdraulilised tugikäpad, alumine ja ülemine nool, noolte silindrid, greifermehhanism, vahetatavad tööorganid ja hüdrauliline süsteem. Tööorga-



Joonis 16. Greiferlaadija ПIII-0,4.

nite komplekti kuuluvad greiferkopp (0,3 m<sup>3</sup>), universaalne haarats ja pidemega konks. Masinat juhitakse hüdrauliliselt.

Ekskavaator-laadija ПЭ-0,8 monteeritakse 1,4-tonnise traktori MT3-5 modifikatsioonidele. Masina põhisõlmedeks on raam, samm, hüdraulilised tugikäpad, nooled, greifermehha-

TABEL 32

Enam kasutatavate greifertööorganitega laadijate lühike tehniline iseloomustus

Näitajad	ПМГ-0,2	ПIII-0,4	ПГ-0,5Д	ПЭ-0,8
Agregateeritakse traktoriga	ДТ-20	T-16	MT3-5	MT3-5
Tõstejõud kG	200	400	500	800
Tootlikkus t/h	20...25	18...25	<50	<100
Laadimiskõrgus m	2,6	3,6	2,3...3,3	3,6
Tööorganid:				
maksimaalne väljaulatus				
horisontaaltasapinnas m	3,0	4,0	3,7	4,0
maksimaalne haardesügavus m	1,4	2,0	1,5...2,5	2,5
Noole pöördnurk kraadides	180	230	280	280
Laadimistsükli kestus sek.	14...17	30...40	30...40	15...20

nism, vahetatavad tööorganid, buldooser ja hüdrauliline süsteem. Tööorganite komplekti kuuluvad greiferkopp (0,44 m<sup>3</sup>), ekskavaatorikopp (0,22 m<sup>3</sup>), haarats ja konks. Masinat juhitakse hüdrauliliselt. Võrreldes teiste tabelis 32 toodud greiferlaadijatega, on ekskavaator-laadija ПЭ-0,8 universaalsem ja suurema tootlikkusega.

Greiferlaadijad ПМГ-0,2 ja ПГ-0,5Д, mida praegu paljudes majandites veel kasutatakse, on otstarbekas asendada laadijatega ПШ-0,4 ja ПЭ-0,8.

Väetiste laadimiseks saab edukalt kasutada ka ekskavaatorit Э-1514А.

Buldooser-laadijatest on kasutatavamad laadijad ПБ-35 ja Т 150.

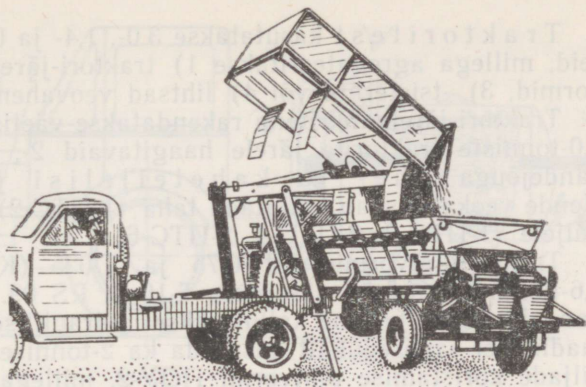
Buldooser-laadija ПБ-35 monteeritakse 3,0-tonnisele traktorile. Masinat kasutatakse sõnniku, turba, mineraalväetise jt. puistematerjalide laadimisel ning turbarabade ettevalmistamise ja turba tootmise töodel kas frontaalselt või ületõstemetodil. Laadija põhisõlmedeks on kopp, hüdrocilindrid, taga- ja külghoovad, põiktugi ja tõstenool. Masinat juhitakse hüdrauliliselt. Agregaadi tootlikkus on üle 50 t/h, tõstejõud 1500 kG, laadimiskõrgus 2,0...2,3 m.

Laadija Т 150 kuulub šassiitraktori RS 09 masinate komplekti. Masinaga laaditakse frontaalselt sõnnikut, mineraalväetist, sööta jt. materjale. Laadija põhisõlmedeks on kandur, hoideplaat, tõstepoom, 2 hüdrocilindrit, vahetatavad tööorganid, vastukaal ja hüdrauliline süsteem. Tööorganite komplekti kuulub 9 erinevat tööorganit. Sõnniku laadimiseks kasutatakse suurt buldooserkoppa, suurt laadimiskoppa ja haaratsiga varustatud väikest laadimiskoppa. Mineraalväetise laadimiseks sobib väike buldooserkopp (mullakühvel). Laadija tõstejõud on kuni 200 kG ja laadimiskõrgus kuni 3,0 m.

Buldooser-tööorganitega laadijatest kasutatakse väetiste laadimiseks veel 1,4-tonnise traktoriga agregateeritavat universaalset saovedajat КVН-10.

Spetsiaalsete laadijatena leiavad kasutamist eespool nimetatud segaja-laadija СПУ-40М, autodele monteeritavad laadijad 3СА-40 (autol ГА3-53) ja АС-2УМ (autodel ГА3-51 ja ГА3-51А) ning akutõstuk 4004А. Autolaadijatega on otstarbekas mineraalväetise külvimasinaid täita põllul, kus töö on korraldatud mitme agregaadiga grupiviisiliselt, või kus ühes agregaadis on mitu külvimasinat. Autolaadijaid kasutatakse ka seemnevilja külvimasinasse laadimiseks ja samaaegseks puhtimiseks (АС-2УМ), samuti väetise ning seemnevilja põllule veoks. Autolaadijate kandjõud on kuni 3 t ja tootlikkus kuni 40 t/h. Akutõstukit 4004А kasutatakse hoidlas kottides asuva väetise laadimiseks (platvorm mahutab 12 kotti).

Transportööre rakendatakse eelkõige hoidlates nii puistes kui



Joonis 17. Kallur-laadurautoga CA3-2500 põllule vee-  
tud mineraalväetise laadimine külvimasinasse PVM-3.

ka kottides oleva mineraalväetise teisaldamiseks või veokisse laadimiseks.

Laadimispunktid leiavad kasutamist nii puisteväetise hoidlast väljastamisel kui ka põllul külvimasinatesse laadimisel. Viimasel juhul asuvad laadimispunktid veokil või spetsiaalsel alusel. Neid kasutatakse ka seemnekartuli mahapanemismasinatesse laadimiseks.

Väetise vedu toimub autode ja traktoritega. Veokaugustel üle 1...2 km eelistatakse autosid. Lühematel veokaugustel ja raske läbitavuse korral osutuvad otstarbekamaks aga traktorid.

Autodest kasutatakse 1) platvorm-veoautosid, 2) kallur-, 3) kallur-laadur-, 4) tsistern- ja 5) laadimisõadmega varustatud autosid (autolaadijaid).

2,5...5,5-tonnise kandevõuga platvorm-veoautode (ГАЗ-51А, ГАЗ-53А, ЗИЛ-130 jt.) rakendamine õigustab end eelkõige mineraalväetise veol, kui väetis laaditakse autodele kottides ja konteinerites või puistena autol asuvasse laadimispunktitesse.

2,25...5-tonnise kandevõuga kallur- (ГАЗ-93Б, ГАЗ-53Б, ЗИЛ-ММЗ-555 jt.) ja 2,1...3,2-tonnise kandevõuga kallur-laadurautod (CA3-2500, CA3-3502) on aga kõige sobivamad orgaanilise ja puistes asuva mineraalväetise veol. Eriti otstarbekad on kallur-laadurautod, sest nendega saab veokasti hüdraulilise tõstmise ja tahakallutamise teel väetist otse põllul asuvasse väetiskülvimasinasse laadida (joonis 17).

2000-liitriise mahutavusega tsisternautot (АЦ-2-51А), mille tsistern on monteeritud auto ГАЗ-51А šassiile, kasutatakse vedelväetise veoks. Auto ГАЗ-63 šassiile monteeritud seadet АНЖ-2 rakendatakse virtsa veoks.

Traktoritest kasutatakse 3,0-, 1,4- ja 0,6-tonniseid traktoreid, millega ägregateeritakse 1) traktori-järelvankreid, 2) -platvormid, 3) -tsisternid või 4) lihtsad veovahendid.

Traktori-järelvankritena rakendatakse väetiste veol 0,6-, 1,4- ja 3,0-tonniste traktorite järele haagitavaid 2-, 3-, 4- ja 6-tonnise kandejõuga ühe- ja kahe teljelisi järelvankreid. Nende veokasti saab kallutada taha (1-ПТС-2) või taha ja kahele küljele (1-ПТС-3, 2-ПТС-4, 2-ПТС-6).

Traktoriplatvormid ПН-0,75 ja Т025 (КА1) monteeritakse 0,6-tonnistele šassiitraktoritele Т-16 ja RS 09. 0,9- ja 1,1-tonnise kandejõuga platvormi kallutatakse hüdrauliliselt. Väetiste veol ja laadimisel saab edukalt kasutada ka 2-tonnise kandejõuga köögiviljade koristamise platvormi ПОВ-2, millega töötatakse samal põhimõttel kui kallur-laadurautoga САЗ-2500.

Traktori-virtsalaotajaid ЗЖВ-1,8 ja РЖ-1,7A rakendatakse virtsa ja vedelate mineraalväetiste veoks.

Lihtsamad veovahendid — traktoriplaadid ja -kelgid — sobivad eelkõige orgaanilise väetise veoks talvel.

Sageli veetakse väetis põllule sõnnikulaotajate ja suurema kandejõuga mineraalväetise külvimasinatega.

Veokite paremaks kasutamiseks moodustatakse auto- ja traktori-järelvankrite abil auto- ja traktorironge.

## 5.2. PÕHIVÄETAMINE

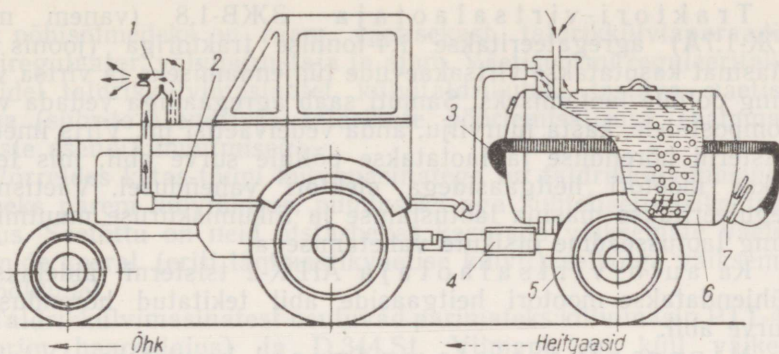
Orgaanilise väetise andmisel kasutatakse: 1) järelvankrid-sõnnikulaotajaid ja laotusseadmetega varustatud järelvankreid, 2) ripp-sõnnikulaotajaid ja 3) traktori- ning autotsisterne-virtsalaotajaid.

Järelvankrid-sõnnikulaotajad ППТУ-2,0А, ППТМ-

TABEL 33

Järelvankrite-sõnnikulaotajate lühike tehniline iseloomustus

Näitajad	ППТУ-2,0А ППТМ-2,0А	ТУП-3,0А	1-ПТУ-3,5
Kandejõud kG	2000	3000	3500
Kasti mahtuvus m <sup>3</sup>	2,2...2,3	2,8	3,2
Laadimiskõrgus m	1,50	1,52	1,59
Laotamislaius m	3...4	3...4	3...4
Laotamisnormi reguleerimise ulatus t/ha	2...50	2,6...80	<80
Tootlikkus ha/h	<0,6	<0,8	<0,8



Joonis 18. Traktori-virtsalaotaja 3ЖБ-1,8:

- 1 — eektor; 2 — torustik; 3 — imivoolik; 4 — raam; 5 — käiguosa; 6 — tsistern;  
7 — siiber.

2,0A, ТУП-3,0А ja 1-ПТУ-3,5 (tabel 33) agregateeritakse harilikult 1,4-tonnise traktoriga ning käitatakse jõuotuvõllilt. Nendega veetakse ja laotatakse sõnnikut, väetusturvast, komposti, ka mineraalväetist ja lubimaterjali ning transporditakse mitmesuguseid põllumajandussaadusi. Sõnnikulaotajate põhisõlmedeks on raam, käiguosa, veokast, reduktorid, kardaanvõll, transportöör ja laotusseade. Laotamisnormi reguleeritakse transportööri ja traktori liikumis- ning laotusbiitrite pöörlemiskiiruse muutmisega. Tabelis toodud laotajatest on parim 1-ПТУ-3,5, sest see on hea töökindluse ja suure kandejõuga. Teised laotajad on vähem efektiivsed ning need on otstarbekas asendada laotajaga 1-ПТУ-3,5.

Sõnnikulaotajate kasutamise efektiivsus on suurim, kui veokaugus on väike, nagu see on sõnniku laialivedamisel ja laotamisel põllule veetud patareidest. Sel juhul kuulub mehhaniseeritud töögrupp 1 laadija ja 2...5 laotajat. Õigustatud on väetiselaotajaga vedu ka suurematel veokaugustel, kuid mitte üle 3 km.

Järelvankritest-sõnnikulaotajatest suurema tootlikkusega (4...5 ha/h) on ripp-sõnnikulaotaja PYH-15A, mis agregateeritakse 3,0-tonnise traktoriga. Laotaja põhisõlmedeks on vaalumoodustaja ja selle tõstemehhanism, aktiivne tööorgan, rootortüüpi laotusseade ja ajam. Vaalumoodustaja riputatakse traktori ette ja selle ülesandeks on põllule kallutatud 1...2-tonnistest väetisekuhilatest moodustada pidev vaal, mis laotatakse laiali traktori taha riputatud laotusseadmega. Laotamislaius on 15...20 m ja laotamisnorm 15...60 t/ha.

Orgaanilise väetise veoks ja laotamiseks sobivad ka 2- ja 3-tonnise kandejõuga üheteljelised traktori-järelvankrid, kui neile monterida laotusseade.

Traktori-virtsalaotaja 3ЖБ-1,8 (vanem mudel ПЖ-1,7А) agregateeritakse 1,4-tonnise traktoriga (joonis 18). Masinat kasutatakse virtsakaevude tühjendamiseks ja virtsa veoks ning põllule laotamiseks. Samuti saab agregaadiga vedada virtsa kompostidele, kasta juurvilju, anda vedelväetisi jm. Virts imetakse tsisterni hõrenduse ja laotatakse põllule surve abil, mis tekitatakse mootori heitgaasidega ejektori vahendusel. Väetisnormi reguleeritakse masina laotuslaiuse ja liikumiskiiruse muutmisega ning laotusseadme otsikute vahetamisega.

Ka auto-virtsalaotaja АНЖ-2 tsisterni täidetakse ja tühjendatakse mootori heitgaaside abil tekitatud hõrenduse ja surve abil.

Mineraalväetiste andmisel kasutatakse 1) taldrika ja ketastööorganitega traktori-külvimasinaid, 2) mineraalväetiste laotusseadmega varustatud järelvankreid-sõnnikulaotajaid, 3) auto-külvimasinaid ja 4) lennukeid.

Taldrik-tüüpi mineraalväetise külvimasinad PTT-4,2, СТН-2,8, СТШ-2,8 ja D 344 St (tabel 34) agregateeritakse ratastraktoriga, sealhulgas kaks viimast šassiitraktoriga. Külvimasin PTT-4,2 on haake-, ülejäänud aga rippmasinad. Külvimasi-



Joonis 19. Mineraalväetise külvimasin D 344 St kompleksagregaadis vaheltharimiskultivaatoriga P 420:

1 — külvik; 2 — kultivaator.

nate põhisõlmedeks on raam, väetisekast, taldrikkülviaparaadid, külviregulaator, võlvipurustaja ja ajam. Väetisnormi reguleeritakse kõikidel taldrikkülvimasinate külvitaldrikutele lastava väetisehulga (siibrite asendi) ja taldrikute pöörlemiskiiruse (hammasrataste asendi) muutmisega.

Võrreldes ketas-tüüpi külvimasinatega on taldrikkülvimasinate eeliseks parem külviühtlus, puuduseks aga suhteliselt väike tootlikkus. Seetõttu on neid otstarbekas kasutada väiksemate väetisnormide korral (eriti lämmastikväetise külvil) eelkõige väiksematel põldudel.

Taldrikkülvimasinatest osutuvad parimateks külvimasin PTT-4,2 (suurim haardelaius) ja D 344 St. Viimane on küll väikese haardelaiusega, kuid külvikut saab kasutada kompleksagregaadis vaheltharimiskultivaatori, karjamaaäkke jt. riistadega (joonis 19).

Ketas- (tsentrifugaal-) tüüpi mineraalväetise külvimasinatest on PYM-3 ja PBIJ-3,5 (tabel 34) suure kandejõu ja kõrge tootlikkusega masinad, millega saab vedada ja külvata nii mineraal- kui ka lubiväetisi. Külvimasin PYM-3 on ehitatud 3-tonnise üheteljelise traktori-järelvankri baasil. Põhisõlmedeks on šassii, väetisekast, kett-liisttransportöör, doseerimisseade, väetisejagajad, laotusseade, tuulekaitseseade ja ajam. Väetisnormi reguleeritakse doseerimisseadme väljakülvipilu ja transportööride liikumiskiiruse muutmisega. Külvimasin PBIJ-3,5 erineb külvimasinast PYM-3 põhiliselt selle poolest, et esimesel antakse väetis laotusseadmele mitte kett-liist-, vaid vibrotransportööriaga. Mahukas väetisekast võimaldab väetise külvimasinasse laadimisel rakendada mitmesuguseid laadijaid. Nimetatud külvimasinaid on otstarbekas kasutada suuremate väetisnormide korral eelkõige suurematel põldudel.

Ketaskülvimasinad PY-4 ja HPY-0,5 on rippmasinad. Nende põhisõlmedeks on raam, väetisepunker, laotusseade, külviregulaator, doseerimisseade, võlvipurustaja, tuulekaitseseade ja ajam. Külvimasinat HPY-0,5 iseloomustab omapärane etteandeparaat, mis ühtlasi peenestab väiksemaid paatunud väetisetükke. Väetisnormi reguleeritakse rippkülvimasinate väljakülvipilu suuruse ja etteandeparaadi liikumiskiiruse muutmisega. Väetisnorm sõltub ka agregaadi liikumiskiirusest ja haardelaiusest. Rippkülvimasinatega on võimalik töötada suurematel kiirustel. Väetispunkri sagedasele täitmisele kuluvat aega saab vähendada, kui kasutada laadimispunkteid. Hea manööverdamisvõime ja küllaldane tootlikkus lubab rippkülvimasinaid edukalt kasutada nii väikestel kui ka suurtel põldudel.

Ketaskülvimasinatest leiab rakendamist veel haakemasin D 023, mis agregateeritakse 0,6- ja 1,4-tonnise traktoriga.

Mineraal- ja lubiväetiste laotusseade PKM-500 monteeritakse järelvankrile-sõnnikulaotajale ТУП-3А või 1-ПТУ-3,5. Väetis antakse laotusorganisse — kummirõngasse, mille pöörlemisel

## Mineraalväetiste külvimasinate tehniline iseloomustus

Näitajad	PTT-4,2	CTH-2,8	D 344 S1	PBLI-3,5	PYM-3	HPY-0,5	PV-4
Külvimasin agregateeritakse traktoriga veojoukklassist ... t	0,6; 1,4*	0,6; 1,4*	0,6	1,4	1,4	1,4	0,6; 1,4*
Haardelaius m:							
tuulekaitseta	4,2	2,8	2,5	<12	10	6...12	<12
tuulekaitsega	×	×	×	6	8	5	4...4,5
Tootlikkus ha/h	3,15	1,9	1,6	<10	<10	6...10	3,4...10
Külviaparaadi tüüp	taldrik-			ketas-			
Külvitaldrikute või -ketaste arv	11	8	8	1	2	2	1
Külviaparaadid käitatakse	käigu-rattailt			jõuvõtuvõllilt			
Väetisekasti (-punkti) maht m <sup>3</sup>	0,7	0,3	0,25	2,8	2,6	0,41	0,325
Väetisnormi reguleerimise ulatus kg/ha	50... ...1100	50... ...2300	52... ...1100	100... ...6000	100... ...6000	50... ...3000	50... ...1150

\* Ühe traktoriga agregateeritud 2 või 3 väetiskülvimasinat.

mineraal- või lubiväetis laiuli laotatakse. Seadme tootlikkus on ligilähedane ketaskülvimasinate PYM-3 ja PBLI-3,5 tootlikkusele, külviihtlus on aga halvem ja töökindlus väiksem. Seade on paremini kasutatav suuremate väetisnormide korral.

Ketaskülvimasinate ja laotusseadme kasutamisel tuleb silmas pidada, et masina haardelaius sõltub külvatava väetise omadustest. Granuleeritud väetise külvil on see 10...12 m, kristallilise väetise puhul 8...9 m ja pulbrilise väetise korral kuni 6 m. Et külvatava väetise kogus töökäigu äärtel väheneb, siis peavad kõrvuti asuvad töökäigud äärtelt kattuma. Tugeva tuule korral tuleb ketaskülvimasinatele monteerida tuulekaitseseade.

Väetise külvilennukitel on suhteliselt kallis. See õigustab end suurtel põllumassiividel eelkõige varakevadel, mil traktoreid sageli ei saa kasutada, ja väiksemate väetisnormide puhul.

Autokülvimasinaid Eesti NSV-s praegu ei kasutata. Agregadi universaalsuse (vedu + külv) ja suure tootlikkuse tõttu peaksid autokülvimasinad tulevikus ka meil leviku leidma.

Vedelväetise andmisel sobib eelkõige ammoniakherbitsiidide masin ГАН-8 (uus mudel ПЮУ). Et vedelväetis tuleb viia mulda, siis kasutatakse seda kompleksagregaadis adra, laus- või vahelharimiskultivaatoriga, mis agregateeritakse 3,0-, 1,4- või 0,6-tonnise traktoriga. Põhisõlmedeks on kaks omavahel ühendatud silindrilist paaki, imemis- ja survetorustik ning

universaalne neljasektsiooniline jaotustoru. Paakide tankimiseks kasutatakse ejektorseadet, mis mootori heitgaaside mõjul tekitab paakides hõrenduse. Vedelväetis antakse tööorganisse pumba abil. Väetisnormi reguleeritakse pihustite vahetamisega ja töörohu ning agregaadid liikumiskiiruse muutmisega.

Vedelväetisi saab anda veel virtsalaotajatega ЗЖВ-1,8 ja РЖ-1,7А, kui need varustada seadmega ПРЖ-1,7.

### 5.3. KÜLVI- JA KASVUAEGNE VÄETAMINE

Külvi- ja kasvuaegsel väetamisel kasutatavad masinad ja seadmed võib jaotada kahte rühma: 1) universaalsed väetusmasinad, mis sobivad nii põhi- kui ka kasvuaegseks väetamiseks; 2) spetsiaalsed väetusseadmed, mida kasutatakse külvi- ja kasvuaegsel väetamisel.

Universaalsete väetusmasinatena leiavad kasvuaegsel väetamisel rakendamist paljud agregaadid, mida juba eespool vaatlesime. Mineraal- ja orgaanilised väetised antakse nendega mullapinnale (pealtväetamine).

Orgaanilise väetise kasvuaegsel andmisel, mida tehakse eelkõige kultuurkarjamaadel, saab kasutada kõiki eespool mainitud sõnnikulaotajaid ja laotusseadmeid. Virts antakse vahelharitava te kultuuridele traktorilaotajaga.

Külvide kasvuaegsel väetamisel mineraalväetisega on otstarbekas kasutada väiksema kandejõuga kergemaid külvimasinaid. Hästi sobivad selleks kõik taldrikkülvimasinad ja ripp- ning haakeketaskülvimasinad. Kasutatakse ka lennukeid.

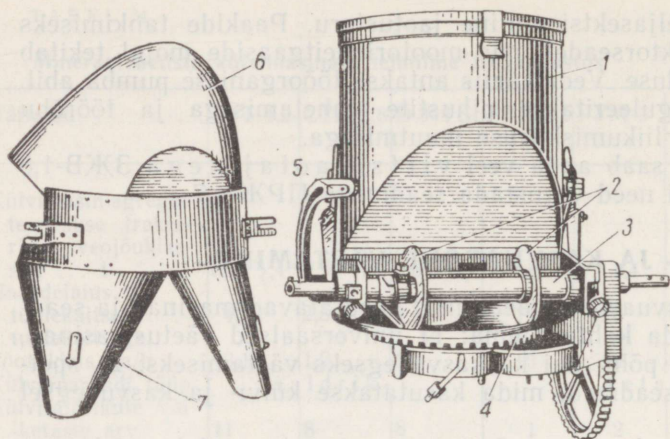
Vedelväetiste andmisel rühvelkultuuridele kasvu ajal agregateeritakse ammoniaak-herbitsiidide masin vahelharimiskultivaatoriga.

Spetsiaalsetele väetusseadmetele on iseloomulik, et mineraal- ja orgaaniline väetis antakse nendega kas külvi ajal seemnete (mugulate) või kasvuperioodil taimede juurestiku lähedusse mulda.

Orgaanilise väetise andmiseks toodetakse seadet АУ-4, mis agregateeritakse kartulipanemismasinaga СН-4Б. Seadmega saab anda väetist kartulivakku kuni 10 t/ha. Seadme kasutamine osutub aga sageli ebaotstarbekaks, sest väetisnorm on väike, töö organiseerimine keerukas ja agregaadid tootlikkus kartulipanekul väga väike.

Mineraalväetist antakse külvi ja kasvu ajal 1) tihvtrull- ja 2) taldrik-tüüpi väetiskülviaparaatidega.

Tihvtrull-külviaparaate kasutatakse teravilja-külvimasinal СУК-24А ning linakülvimasinatel СЛН-48А ja СУЛ-48 granuleeritud väetise andmiseks. Külvimasinaid, mis üheaegselt viivad mulda nii seemne kui ka väetise, nimetatakse kombinieritud külvimasinateks. Nende masinate külvisekast on



Joonis 20. Väetiskülviaparaat AT-2:

1 — väetisepaak; 2 — laotusketad; 3 — laotusketaste völli; 4 — külvitaldrik; 5 — külviregulaator; 6 — kaitseplekk; 7 — lehrid.

vaheseinaga kahte ossa jaotatud. Mõlemal osal on iseseisev külviaparaat. Tagumises osas asuv väetis antakse tihvtrull-külviaparaadiga, mis käitatakse käigu-(tugi-)rattailt, külvisjuhadesse ja nende ning seemendite kaudu mulda. Väetisnorm on 30—200 kg/ha ja seda reguleeritakse külvipilu suuruse ning külvirullide pöörlemiskiiruse muutmisega. Väetisekast mahutab rippkülvimasinatel 75 dm<sup>3</sup> ja haakekülvimasinatel 200 dm<sup>3</sup> väetist.

Taldrik-tüüpi väetiskülviaparaate AT-2A jt. (joonis 20) kasutatakse granuleeritud ja pulbrilise mineraalväetise andmiseks kõögiviljakülvimasinatel CKOCIII-2,8 ja CKOH-4,2, kartulipanemismasinatel CH-4B, mitmesugustel vaheltharimiskultivaatoritel — KPCIII-2,8, KPH-2,8, KPH-4,2, KOH-2,8П jt. Väetiskülviaparaatidega varustatud vaheltharimiskultivaatoreid nimetatakse kultivaatortaimeloitjateks. Väetise kannab paagist välja pöörlev taldrik, millelt see laotusketaste abil väetisjuhade kaudu mulda suunatakse. Sõltuvalt haardelaiusest asub masinal 2...6 väetisepaaki, millest igaüks mahutab 19...30 dm<sup>3</sup> väetist. Väetist saab anda normiga 35...750 kg/ha ja seda reguleeritakse külvipilu suuruse ja külvitaldriku pöörlemiskiiruse muutmisega.

### Kordamisküsimusi

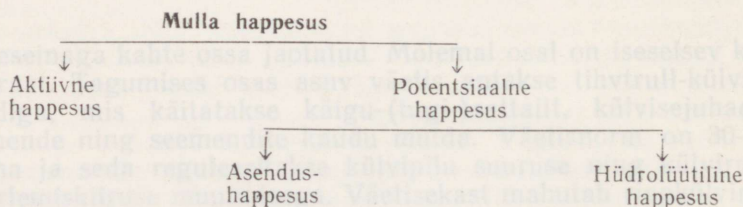
1. Miks tuleb väetustöid mehhaniseerida komplekselt?
2. Milliseid seadmeid kasutatakse mineraalväetiste peenestamiseks?
3. Milliseid laadijaid on kohasem kasutada mineraalväetiste laadimisel majandis?

4. Millal eelistada auto-, millal traktoritransporti?
5. Millised spetsiaalsed veoautod on kohased mineraalväetiste transportiks?
6. Milliseid veovahendeid kasutatakse väetiste vedamisel traktori abil?
7. Milliseid sõnnikulaotajaid kasutatakse?
8. Mille abil veetakse ja laotatakse virtsa?
9. Selgitage mineraalväetiste taldrik- ja ketastüüpi külvimasinate erinevusi.
10. Millistes oludes on mineraalväetiste külviks sobiv kasutada lennukit?
11. Millise masinaga antakse ammoniaakvett?
12. Millist masinat nimetatakse kombineeritud külvimasinaks?

## 6. HAPPELISTE MULDADE LUPJAMINE

### 6.1. MULLA HAPPELISE LIIGID JA NÄITAJAD

Mulla happesust põhjustavad mullalahuses leiduvad vesinikioonid, samuti ka mulla kolloidide poolt neelatud vesinik- ja alumiiniumioonid. Mulla happesus jaguneb aktiivseks ja potentsiaalseks happesuseks, viimane omakorda asendushappesuseks ja hüdrolüütiliseks happesuseks:



Aktiivset happesust tingivad mullalahuses vabalt esinevad vesinikioonid. Aktiivset happesust määratakse mulla vesileotisest, veelgi sagedamini aga 1 N kaaliumkloriidilahuse leotisest või suspensioonist. Lihtsuse mõttes mõõdetakse aktiivset happesust pH-ühikutes. pH on vesinikioonide kontsentratsiooni negatiivne kümnendlogaritm. Sümbolitega väljendatult:  $\text{pH} = -\log C_{\text{H}^+}$ , kus  $C_{\text{H}^+}$  tähistab vesinikioonide gramm-ekvivalentide (g-ekv.) arvu ühes liitris lahuses. (pH kirjutatakse väikese p-ga isegi lause alguses.) Eristamiseks märgitakse vesileotises määratud pH-d  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ , kaaliumkloriidileotises määratud pH-d aga  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ .

Meie mineraalmuldade pH kõigub enamasti 4...7 vahel. Sellele vastav  $C_{\text{H}^+} = 10^{-4} \dots 10^{-7}$  gramm-ekvivalenti liitris lahuses. Rabamuldade pH võib ulatuda isegi alla 3.

Vastavalt pH suurusele räägitakse mulla happelisest, neutraalsest või aluselisest ehk leeliselisest reaktsioonist. Mulla  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  põhjal eristatakse järgmisi mulla reaktsiooni (aktiivse happesuse) astmeid:

pH<sub>KCl</sub>

Mulla reaktsioon

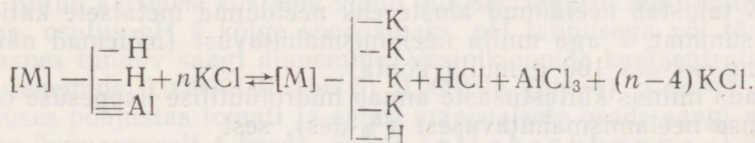
kuni 4,5  
4,6... 5,5  
5,6... 6,5  
6,6... 7,2  
üle 7,2

tugevasti happeline  
keskmiselt ehk mõõdukalt happeline  
nõrgalt happeline  
neutraalne  
leeliseline

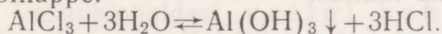
Seega loetakse happelisteks selliseid muldi, mille pH on 6,5 või alla selle (pH<sub>KCl</sub> ≤ 6,5). Liigse happesuse all kannatavaiks ja lupjamist vajavaiks peetakse mineraalmuldi, mille pH<sub>KCl</sub> ≤ 5,5.

Potentsiaalse happesuse põhjustajaks on mullas neeldunud vesinik- ja alumiiniumioonid.

Asendushappesuseks nimetatakse seda osa potentsiaalsest happesusest, mida on võimalik määrata neutraalsolelahuse abil. Tavaliselt kasutatakse selleks 1 N kaaliumkloriidilahust, millega tõrjutakse neeldunud vesinik- ja alumiiniumioonid mulla neelavast kompleksist (kolloididest) välja:

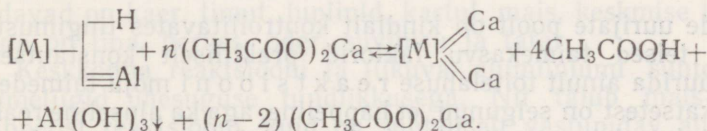


Tekkinud alumiiniumkloriid hüdrolüüsib ja moodustab samuti soolhappe:



Mulla neelavast kompleksist väljatõrjutavat alumiiniumi nimetatakse liikuvaks alumiiniumiks ja seda väljendatakse mg-ekvivalentides või mg-des 100 g mulla kohta.

Hüdrolüütiline happesus leitakse tugeva aluse ja nõrga happe soolaga mulda mõjutades. Tavaliselt kasutatakse selleks naatrium- või kaltsiumatsetaadilahust:



Toodud reaktsioonivõrrand kujutab toimuvat ainult skemaatiliselt. Tegelikult tõrjutakse soolalahuse katioonide poolt mulla neelavast kompleksist välja mitte ainult vesinik- ja alumiiniumioone, vaid ka kõiki teisi neeldunud katioone.

Tugeva aluse ja nõrga happe hüdrolüütiliselt reageeriv sool tõrjub neeldunud vesinikioone mulla kolloididest lahusesse palju enam kui neutraalsole. Seega on mulla hüdrolüütiline happesus märksa suurem kui asendushappesus.

Asendushappesust ja liikuvat alumiiniumi leidub suuremal määral ainult tugevasti ja keskmiselt happelistes muldades, kuna nõrgalt happelistes muldades nad sageli puuduvad hoopiski. Hüdrolüütiline happesus aga esineb isegi lubjarikastes neutraalse reaktsiooniga muldades.

Hüdrolüütilist happesust tähistatakse üldiselt  $H$ -ga. Kui on tarvis tähistada ka asendushappesust või on karta segiminekut viimasega, tähistatakse asendushappesust  $H_{5,6}$ -ga ja hüdrolüütilist happesust  $H_{8,2}$ -ga vastavalt nende määramisel kasutatava lahuse pH-le. Nii asendushappesust kui ka hüdrolüütilist happesust väljendatakse milligramm-ekvivalentides (mg-ekv.) 100 g mulla kohta.

Happeliste muldade tähtsaks näitajaks on veel küllastusaste, mis näitab, mitu protsenti mulla neelamismahutavusest on täidetud aluseliste kationidega. Mulla küllastusaste (%-des) leitakse valemi abil:

$$V = \frac{S}{T} \cdot 100,$$

kus  $S$  tähistab neeldunud aluste ehk neeldunud metalsete katioonide summat,  $T$  aga mulla neelamismahutavust (mõlemad näitajad mg-ekv-des 100 g mulla kohta).

Sada miinus küllastusaste annab hüdrolüütilise happesuse osatähtsuse neelamismahutavusest (%-des), sest

$$T = S + H.$$

Seega iseloomustab küllastusaste vesinikioonide ja neeldunud aluseliste katioonide vahekorda mullas.

## 6.2. MULLA HAPPELISE MÕJU TAIMEDI TOITUMISELE JA TAIMEKASVULE

Mulla happesus avaldab taimedele nii otsest kui ka kaudset mõju.

Paljude uurijate poolt on kindlalt kontrollitavates tingimustes suudetud teised taimekasvu faktorid praktiliselt konstantsena hoida ja uurida ainult toitelahuse reaktsiooni mõju taimedele. Nendest katsetest on selgunud, et happeline, aga ka aluseline reaktsioon mõjutavad tugevasti taimede fermentsüsteemi ja muudavad seetõttu tugevasti taimede ainevahetust, kasvu ja arengut.

Happeline reaktsioon takistab katioonide sisenemist taimedesse. Eriti käib see kaltsiumi ja magneesiumi kohta. Kui näiteks ühes katses tomat kasvas pH 6 juures hästi, siis sama toitelahuse pH alandamisel 4-ni suutsid taimed omastada väga vähe kaltsiumi ja pH 3 juures üldsegi mitte, kuigi kõikidel juhtudel oli kaltsiumisisaldus lahuses võrdne. Toitelahuse reaktsiooni mõju saagile on toodud tabelis 35.

TABEL 35

## Toitelahuse pH mõju taimede toorsaagile (g/nõu)

(D. J. Arnoni ja C. M. Johnsoni andmed)

Toitelahuse pH	Tomat		Salat	
	maapealsed osad	juured	maapealsed osad	juured
3,0	0	0	0	0
4,0	22,3	13,0	85,1	26,0
5,0	80,2	23,5	285,4	50,8
6,0	92,7	19,1	292,6	44,7
7,0	80,9	19,4	162,8	28,1
8,0	49,1	15,4	165,1	36,5
9,0	4,3	2,7	8,2	5,3

Antud katsetes, kus kõik muud olulised tegurid hoiti muutumatuks, osutus pH 6 kõige soodsamaks. pH langusega või tõusuga kaasnes tunduv saagi alanemine. Vesinikioonide kontsentratsiooni suurenemine 0,000001-lt (pH 6) 0,0001-le (pH 4) g-ekv-le liitris lahuses põhjustas tomati ja salati maapealsete osade saagi alanemise ümmarguselt 4 korda. Seega toitekeskkonna kõrge happesus avaldab otsesest kahjulikku mõju taimedele.

Vesinikioonidest veelgi kahjulikumad on alumiiniumioonid. Kui liitris toitelahuses on ainult 2 mg alumiiniumioone või 100 g mullas 2 mg liikuvat alumiiniumi, mõjub see paljude taimede kasvule juba takistavalt. Kui aga 100 grammis mullas on juba 6...8 mg liikuvat alumiiniumi, siis paljud kultuurid kiratsevad täielikult, ristik aga hukkub.

Liikuva alumiiniumi suhtes on eriti tundlikud peedid, lutsernid, ristikud, talinisu ja rukis (talvitumisei). Suhteliselt vastupidavad on kaer, timut, lupiinid, kartul, mais, keskmise tundlikkusega on lina, hernes, oder, suvinisu ja tatar.

Keskkonna reaktsiooni ja liikuva alumiiniumi suhtes ei ole taimeliigid ühesuguse tundlikkusega. Nii talub mais halvasti happelist reaktsiooni, kuid on suhteliselt vastupidav alumiiniumi suhtes. Lina omakorda on happelise reaktsiooni suhtes võrdlemisi ükskõikne, kuid on tundlik liikuva alumiiniumi suhtes. Üldiselt on alumiiniumioonidele vastupidavamad need taimeliigid, mis on võimelised sisenenud alumiiniumi siduma oma juurtes. Seetõttu alumiiniumi satub vähem kasvupungadesse ja generatiivorganitesse.

Koos liikuvate alumiiniumiühenditega leidub tugevasti happelistes muldades sageli ka liikuvaid mangaani- ja rauaühendeid, mis samuti on taimedele mürgised.

Vesinik- ja alumiiniumioonide kahjulikku mõju taimedele

vähendavad mõned teised katioonid, eeskätt kaltsiumioonid. Selle kohta öeldakse, et kaltsiumioonid on vesinik- ja alumiiniumioonide antagonistideks. Ühesuguse happesusega muldadel võib muude soodsate kasvutingimuste korral saak suuresti sõltuda sellest, kuivõrd mullas esineb vesinik- ja alumiiniumioonidega antagonistlikke ioone. Üldreeglina on suurema kaltsiumioonide sisaldusega muldades ka liikuvat alumiiniumi vähem.

Näitena võime vaadelda ühesuguse reaktsiooniga lupjamata põllumuldi, mille pH on näiteks 4,5. Kagu-Eestis on sellise pH-ga muld sageli kerge lõimisega (liiv või saviliiv) ja väikese neeldunud aluste sisaldusega (2...5 mg-ekv./100 g), samuti madala küllastusastmega (alla 50%), kuid kõrge liikuva alumiiniumi sisaldusega (5...12 mg/100 g). Sellistel muldadel kasvab oder viletsalt ja ristik ikaldub tavaliselt täiesti. Sakala kõrgustikul ja Lääne-Eestis leidub samuti muldi, mille pH on küll 4,5, kuid lõimis on liivsavi, neeldunud aluste sisaldus mullas on suhteliselt suur (10...12 mg-ekv./100 g), küllastusaste keskmine või kõrge (60...80%) ja liikuva alumiiniumi sisaldus tühine (alla 2 mg/100 g). Vaatamata kõrgele happesusele, kasvab nendel muldadel võrdlemisi rahuldavalt isegi ristik, sest liikuvat alumiiniumi on vähe, rohkesti leidub aga happesuse kahjulikku toimet vähendavaid kaltsium- ja magneesiumioone.

Korralikult väetatud taimed on liigsele mulla happesusele vastupidavamad kui toitainete puuduse all kannatavad taimed. Liikuva alumiiniumi kahjulik mõju väheneb eriti sel juhul, kui antakse rohkesti fosforväetist. Fosfaatioonid annavad liikuva alumiiniumiga vähelahustuvaid ühendeid, mistõttu liikuva alumiiniumi sisaldus mullas väheneb. Kui taimed on fosforiga hästi varustatud, on nad suutelised ka oma juurtes rohkem alumiiniumi siduma.

Ebasoodsate kasvutingimuste korral (külmad ja vihmased ilmad, toitainete nappus jne.) taluvad taimed mulla happesust halvemini kui soodsates kasvutingimustes. Eriti tundlikud on taimed ebasoodsate kasvutingimuste, sealhulgas ka liigse happesuse suhtes noores eas (tabel 36).

Professor E. Halleri katsed näitavad, et seemnete idanemise ajal valitsevad keskkonnatingimused on määrava tähtsusega taimede saagivõime kujunemisel. Üheks olulisemaks teguriks on seejuures idanemiskeskonna reaktsioon.

Suur mulla happesuse mõjub taimedele kahjulikult ka kaudsel teel. Mullas hapestumisega kaasneb mulla vaesumine taimetoitainetest. Mullas happesuse suurenemine loob tingimused veelgi kiiremaks liikuvate taimetoitainete sisalduse vähenemiseks mullas. Seetõttu ongi tugevasti happelised mullad üldreeglina taimetoitainete poolest vaesed.

Liikuv alumiinium soodustab happelisse mulda viidud lahustuvate fosforväetiste üleminekut vähe lahustuvateks ühenditeks.

Taimede reageerimine toitelahuse reaktsioonile erinevatel kasvuperioodidel  
(akadeemik N. S. Avdonin'i andmed)

Katse skeem	Taimede kaal ühelt nõult					
	oder		timut		lutsern	
	g	%	g	%	g	%
pH 6,5...7,0 kogu vegetatsiooni- perioodi vältel	47,9	100	18,2	100	10,2	100
pH 4,5...5,0 kogu vegetatsiooni- perioodi vältel	7,8	16,4	0,02	—	—	—
pH 4,5...5,0 esimese 20 päeva vältel, muul ajal pH 6,5...7,0	18,5	38,6	0,71	4,2	0,23	2,2
pH 4,5...5,0 20...40. päevani, muul ajal pH 6,5...7,0	—	—	2,1	11,5	1,54	14,7
pH 4,5...5,0 40...60. päevani, muul ajal pH 6,5...7,0	43,6	91,1	5,8	31,7	3,86	37,7
pH 4,5...5,0 60...80. päevani, muul ajal pH 6,5...7,0	—	—	18,0	99,0	9,49	92,7

Raskesti lahustuvate fosforväetistega (fosforiidijahu) on lugu vastupidine — mulla happesuse toimet muutuvad nad kergemini lahustuvaiks.

Mulla happesuse suurenemisel halvenevad kasulike mulla mikroorganismide elutingimused. Eriti käib see õhulämmastikku siduvate bakterite — mügarbakterite ja asotobakterite — ning nitrifitseerijate bakterite kohta, mis tugevasti happelistes muldades arenevad väga halvasti. Asotobakterid aga puuduvad tugevasti happelistes muldades hoopiski.

Tugevasti happelistes muldades on soodustatud seente ja aktinomüseteide areng. Ammonifikatsiooni põhjustavad mikroorganismid on mulla reaktsiooni suhtes võrdlemisi ükskõiksed.

Mulla reaktsiooni osatähtsust ei tohi ülehinnata. Tuleb silmas pidada, et muld kui taimede kasvukeskkond kujutab endast väga mitmekülgset taimede kasvufaktorite kogumit, mida tuleb tingimata vaadelda ühtselt. Optimaalsest mulla pH-st ühe või teise kultuuri tarvis võib rääkida ainult tinglikult, sest mõningate teiste faktorite muutumisel võib muutuda ka optimaalne pH. Tabelist 37 selgub, et selliseks faktoriks võib olla isegi väetis. Kui suhkrupeet kasutas nitraatämmastikku, oli optimaalseks pH-ks 5,5, ammoniumlämmastiku korral aga 7,0.

Reageerimise põhjal mulla happesusele võib taimed jagada mitmesse rühma:

1) taimed, mis ei talu happelist reaktsiooni ja kasvavad ainult neutraalsetel või nõrgalt leelisestel muldadel (pH 6,5...8) —

## Suhkrupedi optimaalse pH sõltuvus lämmastiktootumisest

(I. Dikussari andmed; juurika keskmine kaal g-des)

Lämmastiku vorm	pH			
	4,0	5,5	7,0	8,0
Nitraatlämmastik	29	220	55	27
Ammooniumlämmastik	0	33	185	11

lutsernid, peedid, valge mesikas, kanep, peakapsas. Neid nimetatakse lubjalembesteks ehk kaltsiifilseteks kultuurideks;

2) taimed, mis ei talu kõrget happesust, nõuavad nõrgalt happelist või neutraalset reaktsiooni (pH 6...7) — ristikud, oder, nisu, kaunteraviljad, mais, söödakapsas, sibul, kurk, salat jt.;

3) happesuse vastu vähetundlikud taimed, kasvavad rahuldavalt laias intervallis (pH 4,5...7,5) — tatar, lina, kartul, rukis, kaer, kõrrelised heintaimed, redis;

4) taimed, mis eelistavad happelist mulda (pH 4,5...5) — lupiinid.

Ristikutest on happesuse suhtes kõige tundlikum punane ristik, kuna roosa ja valge ristik on märksa vastupidavamad.

Lupiinid, lina ja kartul ei talu suuri ühekülgsete lubiväetiste annuseid, seetõttu nimetatakse neid lubjapelglikeks ehk kaltsifobseteks kultuurideks.

### 6.3. EESTI NSV HAPPELISTE MULDADE PAIKNEMINE JA OMADUSED

Eesti NSV mullastik on võrdlemisi kirev. Lubjarikaste kamar-karbonaatmuldade ja soostunud kamarmuldade kõrval leidub rohkesti suure happesusega kamar-leetmuldi ja soostunud leetmuldi, mida on põllumajanduslikul kasutamisel vaja lubjata.

Meie vabariigi happeliste muldade süstemaatilist uurimist alustas 1939. aastal O. Hallik. Ta tegi kindlaks, et 40,0%-l põllumuldadest on  $pH_{KCl} \leq 5,5$ . Neutraalsed mullad ( $pH_{KCl} > 6,5$ ) võtsid enda alla ainult 36,6% põllumaa üldpindalast. Saadud andmete põhjal valmis professor O. Hallikul 1949. aastal vabariigi põllumuldade reaktsioonikaart koos üksikasjalike kokkuvõtetega mullastikuvaldkondade ja tolleaegsete maakondade ning valdade kaupa.

Hiljem, aastail 1957—1963 korraldatud detailse agrokeemilise uurimistöö käigus selgus, et O. Halliku poolt valikuliselt kogutud mullaproovide põhjal saadud tulemused peavad hästi paika. Tabe-

TABEL 38

## Eesti NSV künnimaa lupjamisvajadus

(V. Valleri järgi; %-des künnimaa üldpindalast)

Jrk. nr.	Rajoon	Lupjamisvajaduse astmed ja valdav pH <sub>KCl</sub>					Keskmine lubjatarve t/ha CaCO <sub>3</sub>	
		väga suur, pH alla 4,1	suur, pH 4,1... 4,5	keskmine, pH 4,6... 5,0	väike, pH 5,1... 5,5	ei vaja lupjamist, pH üle 5,5		kokku vajab lupjamist
1.	Põlva	38,4	35,4	11,7	1,6	12,9	87,1	6,4
2.	Võru	23,1	30,1	20,2	6,9	19,7	80,3	5,5
3.	Valga	12,0	23,2	21,6	8,6	34,6	65,4	4,9
4.	Tartu	15,3	23,0	14,2	9,1	38,4	61,6	5,2
5.	Viljandi	9,7	19,0	17,9	10,2	43,2	56,8	4,7
6.	Jõgeva	4,7	10,3	13,7	10,5	60,8	39,2	4,1
7.	Pärnu	4,4	11,2	10,0	7,0	67,4	32,6	4,5
8.	Kohtla-Järve	0,7	2,6	8,8	11,5	76,4	23,6	3,0
9.	Hiiumaa	—	1,4	11,1	8,3	79,2	20,8	2,9
10.	Paide	0,1	1,7	4,7	8,4	85,1	14,9	2,8
11.	Rapla	—	1,8	4,8	6,2	87,2	12,8	3,0
12.	Rakvere	—	0,1	5,2	7,5	87,2	12,8	2,4
13.	Harju	—	0,6	4,0	5,3	90,1	9,9	2,7
14.	Haapsalu	—	0,7	0,4	2,2	96,7	3,3	2,8
15.	Kingissepa	—	—	0,4	2,1	97,5	2,5	2,2
Vabariigi keskmine		8,8	12,9	10,8	7,4	61,1	39,9	4,9

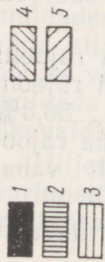
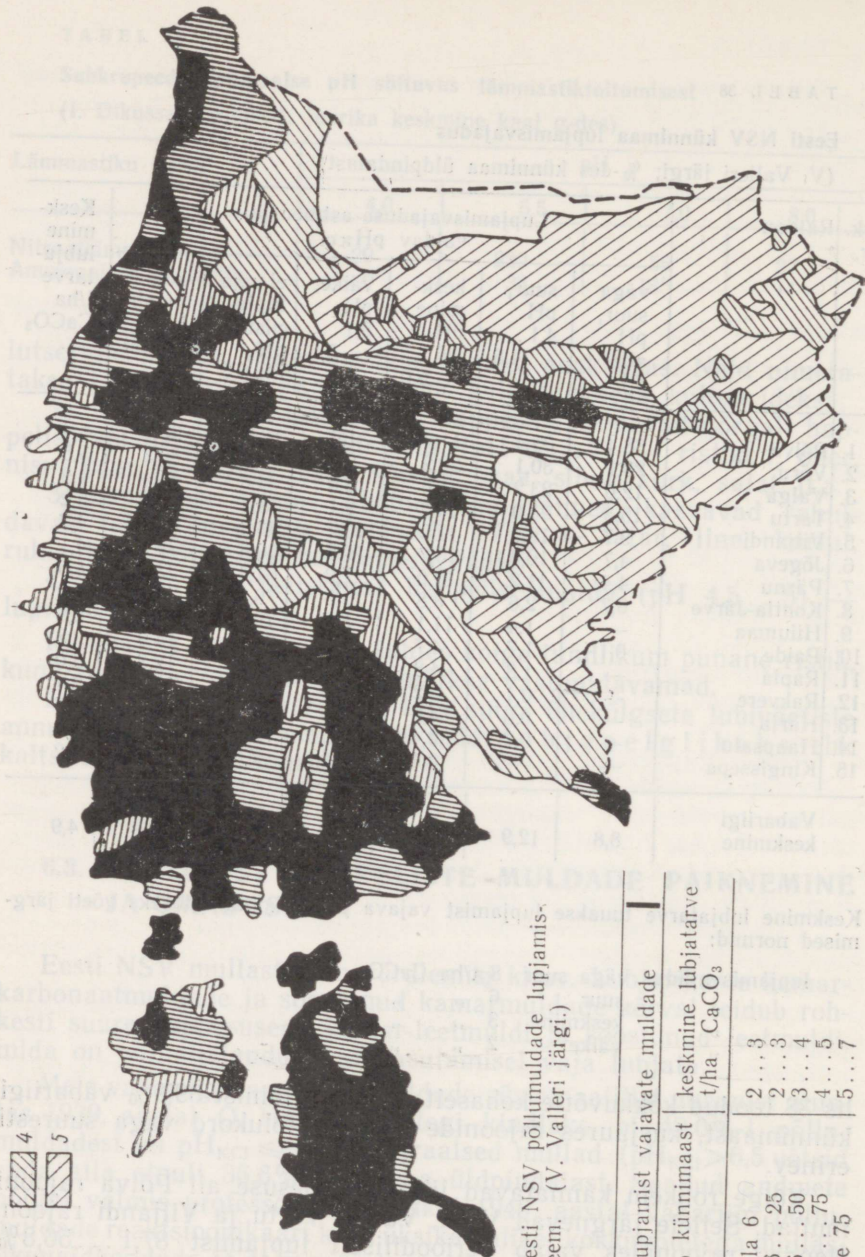
Keskmine lubjatarve tuuakse lupjamist vajava pinna kohta. Aluseks võeti järgmised normid:

lupjamisvajadus	väga suur	8 t/ha CaCO <sub>3</sub>
„	suur	6 „ „
„	keskmine	3 „ „
„	väike	2 „ „

lis 38 toodud kokkuvõtte kohaselt vajab lupjamist 39,9% vabariigi künnimaast, kusjuures rajoonide järgi on olukord väga suuresti erinev.

Kõige rohkem kannatavad liigse happesuse all Põlva rajooni mullad. Sellele järgnevad Võru, Valga, Tartu ja Viljandi rajoon. Nendes rajoonides vajab perioodiliselt lupjamist 87,1...56,8% künnimaast. Vähe on lupjamist vajavaid muldi Kingissepa rajoonis. Seega paiknevad happelised mullad ülekaalukalt vabariigi lõuna- ja idaosas, eriti Kagu-Eestis (joonis 21).

Vabariigi muldade happesuse näitajatest annab ülevaate tabel 39.



Joonis 21. Eesti NSV põllumuldade lupjamis-  
vajaduse skeem. (V. Valleri järgi.)

Tähistused skeemil	Lupjamist vajavate muldade	
	% künnimaast	keskmine lubjatarve t/ha CaCO <sub>3</sub>
1	alla 6	2...3
2	6...25	2...3
3	26...50	3...4
4	51...75	4...5
5	üle 75	5...7

## Eesti NSV happeliste põllumuldade künnikihi füüsikalise-keemiliste omaduste valdavalt kõikumised

(R. Koka järgi)

Muld	pH <sub>KCl</sub>	H <sub>8,2</sub>		S	V %	Liikuv alumiini- um mg/100 g
		mg-ekv./100 g				
Lk <sub>I</sub> , sl ja ls karbonaatsel ls-moreenil	4,5...7,1	1,4...3,7	4,1...14,4	64...90	0,2...1,8	
Lk <sub>I</sub> , sl ja ls karbonaadi- vaesel ls-moreenil	4,5...5,9	1,7...5,3	2,8...15,0	53...87	0,1...2,9	
Lk <sub>II</sub> , sl karbonaadi- vaesel ls-moreenil	4,4...5,4	2,6...5,0	2,5...9,0	41...73	0,5...8,0	
Lg <sub>II</sub> , mitmesugune lõimis ja lähtekivim	4,2...5,4	2,1...7,5	1,4...18,5	31...80	andmed puuduvad	

#### 6.4. LUPJAMISVAJADUSE KINDLAKSTEGEMINE JA LUBJATARVE

Mulla happesuse kohta võib anda pidepunkte juba mullaprofiili ehitus. Väljakujunenud leethorisondiga mullad on happelised, kusjuures happesus on tavaliselt seda suurem, mida tüsedam ja selgemini välja kujunenud on leethorisont. Tugevasti happelistel liivmuldadele võib leethorisont ka puududa.

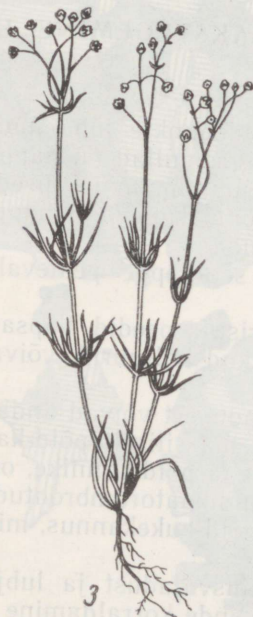
Lubjarikkad mullad, mis 10%-lise soolhappe pealevalamisel kihisevad, ei ole happelised.

Sellised mullad, kus hästi ei kasva ristik, peedid, kapsas, oder ja teised mulla happesuse suhtes tundlikud kultuurid, võivad olla tugevasti happelised.

Üsna kindla pildi mulla lupjamisvajadusest võivad anda põllul kasvavad umbrohud. Kui põllul kasvab massiliselt põld-kaderohi, põld-rõigas, väike oblikas, põld-nälghein ja põld-kannike, on muld tugevasti happeline. Neutraalse mulla indikaatorumbrohtudeks on põldsinep ja kollane karikakar, samuti põld-kukekannus, mis elistab hästi lubjarikast mulda.

Kõige täpsemini saab mulla lupjamisvajadust ja lubjatarvet kindlaks teha põld- või nõukatse abil. Nende korraldamine on aga väga kulukas ja nõuab palju aega.

Mulla lupjamisvajaduse ja lubjatarbe üle otsustatakse tavaliselt mullaanalüüside põhjal. Üldiselt peetakse mineraalmuldi lupjamist vajavaiks, kui nende pH<sub>KCl</sub> on alla 5,5, turvasmuldade puhul loetakse selleks piiriks pH<sub>KCl</sub> 5,0. Mida väiksem on pH, seda



Joonis 22. Happeliste põllumuldade indikaartaimi:

1 — väike oblikas; 2 — põld-kaderohi; 3 — põld-nälghain; 4 — põldrõigas (koos viljaga).



Joonis 23. Neutraalsete põllumuldade indikaatortaimi:

1 — põldsinep (koos õie ja viljaga); 2 — põld-kukekannus (koos õie läbilõikega).

suurem on selle mulla lupjamisvajadus. Madalama pH-ga mullad tuleb lubjata esmajärjekorras ja lubiväetise suuremate annustega.

Lubjatarvet ehk lubjanormi väljendatakse  $\text{CaCO}_3$ -na tonnides hektari kohta. Lubjatarve arvutatakse mulla hüdrolüütilise happesuse alusel. Räägitakse täielikust lubjatarbest ehk  $\text{CaCO}_3$  täisnormist ja selle osast (pool-, veerand- jne.) või kordsest normist (2-kordne norm jne.) vastavalt sellele; mitmendik osa mulla künnikihi hüdrolüütilisest happesusest võeti arvutamisel aluseks. Lubjatarbe leidmine hüdrolüütilise happesuse põhjal on toodud agrokeemia praktikumi raamatus. Siinkohal märgime ainult, et igale mg-ekv-le happesusele 100 grammis mullas vastab ümmarguselt 1,5 t  $\text{CaCO}_3$  hektari kohta.

Et mulla hüdrolüütilise happesuse ja pH suurused on omavahelises seoses, võimaldab see mulla pH põhjal küllalt täpselt kindlaks teha lupjamisvajaduse suhtelisi astmeid ja lubjatarvet, kui kehtiv seos on kord juba leitud. Keskmise huumusesisaldusega (2...3%) põllumuldade lupjamisvajadus on sõltuvalt  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ -st järgmine:

- |                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
| pH 4,5 või alla selle | — lupjamisvajadus suur või väga suur, |
| pH 4,6...5,0          | — lupjamisvajadus keskmine,           |
| pH 5,1...5,5          | — lupjamisvajadus väike,              |
| pH üle 5,5            | — lupjamisvajadus puudub.             |

Muidugi tuleb arvestada ka kasvatatavaid kultuure: kui kasvatatakse rohkesti lubjalembeseid kultuure, antagu lubiväetist ka siis, kui pH on 5,5 ... 6.

Ühesuguse pH korral on lubjatarve väiksem kerge lõimisega muldadel, suurem aga raske lõimisega muldadel. Kui liikuvat alumiiniumi on mullas palju, on lupjamisvajadus suurem.

Peale pH, hüdrolüütilise happesuse, huumusesisalduse ja liikuva alumiiniumi sisalduse tuleb lubjatarbe kindlakstegemisel arvestada ka mulla küllastusastet, sest neeldunud aluste suurema sisalduse korral on happesuse kahjulik mõju väiksem. Küllastusastme ja mulla lupjamisvajaduse seos on üldiselt järgmine.

küllastusaste alla 50% —	lupjamisvajadus suur,
„ 50 ... 70% —	„ keskmine,
„ 70 ... 80% —	„ väike,
„ üle 80% —	„ puudub.

Vabariiklikus Agrokeemia Laboratooriumis määratakse lubjatarvet tavaliselt  $pH_{KCl}$  alusel, kusjuures valikuliselt tehakse ka hüdrolüütilise happesuse, liikuva alumiiniumi sisalduse ja teisi määramisi, mille põhjal viiakse konkreetsete muldade kohta sisse korrektiivid, kui selleks tekib vajadus. Enamasti on lubjatarbekaartide koostamisel rakendatud tabelis 40 toodud vastavust.<sup>1</sup>

Kõik meie vabariigi majandid on varustatud oma maade lubjatarbe detailsete andmetega. Vastavalt lubjatarbele ja muudele asjaoludele tuleb agronoomil, arvestades lubiväetise neutraliseerimisvõimet, planeerida vajalik konkreetse lubiväetise kogus.

TABEL 40

Saviliiv- ja kergete liivsavimuldade reaktsioon ning keskmine lubjatarve<sup>\*</sup>

$pH_{KCl}$	Lubjatarve t/ha $CaCO_3$ (täisnorm)	
	karbonaadivabal moreenil	karbonaatsel moreenil
alla 4,0	8 ... 10	
4,0 ... 4,5	6 ... 8	4 ... 5
4,6 ... 5,0	4,5 ... 6	3 ... 4
5,1 ... 5,5	3 ... 4,5	2 ... 3
5,6 ... 6,5	2 ... 3	ei vaja lupjamist
üle 6,5	ei vaja lupjamist	„ „

\* Tabelis toodud  $CaCO_3$  kogust liivmuldadel vähendada ja savimuldadel suurendada  $\frac{1}{3}$  võrra.

<sup>1</sup> 1970. a. lõpul võeti lubjatarbekaartide koostamisel aluseks mulla  $pH_{KCl}$  ja huumusesisaldus. Nende näitajate ja varem kindlaks tehtud seoste põhjal leitakse mulla hüdrolüütiline happesus ja mahukaal, mille alusel tuuakse välja lubjatarve.

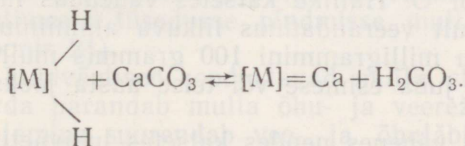
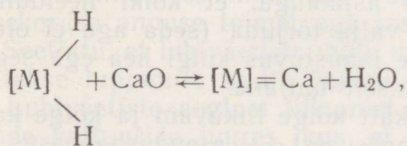
Kui näiteks mulla täielik lubjatarve on 6 t/ha  $\text{CaCO}_3$ , kuid otsustatakse lubjata poole normiga, tuleks lubiväetist hektarile anda kolmele tonnile  $\text{CaCO}_3$ -le vastav kogus. Vastaku lubiväetise neutraliseerimisvõime 85%-le  $\text{CaCO}_3$ -le, sel juhul moodustab 3 t 85% hektarile vajaminevast lubiväetise kogusest. Seega tuleks hektarile anda  $3 : 85 \cdot 100 = 3,5$  t lubiväetist. Kui aga sama tarbe rahuldamiseks tuleks anda lubiväetist, mille neutraliseerimisvõime on 40%  $\text{CaCO}_3$ , kuluks seda  $3 : 40 \cdot 100 = 7,5$  t/ha.

## 6.5. LUBIVÄETISTE MÕJU MULLALE

Happeliste muldade lupjamisel taotletakse mulla liigse happesuse kõrvaldamist lubiväetiste abil. Tuleb rõhutada, et lupjamisel soovitakse mitte mulla happesuse täielikku kõrvaldamist, vaid ainult happesuse selle osa neutraliseerimist, mis takistab kõrgete saakide saamist. Nõrgalt happeline keskkond on ju üldiselt taimekasvuks soodne ja lupjamist vajavad üldreeglina ainult keskmiselt ja tugevasti happelised mullad.

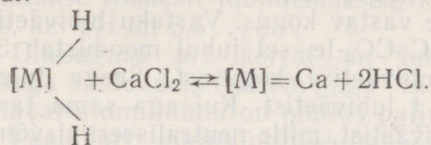
Aktiivse happesuse neutraliseerimiseks kuluks vaid mõni kilogramm  $\text{CaCO}_3$  hektarile. Lupjamisel tuleb aga arvestada potentsiaalset happesust, sest see on aktiivse happesuse reserv: mullalahuse aktiivse happesuse vähenemisel häirub tasakaal lahuses olnud ja neeldunud vesinikioonide vahel ja osa neeldunud vesinikioonidest läheb üle mullalahusesse.

Lubiväetistes võib leida mitmesuguseid happeid neutraliseerivaid ühendeid —  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  jt. Nende ühendite kation asendab mulla neelavas kompleksis vesinikiooni:

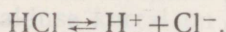


Happesuse neutraliseerimisel ei ole oluline, et kaltsium- (või magneesium-)ioonid astuvad vesinikioonide asemele. Tähtis on hoopis see, mis saab väljatõrjutud vesinikioonidest. Kui nad jääksid ioonidena mullalahusesse, oleks tegemist mulla potentsiaalse happesuse aktiveerimisega, mis oleks aga taimedele isegi kahju-

lik. Selline olukord tekiks, kui mulda anda näiteks kaltsiumkloriidi:



Tekkinud soolhape on hästi dissotsieeruv:



Seetõttu jääksid kaltsiumkloriidi poolt väljatõrjutud vesinikioonid lahuses ioonidena püsima. Mulla üldine happesus seega ei muutuks. Toimuks ainult mullalahuse happesuse suurenemine potentsiaalse happesuse arvel. Järelikult kaltsiumkloriid ei saa olla lubiväetiseks, kuigi ta sisaldab kaltsiumi, mis tõrjub mulla kolloididest vesinikioone välja. Samasuguselt toimivad teised tugevate hapete soolad.

Teisiti on lugu oksiidide, hüdroksiidide ja karbonaatidega (oksiididest moodustuvad mullas küll hüdroksiidid ja karbonaatidest vesinikkarbonaadid, kuid need ei erine oma toimelt). Need ühendid vahetavad oma katioonid neeldunud vesinikioonidega, kusjuures tekib vesi või süsihape. Mõlemad on vähedissotsieeruvad ühendid. Seega antud ühendite poolt väljatõrjutud vesinikioonid lakkavad eksisteerimast ioonidena ja mulla happesus väheneb. Moodustunud süsihape on pealegi ebapüsiv ühend, mis laguneb, andes süsihappegaasi ja vee:  $\text{H}_2\text{CO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ .

Kuigi lubiväetist antakse täisnorm mulla künnikihi hüdrolüütilisest happesusest lähtudes, ei kõrvalda see kunagi kogu hüdrolüütilist happesust. See seletub asjaoluga, et kõiki neeldunud vesinikioone ei ole kuigi lihtne välja tõrjuda (seda aga ei olegi vaja), pealegi ei ole lubiväetiste lahustuvus kuigi hea ega segunemine mullaga kaugeltki ideaalselt ühtlane.

Lubiväetiste toimel kaob eeskätt kõige liikuvam ja kõige kahjulikum osa potentsiaalsest happesusest — asendushappesus ja liikuv alumiinium. Professor O. Halliku katsetes vähendas lubiväetise pool- või isegi ainult veerandannus liikuva alumiiniumi sisalduse mõne kümnendiku milligrammini 100 grammis mullas. Selline vähenemine toimus juba esimese või teise aasta jooksul (tabel 41).

Hüdrolüütiline happesus vähenes nendes katsetes lubiväetiste toimel neljanda aastani pärast lupjamist. Seejärel hakkas lupjamise mõju vähenema, kuid isegi kaheksandal aastal pärast lupjamist ei olnud lupjamise toime hüdrolüütilisse happesusse väiksem kui esimesel aastal pärast lupjamist.

Potentsiaalse happesuse vähenemisega kaasnes loomulikult neeldunud aluste sisalduse suurenemine.

TABEL 41

Liikuva alumiiniumi sisalduse vähenemine mulla lupjamise toimel  
(E. Talpsepa andmed)

Katse koht	Lubiväetist hüdrolüüti- lise happesusest %-des	Lupjamisest möödunud aastaid		
		1	2	3
		liikuvat alumiiniumi mg/100 g		
Tartu rajooni «Tee Kommunismile» kolhoos	0	5,3	3,9	3,0
	25	1,8	0,4	0,6
	50	1,2	0,3	0,2
	100	0,2	0	0
	200	0,2	0	0
Põlva rajooni Ahja kolhoos	0	1,7	2,1	2,0
	25	0,5	0,3	0,3
	50	0	0	0

Samades lupjamiskatsetes suurenes mulla  $pH_{KCl}$  lubiväetise veerandannuse toimel 0,2 ühiku, poolannuse toimel tavaliselt 0,5, täisannusega lupjamisel 0,8 ühiku võrra ja kahekordse annuse kasutamisel alati üle ühe  $pH$ -ühiku, kõikides tavaliselt 1,3... 1,7 ühiku piires.

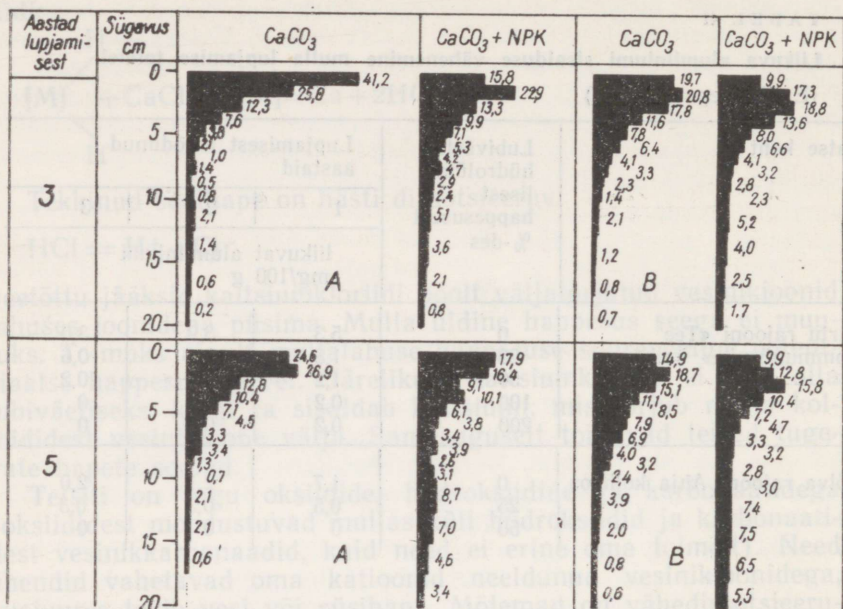
6... 8. aastal täheldati lubiväetise täisannusega lubjatud mulla künnialuses kihis  $pH$  vähenemist 0,2... 0,3 ühiku võrra, kahekordse annuse toimel aga isegi 0,8 ühiku võrra.

Seetõttu, et lubiväetiste mõju mulla happesusse on pikaajaline, peetakse lupjamist mulla keemiliseks melioratsiooniks.

Lubiväetiste aeglast liikumist mullas tuleb tõsiselt arvestada nende kultuuride juures, kus ei toimu mullaharimist. Näiteks rohumaade kamarale antud lubiväetisest jääb suurem osa mõne sentimeetri tüsedusse pindmisse mullakihti paljudeks aastateks (joonis 24).

Lubiväetised soodustavad mulla struktuuri teket. See omakorda parandab mulla õhu- ja veerežiimi: raskematel muldadel lupjamine suurendab vee- ja õhuläbilaskvust, kergematel aga vähendab.

Happesuse vähenemine ja õhu- ning veerežiimi paranemine loovad märksa soodsamad tingimused mikroorganismide elutegevuseks mullas. Happelise mulla lupjamine soodustab paljude bakteriliikide arengut. Eeskätt aktiveerub aga nitrifitseerijate ning õhulämmastikku siduvate bakterite tegevus, mis tugevasti happelistes muldades on suuresti alla surutud. Kiireneb ka mulla orgaanilise aine lagunemine. Orgaanilise aine varu mullas aga sellega



Joonis. 24. Rohumaa peattlupjamil antud nõrglubja (märgistatud <sup>45</sup>CaCO<sub>3</sub>-ga) laskuva liikumise ulatus. Impulsside arv %-des 20 cm tusedes mullakihis.

A — vana põuakartlik sõõt. Muld: leetunud saviliiv liival, huumuskihi pH<sub>KCl</sub>=4,4, H<sub>8,0</sub>=4,2, T=7,3 mg-ekv./100 g. B — kultuurkarjamaa. Muld: gleistunud leetunud kerge liivsavi, huumuskihi pH<sub>KCl</sub>=4,2, H<sub>8,0</sub>=7,5, T=10,8 mg-ekv./100 g.

ei vähene, sest samal ajal suureneb ka orgaanilise aine juurde-  
tulek juurejäätmete näol.

Mulla lupjamil paraneb taimedele kättesaadavate lämmas-  
tiku- ja fosforühendite režiim mullas. Seetõttu suurenevad mul-  
dade lupjamil isegi nende kultuuride saagid, millele antud  
mulla happesus oleks ka lupjamata vastuvõetav.

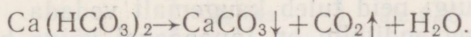
Lupjamine soodustab mulla molübdeeniühendite lahustuvust,  
vähendab aga mitmete teiste mulla mikroelementide — boori-  
vase-, mangaani- ja tsingiühendite lahustuvust ja kättesaadavust  
taimedele.

## 6.6. EESTI NSV LUBIVÄETISED

Varem kasutati meil happeliste muldade lupjamiseks nõrg- ja  
järvelupja, praegu aga kasutatakse põlevkivituhka ja klinkritolmu.

Nõrglubja ehk allikalubi tekib allikate väljavoolukohtades.  
Põhjavesi, mis allikatest välja voolab, sisaldab rohkesti kalsium-

vesinikkarbonaati. Vabanedes väljavoolamisel rõhu alt, haihtub allikaveest süsihappegaas ja kaltsiumvesinikkarbonaat läheb üle kaltsiumkarbonaadiks, mis oma väiksema lahustuvuse tõttu sadestub:



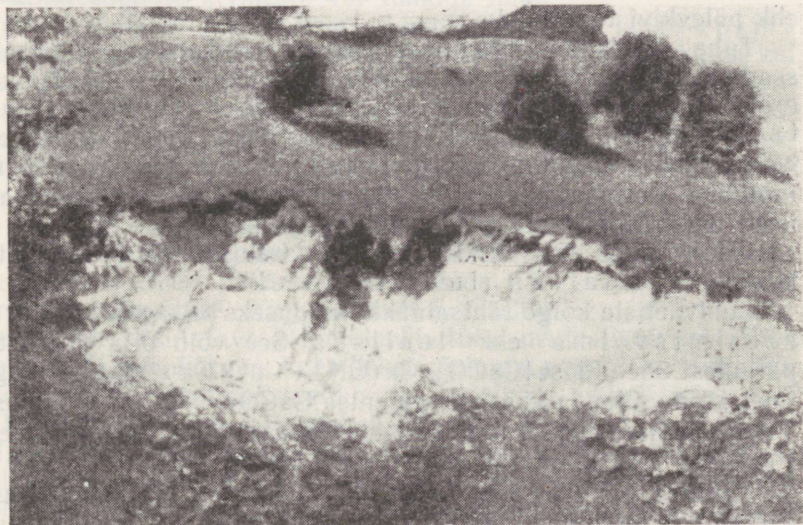
Moodustuvad nõrglubjelasundid, kus lausaldase  $\text{CaCO}_3$ -kihi paksus võib ulatuda isegi üle 5 meetri.

Professor O. Halliku andmetel kõigub nõrglubja kuivaine neutraliseerimisvõime ( $\text{CaCO}_3$ -na väljendatult) erinevates lasundites 76,8...97,0% vahel, olles keskmiselt 90,2%. Üks kuupmeeter loodusliku lasuvusega nõrglubja sisaldab keskmiselt 648 kg  $\text{CaCO}_3$ .

Järvelubi on tekkinud kinnikasvavates järvedes, kus veetaimestiku poolt omastatakse süsihape, mille tagajärjel tekkiv  $\text{CaCO}_3$  sadestub. Sellele lisanduvad veel loomade ja taimede jäänused.

Järvelubja neutraliseerimisvõime on keskmiselt 78,8%  $\text{CaCO}_3$  (59,7...89,7%). Üks kuupmeeter loodusliku lasuvusega järvelubja sisaldab keskmiselt 364 kg  $\text{CaCO}_3$ .

Nõrglubi ja järvelubi on magevee-lubisetted. Lõuna-Eestis on nende lasundeid leitud ja detailselt läbi uuritud üle 100. Nendes leiduv  $\text{CaCO}_3$  kogus ületab enam kui 10-kordselt vabariigi lubi-



Joonis 25. Nõrglubjelasund Tobroval. Lausaldane nõrglubjakiht algab võrdlemisi maapinna ligidalt. (O. Halliku foto.)

väetiste koguvajaduse. Käesoleval ajal aga nõrglupja ja järvelupja üldse enam ei kasutata, sest nende kättesaamine on tihti raske (lasundid vajavad kuivendamist, tuleb korrastada juurdepääsuteid jne.). Kergem ning ökonoomsem on kasutada uusi efektiivsemaid lubimaterjale, kuigi neid tuleb kaugemalt vedada.

Klinkritolm ehk tsemenditolm on tänapäeval kõige hinnatum lubiväetis. Ta tekib tsemendiklinkri põletamisel pöördahjudes ja väga suure peenuseastme tõttu kasutatakse tema kinnipüüdmiseks elektrifiltreid. Klinkritolmu saadakse meil tsemenditehastest «Punane Kunda».

Turbatuhk on osutunud samuti väga heaks lubiväetiseks, kuid piiratud koguste tõttu ei tule tema ulatuslikum kasutamine arvesse.

Põlevkivituhk leiab praegu kõige laialdasemat kasutamist, sest klinkritolmu kogus katab ainult  $\frac{1}{5} \dots \frac{1}{4}$  vajadusest. Tükkpõlevkivi põletatakse küttekollete restpõrandatel. Sellest tulevalt nimetatakse saadavat tuhka restpõlevkivituhaks või lihtsalt resttuhaks.

Restpõlevkivituhka kasutatakse happeliste muldade lupjamiseks juba paarkümmend aastat. O. Halliku andmetel sisaldab restpõlevkivituha hapetes lahustuv osa keskmiselt 36...40% CaO, 1,0...1,4% K<sub>2</sub>O, 1,5...3,6% MgO, 2,3...3,2% S ja 0,1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Uue tehnoloogia kohaselt põlevkivi enne põletamist jahvatatakse. Uutes elektrijaamades põletatakse peent põlevkivijahu lenduvas (hõljuvas) olekus. Loomulikult on ka tekkiv tuhk peen. Seda nimetatakse tolmpõlevkivituhaks, lendpõlevkivituhaks ehk põlevkivi tolmtuhaks.

Tuha eraldamiseks suitsugaasidest kasutatakse spetsiaalseid seadmeid. Vastavalt tuha kinnipüüdmisseadmetele saadakse kolme erinevat liiki tolmpõlevkivituhka. Nendeks on kambertuhk, tsüklontuhk ja elektrifiltertuhk. Neist esimene on kõige jämedam, viimane kõige peenem. Kõige rohkem tekib tsüklontuhka. Paljude põletusahjude juures ei saada kambertuhka ega isegi elektrifiltertuhka üldse.

Klinkritolmu ja kõiki tolmpõlevkivituha liike nimetatakse kokku tolmjateks lubiväetisteks.

Lubiväetiste kõige tähtsamaks omaduseks on nende neutraalseerimisvõime ehk leelisus. See võib olla põhjustatud paljudest ühenditest [CaCO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, CaO, Ca-silikaadid, MgCO<sub>3</sub> jne.], kuid väljendatakse ekvivalentse CaCO<sub>3</sub>- või CaO-sisaldusena. Väga olulised on veel lubiväetiste niiskusesisaldus ja peenuseaste. Vaatleme neid näitajaid meie lubiväetistes.

Tolmjad lubiväetised jõuavad põllule praktiliselt absoluutkuivana. Põldudele veetav restpõlevkivituhk aga sisaldab vahel kuni 40% vett. Seniste analüüside keskmisena on restpõlevkivituha niiskusesisaldus olnud 17%.

Balti Soojuselektrijaama tolm põlevkivituha fraktsiooniline koostis %-des  
(V. Kikase ja E. Kogermanni järgi)

Tuha liik	Osatähtsus %-des	Osakeste läbimõõt mm-tes		
		üle 0,06	0,03...0,06	alla 0,03
Kambertuhk	35	45	35	20
Tsüklontuhk	45	—	15	85
Elektrifiltertuhk	20	—	—	100
Tolmpõlevkivituht tervikuna	100	15	20	65

Kõik meie tolmjad lubiväetised on ideaalselt peened (tabel 42). Nende peenuseaste on tunduvalt suurem, kui seda nõuavad lubiväetiste kehtestatud tehnilised tingimused või riiklikud standardid.

Klinkritolmu peenus on praktiliselt võrdne põlevkivi elektrifiltertuha peenusega.

Restpõlevkivituha juures tulevad kasuliku materjalina arvesse alla 5 mm läbimõõduga osakesed. Paraku jätab aga restpõlevkivituha sõelumine pealelaadimisel suuresti soovida või ei tehta seda üldse. Seetõttu sisaldab restpõlevkivituht sageli 10...30% ballasti mitmesuguste kivikeste või tükkide näol.

Põllule veetud lubiväetiste neutraliseerimisvõime kohta on hulgalisemalt andmeid alates 1967. aastast. Rohkem kui 150 analüüsitud tsüklontuhaproovi põhjal tuleb põlevkivi tsüklontuha keskmiseks neutraliseerimisvõimeks pidada 85% CaCO<sub>3</sub>. Süstemaatilistelt võetud 230 klinkritolmuproovi keskmine neutraliseerimisvõime on 75% CaCO<sub>3</sub>. Analüüsitud 34 restpõlevkivituha keskmine neutraliseerimisvõime ulatub 62% CaCO<sub>3</sub> kuivaine kohta. 17%-lise niiskusesisaldusega resttuha neutraliseerimisvõime oleks 51%, kui aga arvestada, et restpõlevkivituht võib sisaldada umbes 20% ballasti põlemata kivitükkide näol, siis sellise tuha neutraliseerimisvõime oleks ainult 41% CaCO<sub>3</sub>.

Seega on kasutatava tolm põlevkivituha neutraliseerimisvõime umbes kaks korda kõrgem kui niiskel sõelumata restpõlevkivituhal. Ka taimetoiteelementide sisaldus on tolmjates lubiväetistes suurem kui restpõlevkivituhas (tabel 43).

Nii põlevkivituht kui ka klinkritolm sisaldavad üsna rohkesti väävli, magneesiumi ja kaaliumi. Esineb üldine seaduspärasus, et jämedamad tolm põlevkivituha liigid on suurema kaltsiumisisalduse ja neutraliseerimisvõimega, peenemad aga suurema väävli- ja kaa-

## Taimetoitelementide sisaldus põlevkivituhas ja klinkritolmus

(%-des aastail 1966—1968 kogutud proovide keskmisena)

Lubiväetis	Proovide arv	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Neutraalseerimisvõime CaCO <sub>3</sub> -na
Uldsisaldus							
Elektrifiltertuhk	7	41,5	4,4	3,6	7,6	0,21	
Tsüklontuhk	12	46,6	4,5	2,5	4,7	0,20	
Kambertuhk	3	54,1	5,1	1,8	3,2	0,19	
Restpõlevkivituhk (kuivaine, sõelutud)	5	34,5	2,4	1,9	4,2	0,18	
Klinkritolm	16	42,6	3,1	5,2	6,9	0,38	
1N soolhappes lahustuv							
Elektrifiltertuhk	6	38,2	3,6	2,5	7,3	—	67,1
Tsüklontuhk	13	44,4	3,9	1,7	4,5	0,14	81,6
Kambertuhk	3	48,7	4,1	1,3	2,9	—	92,5
Restpõlevkivituhk (kuivaine, sõelutud)	5	33,2	1,9	1,0	3,8	0,14	56,9
Klinkritolm	16	41,6	2,6	4,8	5,6	0,34	74,9
Vees lahustuv							
Elektrifiltertuhk	6	12,6	0,2	0,4	2,4	0,00	19,2
Tsüklontuhk	12	12,0	0,2	0,1	1,7	0,00	19,0
Kambertuhk	3	13,8	0,1	0,0	1,4	0,00	22,5
Restpõlevkivituhk (kuivaine, sõelutud)	5	4,2	0,2	0,2	1,0	0,01	10,2
Klinkritolm	16	2,6	0,2	3,8	4,2	0,04	1,9

liumisaldusega. Fosforit on lubiväetistes väga vähe, lämmastik aga puudub hoopis.

Lubiväetistes leiduv magneesium lahustub soolhappes võrdlemisi hästi, väävliühendid aga lahustuvad veelgi paremini.

Klinkritolm paistab silma oma kõrgema kaaliumisisalduse ja kaaliumühendite hea lahustuvuse poolest. Põlevkivituha kaalium on palju raskemini lahustuv.

Suur erinevus tolm-põlevkivituha ja klinkritolmu koostises avaldub veel asjaolus, et klinkritolm on tugevasti karbonaatne materjal, tolm-põlevkivituhk aga sisaldab karbonaate väga vähe, kuid temas leidub rohkesti vaba kaltsiumoksiidi. Seetõttu on tolm-põlevkivituha vesileotis tugevasti leelisene, kuna klinkritolmu vesileotise leelisus on umbes kümme korda väiksem.

Põlevkivituhas ja klinkritolmus leidub ka mikroelemente. Mikroelementide sisaldus 5 elektrifiltertuha-, 9 tsüklontuha- ja 4 klinkritolmuproovi keskmisena grammides 5 tonni lubiväetise kohta on järgmine:

	B	Cu	Mn	Mo	Co	Zn
elektrifiltertuhk	88	61	830	57	14	495
tsüklontuhk	74	64	845	52	12	273
klinkritolm	43	115	1015	19	11	370

Ilmneb, et mikroelementide sisaldus lubiväetistes ei ole siiski kuigi suur.

## 6.7. MULLA LUPJAMISE MÕJU PÖLLUMAJANDUS-KULTUURIDELE

Liigse happesusega muldade lupjamise tulemusena suurenevad saagid tunduvalt. Saakide tõus on üldiselt seda suurem, mida suurem oli mulla happesus enne lupjamist. Näitena olgu toodud NSV Liidu mittemustmullavööndis korraldatud lupjamiskatsete tulemused põldheinaga (tabel 44).

Pikaajalistes lupjamiskatsetes on mulla lupjamise mõju saagile avaldunud isegi veel mitmekümne aasta möödumisel. Näiteks Dolgoprudno katsejaamas Moskva oblastis saadi kaera enamsaaki 18 aasta eest antud lubiväetise poolannuse (hüdrolüütilisest happesusest) toimel 0,6 ts, täisannuse toimel 3,8 ts ja kahekordse annuse toimel 8,0 ts hektarilt. Lupjamata mullalt saadi 12,9 ts/ha.

Meie vabariigis korraldati pikaajalisi lupjamiskatseid aastail 1946—1957 prof. O. Halliku poolt. Nendes katsetes selgitati lupjamise üldist efektiivsust ja lubiväetise erinevate normide toimet, kusjuures saaki arvestati erinevates katsetes 2...9 aasta kestel. Katsed asusid Tartu, Põlva ja Võru rajoonis enamasti keskmiselt leetunud muldadel, mille  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  kõikus enne lupjamist 4,2...5,6 piires ja hüdrolüütiline happesus oli 2,7...6,3 mg-ekv. 100 g mullas. Nende katsete kokkuvõtlikud tulemused on toodud tabelis 45 ja joonisel 26.

Katsetes kasvatatud kultuuridest andsid mulla lupjamise mõjul suhteliselt kõrgemaid enamsaake söödapeet ja põldhein,

TABEL 44

Lupjamise toimel saadud põldheina (ristik + timut) enamsaagid sõltuvalt mulla happesusest

Mulla $\text{pH}_{\text{KCl}}$	Katsete arv	Enamsaak 2 aasta jooksul ts/ha
alla 4,2	8	36,8
4,2...4,5	17	32,3
4,6...5,0	13	26,2
5,1...5,5	3	16,3
üle 5,5	3	3,2

TABEL 45

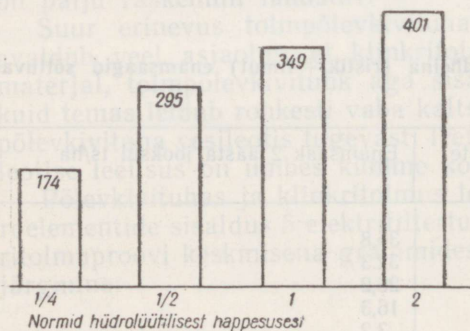
Erinevatelt kultuuridelt mulla lupjamise toimel saadud keskmised enamsaagid (ts/ha)

Kultuur	Arvestatud saake	Lubiväetist hüdroloüütilisest happesusest % -des		
		50	100	200
Rukis	15	1,5	1,9	2,0
Kaer	11	1,7	2,1	3,1
Oder	10	3,4	4,0	5,4
Suvinisu	4	1,1	2,4	2,8
Talinisu	3	3,0	2,6	—
Segavili	2	1,0	1,1	2,3
Põldhein	35	7,2	8,4	8,6
Kartul	10	11,3	9,8	9,0
Söödapeet	2	102	137	128
Mais	1	14	32	32
Söödakaalikas	1	44	4	-6

teraviljadest aga oder. Kuid ka kõikidelt teistelt kultuuridelt saadi lupjamise toimel enamsaaki.

Väiksemad lubiväetise annused olid suhteliselt palju efektiivsemad kui suuremad annused. Nii saadi lubiväetise poolannuse toimel keskmiseks enamsaagiks 295 söötühikut, täisannuse toimel aga 349 söötühikut hektarilt aastas. Seega tõusis saak esimesele poolannusele teise poolannuse lisamisel ainult 54 söötühiku võrra ( $349 - 295 = 54$ ), s. o. 5,5 korda vähem kui esimese poolannuse toimel. Täisannusele teise täisannuse lisamisel suurenes saak isegi 6,7 korda vähem kui esimese täisannuse mõjul.

Nendest andmetest järeldub, et piiratud võimaluste korral on ökonomisem anda kasutada olev lubiväetise kogus väiksema normiga võimalikult suuremale pindalale. Soovitav on lubjata



Joonis 26. Lubiväetise erinevate normidega saadud keskmised enamsaagid s/ha aastas (1/4 — 36 saagi keskmine, teised — 97 saagi keskmised andmed, keskmine saak foonilt ligikaudu 2400 s/ha).

umbes poole normiga hüdrolüütilisest happesusest ja lupjamist sagedamini (6...7 aasta järel) korrata.

Happeliste muldade lupjamine annab suurt efekti ka kultuurrohumaadel, eriti kui segus kasvatatakse libliköielisi heintaimi, mis liigse happesuse suhtes on palju tundlikumad kui kõrrelised heintaimed. Kuid isegi ainult kõrrelistest heintaimedest koosneva rohukamara korral saadi Põlva rajooni tugevasti happelisel mullal kümne tonni restpõlevkivituha mõjul 12,1 ts/ha heina enamsaaki kolme kasutusaasta keskmisena.

Mulla lupjamilisel, arvestades järgnevat kultuuri, on tähtis, kui sügavale lubiväetis mulda anti. Professor E. Halleri uurimused on näidanud, et kõige tähtsam on tagada taimedele neutraalne idanemiskeskond. Kõige olulisem on see väikeseseemneliste ja aeglase arenguga kultuuride juures, mis taluvad liigset happesust halvasti. Seepärast tuleb nende kasvatamisel neutraliseerida tingimata just see künnikihi osa, kuhu satuvad seemned. Kui näiteks mulda lubjatakse enne ristiku külvi, siis ei ole soovitatav lubiväetist anda künni alla, vaid künni peale (kattevilja künnieelse kultiveerimise alla), sest viimasel juhul neutraliseeritakse ristikuseemnete idanemiskeskonda (künnikihi pindmist osa) palju täielikumalt kui lubiväetise künni alla külvamise korral.

Tabelis 46 toodud andmetest selgub, et kultuurrohumaade rajamisel on lubiväetis vaja anda tingimata juba enne heinaseemne külvi, sest pealtlupjamise efekt jääb mitu korda väiksemaks. Mida tüsedama pindmise mullakihiga lubiväetis segati, seda kauem püsis harilik aruhein rohukamaras.

Kolmanda kasutusaasta kevadel külvati sellele katsepõllule täiendavalt punase ristiku seemet. Lupjamata mullal ei andnud pealekülvi olulisi tulemusi, lubjatud mullal aga õnnestus see päris hästi. Ristikuseemne täiendav pealekülvi suurendas pealtlupjamise mõju järsult, sest seemned leidsid just nüüd kõige soodsama idanemiskeskonna. See näitab, et teatud juhtudel võib ka rohu- maade pealtlupjamine väga vajalikuks osutada.

Lubiväetiste toimetel saadakse kõige suuremaid enamsaake füsioloogiliselt happeliste mineraalväetiste foonil. Sõnniku süstemaatiline kasutamine vähendab mõningal määral mulla happesust ja eeskätt liikuva alumiiniumi sisaldust, mistõttu lubiväetiste toime veidi nõrgeneb.

Mulla lupjamisele reageerivad erinevalt mitte ainult eri kultuurid, vaid ka sama kultuuri erinevad sordid. Nii taluvad meil kasvatatavad kaherealised odrasordid liigset mulla happesust palju halvemini ja reageerivad mulla lupjamisele palju suurema saagitõusuga kui samades tingimustes aretatud kuuerealised odrasordid (tabel 47).

Nõukatsete ja keemiliste analüüside abil on kindlaks tehtud, et põlevkivituhas ja klinkritolmus leiduv kaltsium, väävel, magnee-

TABEL 46

Lupjamise toime kultuurniidul, sõltuvalt lubiväetise andmise ajast ja mullaga segamise sügavusest

(Katse korraldati aastail 1958—1963 Põlva raj. Kalinini-nimelises kolhoosis tugevasti leetunud mullal)

Variant	1. . . . 3. kasutusaasta keskmine		4. kasutusaasta		5. kasutusaasta		Ristikute % heinas	
	saak	enam-saak	saak	enam-saak	saak	enam-saak	1. kasutus-aastal	4. kasutus-aastal
	ts/ha							
Lupjamata Põlevkivituhka 5 t/ha:	30,0	—	17,2	—	24,8	—	0,3	7,5
randaalimise eel	37,8	7,8	40,7	23,5	45,5	20,7	2,9	38,3
kultiveerimise eel	40,0	10,0	37,3	20,1	46,6	21,8	2,1	45,9
kamarale 1. kasutusaasta varakevadel	33,0	3,0	42,0	24,8	50,2	25,4	0,2	62,2

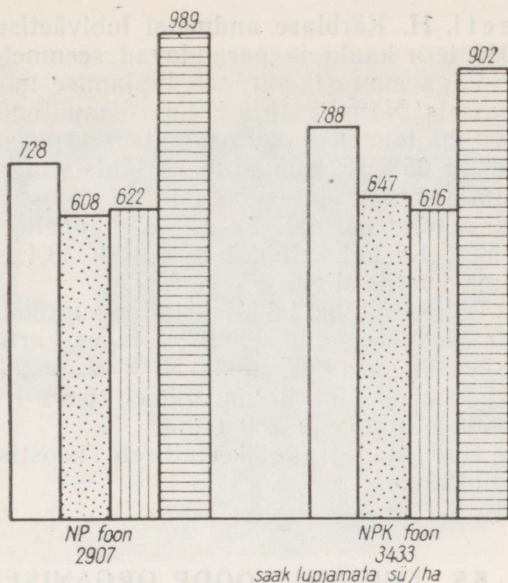
TABEL 47

Odrasortide reageerimine happeliste muldade lupjamisele

(kolme katse keskmised terasaigid g/nõu)

Kaherea-lised sordid	Saak		Enam-saak	Kuuere-alised sordid	Saak		Enam-saak
	lupja-mata mullalt	lubja-tud mullalt			lupja-mata mullalt	lubja-tud mullalt	
'Maja'	19,2	34,0	14,8	'Tammi'	28,0	31,7	3,7
'Jõgeva'	20,6	32,4	11,8	'Toomas'	28,2	34,1	5,9
'Domen'	22,0	34,4	12,4	'Otra'	27,9	31,0	3,1
'Ingrid'	16,0	33,2	17,2	'Edda'	25,3	31,4	6,1
'Foma'	17,5	29,3	11,8	'Anita'	23,9	28,9	5,0

sium ja kaalium on taimede poolt omastatavad. Nimetatud lubiväetiste mitmekülgse koostisega ongi seletatav nende suurem saakitõstev toime, võrreldes nõrglubjaga. Professor O. Halliku poolt Tartu rajooni «Tee Kommunismile» kolhoosis korraldatud põldkatses (mulla  $pH_{KCl}$  4,5) saadi aastate 1952—1955 keskmisena nõrglubja toimel 575 sü, restpõlevkivituhha toimel aga 708 sü enamsaaki hektarilt.



Joonis 27. Tolmpõlevkivi-tuha erinevate liikide ja klinkritolmu mõju võrdlus (17 saagi arvestuse keskmised enamsaadid sü/ha).

□ elektrifiltertuhk    ▨ kambertuhk  
 ▤ tsuklontuhk        ▧ klinkritolm

Aastail 1964—1969 Põlva ja Tartu rajooni majandites EPA mullateaduse ja agrokeemia kateedri poolt läbiviidud katsetes kujunes 24 saagi arvestuse keskmine enamsaak NPK foonil nõrglubja toimel 578, Balti Soojuselektrijaama põlevkivi elektrifiltertuha toimel aga 808 söötühikut hektarilt.

Samal ajavahemikul korraldatud tolmjate lubiväetiste võrdluskatsed kinnitasid kõigi nelja tolmja lubiväetise kõrget efektiivsust (joonis 27). Kõikides nendes katsetes anti lubiväetisi künnikihi poolele hüdrofüüsilisele happesusele vastavates kogustes. Kaaluliselt tuli kõige rohkem anda põlevkivi-elektrifiltertuhka (3,5... 4,1 t/ha) ja klinkritolmu (3,2... 4,4 t/ha), kuna kamber- ja tsuklontuha hektariannused kõikusid 2,4... 3,1 t vahel.

Kõige efektiivsemaks lubiväetiseks on osutunud klinkritolm, mis sisaldab teistega võrreldes rohkem kaaliumi. See on aga eriti oluline, sest mulla lupjamine ühekülgse lubiväetisega suurendab kaaliumväetise vajadust. Suurema kaaliumisisaldusega klinkritolmu kasutamine mulla lupjamiseks võib siiski rahuldada ka kultuuride kaaliumivajaduse, kuid ainult esimese või paari aasta vältel. Tolmpõlevkivituha lupjamine ei ole põldkatsetes kaaliumväetise vajadust vähendanud.

Happeliste muldade lupjamine parandab saagi kvali-

teeti. H. Kärblase andmetel lubiväetised suurendavad teraviljal 1000 tera kaalu ja parandavad seemnete idanevust.

Väga suuresti paraneb lupjamise mõjul põldheina botaaniline koosseis. Näiteks Ähja kolhoosis suurenes 1967. aastal tolm põlevkivituhha toimel ristiku osatähtsus 1. kasutusaasta põldheina saagis 16% -lt 65% -le, rohundite osatähtsus aga vähenes 26% -lt 10% -le. Kahtlemata mõjutas botaanilise koosseisu muutus suuresti ka heina toiteväärtust. Seega oli happeliselt mullalt saadud madal saak (11,8 ts/ha, lubjatud mullalt 38,4 ts/ha) veel ka palju viletsama kvaliteediga.

Põlevkivituhk ja klinkritolm suurendavad isegi kartulimugulate tärgklisesisaldust. Nii suurenes kartuli 'Olev' tärgklisesisaldus Ähja kolhoosis 1965. aastal NPK foonil tsüklontuha toimel 16,3% -lt 17,5% -le ja klinkritolmu toimel 16,6% -le. Mugulasaagid olid vastavalt 240, 265 ja 289 ts/ha.

Teraviljade saagi keemilisele koostisele on mulla lupjamise mõju väike.

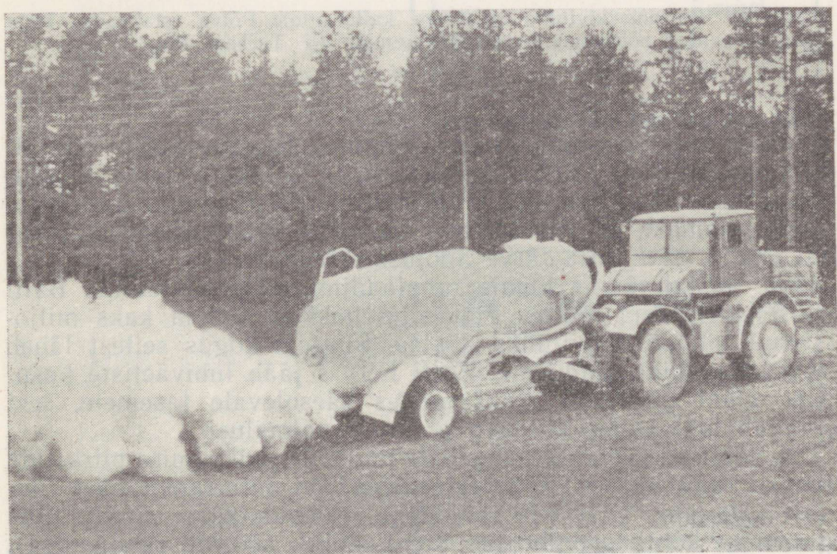
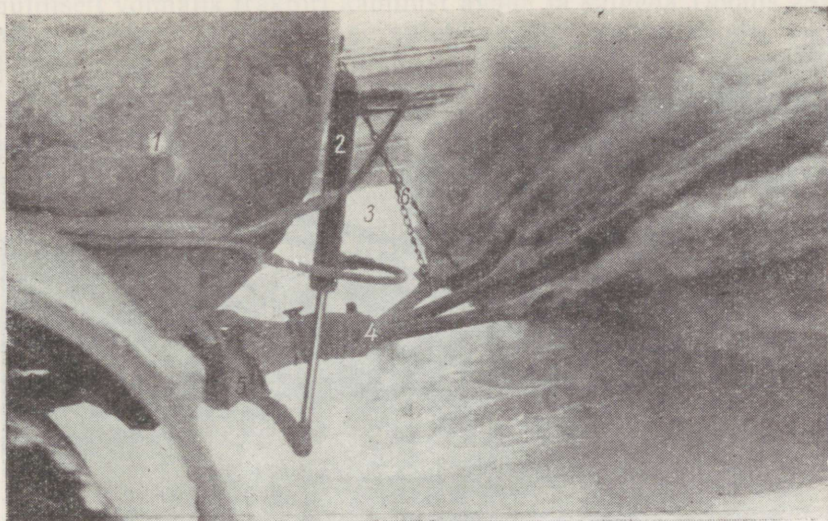
## 6.8. LUPJAMISTÖÖDE ORGANISEERIMINE JA TEHNOLOOGIA

Varem lubjati meil tavaliselt 10 000... 15 000 hektarit aastas. Suur murrang happeliste muldade lupjamine tuli 1964. aastal, kui hakati kasutama tolmjaid lubiväetisi. Viimaste jaoks tuli välja töötada eri tehnoloogia, sest restpõlevkivituhha ja nõrglubja kasutamise tehnika ja tehnoloogia ei sobi tolmjate lubiväetiste korral.

1968. aastal lubjati vabariigis üle 72 000 hektari ja kasutati selleks lubiväetisi 469 000 tonni, sellest tolmjaid lubiväetisi 330 000 tonni ja restpõlevkivituhka 139 000 tonni. 1969. aastal lubjati 65 000 ha ja kasutati tolmjaid lubiväetisi üle 309 000 tonni ning restpõlevkivituhka ligemale 70 000 tonni. Seega rakendati 1969. aastal tolmjaid lubiväetisi juba 82% lubiväetiste üldkogusest. Et tolmjad lubiväetised on kontsentreeritumad, siis anti neid hektarile vähem kui restpõlevkivituhka. Seetõttu ulatus tolmjate lubiväetistega lubjatud pindala 86% -ni kogu aasta jooksul lubjatud happeliste muldade pindalast. 1970. aastal aga lubjati tolmjate lubiväetistega juba 96% ja restpõlevkivituhaga veel ainult 4% lubjatud pindalast.

1969. aastal külvati tolmjaid lubiväetisi keskmiselt 5,5 t/ha. Ühe hektari lupjamine tolmjate lubiväetistega tuli vabariigi keskmisena maksma 28 rubla 68 kopikat. Restpõlevkivituhha keskmine annus oli 9,3 t/ha ja hektari lupjamise maksumus 43 rubla 53 kopikat. Nendest arvudest ilmneb, et lupjamine on tolmjate lubiväetiste kasutamisel palju odavam kui restpõlevkivituhha kasutamisel.

Viimastel aastatel on tolmjatest lubiväetistest kasutatud ära



Joonis 28. Tolmpõlevkivituha külviseadme töötamas:

1 — tsistern; 2 — hüdrosilinder; 3 — õlitorud; 4 — kolmeharuline külvitoru; 5 — kraanidosaator; 6 — kett külviseadme tagumise otsa kõrguse reguleerimiseks. (E. Turbase foto.)

Joonis 29. Tolmja lubiväetise külv põllule traktori K-700 agregaadiga. (E. Turbase foto.)



Joonis 30. Restpõlevkivituhha laadimine kallurautole Põlva estakaadil. Taga vasakul avatud põhjaluukidega tuhavagunid. (E. Turbase foto.)

praktiliselt kogu tsemenditehases «Punane Kunda» tekkiv klinkritolm (ümmarguselt 110 000 tonni aastas). Lisaks sellele on kasutatud põlevkivi-tsüklontuhka ümmarguselt 200 000 tonni Balti Soojuselektrijaamast ja varasematel aastatel mõnikümmend tuhat tonni aastas ka Kohtla-Järve Soojuselektrijaamast.

1970. aastal jõudis lõpule tuhalaadimissõlme ehitamine Balti Soojuselektrijaama juures. Tuhasõlm hakkab andma kaks miljonit tonni tolmpõlevkivituhka aastas. Suurem kogus sellest läheb vennasvabariikide põldudele. Eesti NSV-s jääb lubiväetiste kasutamise maht pikemaks ajaks umbes käesolevale tasemele, sest see tagab lubiväetise korduva andmise võimaluse.

Lubiväetised veetakse happeliste muldade paiknemise piirkonda enamasti raudteel, sest raudteetransport on autotranspordist tunduvalt odavam. Otsevedu autodega rakendatakse ainult tuha kogunemise kohtade ümbruses (kuni umbes 100 km raadiusega).

Tolmjad lubiväetised veetakse ettevõttest Lõuna-Eestisse selleks kohandatud tsisternvagunites. Sihtjaamas kantakse tolmi kompressori abil tsisternautosse, mis viib koorma põllule või selle lähedusse vastavalt juurdepääsu võimalustele. Seal kantakse tolmjast lubimaterjal jällegi pneumaatiliselt autotsisternist spetsiaalse külviagregaadi tsisterni.

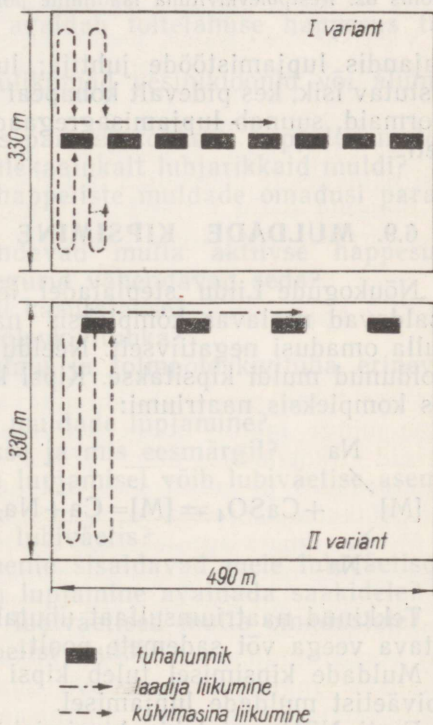
Tolmja lubiväetise külviagregaat on koostatud traktorile K-700 tsisterni juurdemonteerimise teel. Tsisterni taha on paigutatud

kolmeharuline külviseadega koos kraan-dosaatoriga, mida on hüd-  
rauliliselt võimalik traktori kabiinist avada ja sulgeda (joonis 28).  
Lubimaterjali ümberlaadimine autotsisternist agregaatide ja külvi  
põllule (joonis 29) toimub traktoril oleva kompressori abil.

Restpõlevkivituhk veetakse happeliste muldade piir-  
konda samuti peamiselt raudteel. Vagunite tühjendamisel kasuta-  
takse raudtee-estakaadide abi. Tuhk laaditakse kallurautole tavalis-  
elt paljukopalise ekskavaatori D-452 abil (joonis 30). Auto kallutab  
koorma põllule varem kindlaksmääratud skeemi kohaselt (joonis  
31). Tuha külvi toimub traktori «Belaruss» haakes külvikuga, mis  
on valmistatud sõnnikulaotajast (joonis 32).

Lubiväetisi veab ja külvab koondis «Eesti Põllumajandus-  
tehnikas». Kolhoosides tehtavaid lupjamistöid finantseerib riik  
100%-liselt, sovhoosides 50% ulatuses. Happeliste muldade lupja-  
misel tehtavad kulutused kaetakse juba aasta või kahe jooksul  
saadava enamsaagiga.

Lubiväetist tuleb anda lubjatarbekaardi alusel. Agronoom on



Joonis 31. Restpõlevkivituha hun-  
nikute asetuse ja külvikute (kande-  
jõud 2 t, külvi laius 6 m) liiku-  
mise skeemi näidis, kui külvinorm  
on 10 t/ha (I variant) või 5 t/ha  
(II variant).

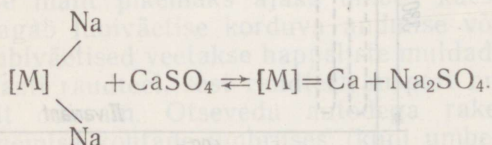


Joonis 32. Restpõlevkivituha laadimine põllul külvikusse. (E. Turbase foto.)

majandis lupjamistööde juhtija; lupjamise ajaks tuleb määrata vastutav isik, kes pidevalt kohapeal arvestab saabuvald lubiväetise koormaid, suunab lupjamisagregaadi tööd ja kontrollib töö kvaliteeti.

## 6.9. MULDADE KIPSIMINE

Nõukogude Liidu stepialadel leidub sooldunud muldi. Need sisaldavad neelavas kompleksis naatriumioone, mis mõjutavad mulla omadusi negatiivselt. Neeldunud naatriumi kõrvaldamiseks sooldunud muldi kipsitakse. Kipsi kaltsium asendab mulla neelavas kompleksis naatriumi:



Tekkinud naatriumsulfaat uhutakse mullast välja niisutamisel antava veega või sademete poolt.

Muldade kipsimisel tuleb kipsi anda suurtes annustes nagu lubiväetist muldade lupjamisel.

Eesti NSV-s ei leidu kipsimist vajavaid muldi. Küll aga on

varasematel aegadel kips meil kasulikuks osutunud taimetoiteelementide (väävli ja kaltsiumi) allikana ja seda just eeskätt ristiku juures. Sel juhul aga piisab, kui kipsi anda 2...4 ts/ha. Viimasel ajal, kus kasutatakse rohkesti lihtsuperfosfaati, põlevkivituhka ja klinkritolmu, mis kõik sisaldavad muude elementide kõrval rohkesti väävlit ja kaltsiumi, ei ole kipsi kasutamise järele enam vajadust.

Mulla happesust kips ei neutraliseeri.

### Kordamisküsimusi

1. Kuidas jaguneb mulla happesus?
2. Mida tähendab pH?
3. Millest on põhjustatud aktiivne happesus? Millest potentsiaalne happesus?
4. Kumb on suurem, kas asendushappesus või hüdrolüütiline happesus?
5. Kas liigne mulla happesus avaldab taimedele mõju otseselt või kaudselt?
6. Millisel kasvuperioodil avaldab toitelahuse happesus taimedele kõige suuremat mõju?
7. Kas taimedele on kahjulikumad vesinikioonid või alumiiniumioonid?
8. Millises Eesti NSV osas paikneb rohkesti happelisi muldi? Millistes piirkondades leidub ülekaalukalt lubjarikkaid muldi?
9. Kuidas saab tugevasti happeliste muldade omadusi parandada?
10. Millised tegurid suurendavad mulla aktiivse happesuse negatiivset toimet? Millised tegurid vähendavad seda?
11. Milliseid lubiväetisi meil kasutatakse?
12. Kuidas saadakse tolmpõlevkivituhka?
13. Milles seisneb klinkritolmu ja tolmpõlevkivituha erinevus ja sarnasus?
14. Millist eesmärki taotleb muldade lupjamine?
15. Milliseid muldi kipsitakse ja mis eesmärgil?
16. Kas happeliste muldade lupjamilisel võib lubiväetise asemel anda kipsi?
17. Milline peab olema hea lubiväetis?
18. Milliseid taimetoiteelemente sisaldavad meie lubiväetised?
19. Millist mõju võib mulla lupjamine avaldada saakidele?
20. Millist mõju avaldavad lubiväetised mulla omadustele?
21. Kuidas lubjatakse happelisi muldi?

## 7. AGROKEEMIA UURIMISMEETODID JA AGROKEEMIA TEENISTUS

### 7.1. VÄETUSKATSED

Kaasaegse rahvamajanduse arendamiseks ei piisa lihtsalt kogemustest, appi tulevad mitmesugused eksperimendid. Agrokeemia-teadus baseerub eksperimentaalsel uurimistööl — eeskätt mitmesugustel katsetel ja analüüsidel. Neid planeeritakse ette ja viiakse läbi võimalikult kindlalt kontrollitavates tingimustes, et selgitada nende faktorite toimet, mida meil on tarvis teada.

Väetiste efektiivsust, nende optimaalseid annuseid, andmisviise ja kõige sobivamaid omavahelisi kombinatsioone konkreetsetes mullastikulistes ja teistes kohalikes tingimustes on võimalik selgitada eeskätt väetuskatsete abil. Väetuskatsed jagunevad üldjoontes järgmiselt: põldkatsed, nõukatsed, tootmiskatsed. Ainuüksi põldkatsete metodika ja katseandmete ümbertöötamise kohta on ilmunud palju kirjandust. Käesolevas on võimalik väetuskatsete korraldamist ainult väga põgusalt tutvustada.

#### 7.1.1. PÕLDKATSED

Põldkatse all mõistetakse looduslikes (põllu-)tingimustes selleks eraldatud maa-alal läbiviidavat uurimistööd, milles selgitatakse mingi faktori mõju kasvatatava kultuuri saagile. Põldkatseid ei korraldata ainult põllul, vaid ka kultuurkarjamaal, viljapuaedades ja mujal sõltuvalt kultuurist, mida uuritakse. Ala, kus põldkatse läbi viiakse, nimetatakse katsepõlluks.

Mitmesuguste agrotehnika, sealhulgas ka väetamise küsimuste selgitamisel on põldkatsetel esmajärguline tähtsus. Kultuuride kasvutingimused põldkatsetes hoitakse võimalikult lähedased tootmistingimustele. Põldkatsete abil saab kindlaks teha, mitme tsentneri võrra antud mullastiku-, ilmastiku- ja teistes konkreetsetes kohalikes tingimustes hektarilt saadav saak rakendatud faktori (näit. väetis, selle annus, andmisaeg jne.) toimel suureneb või väheneb ja kuidas muutub saagi kvaliteet ning keemiline koostis.

Põldkatsed võivad olla lühiajalised või pikaajalised ehk püsi-

katsed. Viimased viiakse läbi samal kohal aastate või isegi aastakümnete vältel.

Enne katse rajamist peab olema selge selle eesmärk. Vastavalt eesmärgile koostatakse katse skeem, mis väetuskatse korral koosneb väetusvariantide loetelust. Lihtsaim katse koosneb kahest variandist — kontrollvariandist, mis on võrdlemisel aluseks (mõõduks), ja variandist, kus rakendatakse uuritavat faktorit. Sel korral saame aga katses vastuse ainult ühele küsimusele. Näiteks katses  $NK-NK P_s$  selgub, kui palju mõjutab saaki superfosfaat ( $P_s$ ). Kolmevariandiline katse annab informatsiooni märksa rohkem. Nii selgub katses  $NK-NK P_s-NK P_f$  peale superfosfaadi ja fosforiidijahu ( $P_f$ ) otsemõju (ts/ha) veel asjaolu, kas fosforiidijahu toime on võrdne superfosfaadi toimega või kui palju ta seltest erineb.

Kui tahetakse teada, milline kolmest põhitoeelemendist (N, P või K) saaki tõstab, ei piisa skeemist  $0-N-P-K$ , sest mitme toiteelemendi tugeva puuduse korral ei suurenda ühe elemendi juurdeandmine kuigi oluliselt saaki. Seetõttu on vajalikud eeskätt nende elementide kaksik- ja kolmikkombinatsioonid:

$0-PK-NK-NP-NPK$ .

Kui selles katses  $PK$ -variant saaki ei suurenda, kuid kõik variandid, kus leidub lämmastikku, annavad enam-vähem ühesuuruse saagi, siis suurendab saaki olulisel määral ainult lämmastikväetis. Kui  $NPK$ -variandi tasemeni ulatub ainult  $NP$ -variandi saak, on otstarbekas väetamisel anda ainult lämmastik- ja fosforväetist, kuna kaaliumväetise äräjätmine saaki ei vähenda. Niimoodi selgub selle skeemi korral iga väetise mõju kahe ülejäänud väetise foonil.

Erinevate väetisannuste toime selgitamise näitena olgu esitatud alljärgnev skeem:

$PK-PK N_{30}-PK N_{60}-PK N_{90}$ .

Antud juhul on  $PK$ -väetiste annused igal väetusvariandil samad, muutuvaks suuruseks on ainult lämmastikväetise annus. Sel juhul öeldakse, et katse lämmastikväetise optimaalse annuse leidmiseks korraldati  $PK$  foonil.

Et vähendada juhuslike tegurite segavat mõju, tuleb maa-ala katsepõllu jaoks valida võimalikult ühtlane reljeefi, mullastiku, eelviljade, varasema väetamise ja muude selliste tegurite poolest, mille erinevus katseala piirides võiks mõju avaldada saagi kujunemisele. Samal põhjusel ei või põldkatset rajada metsa, tee, kraavi ega karjafarmi vahetusse lähedusse. Eriti rangelt tuleb jälgida, et katsepõllu mullastik oleks tüüpiline sellele alale või piirkonnale, mida antud katsega tahetakse iseloomustada.

Katse rajamisel jagatakse maa-ala korrapäraselt lappideks. Katselapi suuruseks põldkatsetes on tavaliselt 50–150 m<sup>2</sup>. Katselapp tehakse pikliku põhikujuga. Väga väikeste lappidega (alla

10 m<sup>2</sup>) katsepõldudel on raske kasutada põllumajandustehnikat ja kõik tööd tehakse siis põhiliselt käsitsi. Selliseid mõne ruutmeetri suuruste katselappidega põldkatseid nimetatakse mikro-põldkatseteks ehk laboratoorseteks põldkatseteks. Mikro-põldkatsetes on taimede kasvutingimused tootispõldudega võrreldes suuresti erinevad. Katsetehnikast tingitud juhuslikud vead on mikropõldkatsetes suhteliselt suuremad. Mikropõldkatseid on kohane rakendada siis, kui põllu reljeefi ja mullastiku vaheldumine (kirevus) ei võimalda vajaliku suurusega maa-ala tavaliste põldkatsete jaoks eraldada, või kui puudub katsetehnika suuremate katselappidega põldkatsete korraldamiseks. Ka on mikropõldkatseted väga kohased sel juhul, kui uuritav küsimus on eeskätt teoreetilist laadi ja faktori iseloomu tõttu ei ole seda võimalik rakendada suuremal pindalal. Nii võib mõningate radioisotoopide kasutamine põldkatsetes kõne alla tulla ainult mikrokatsete korral.

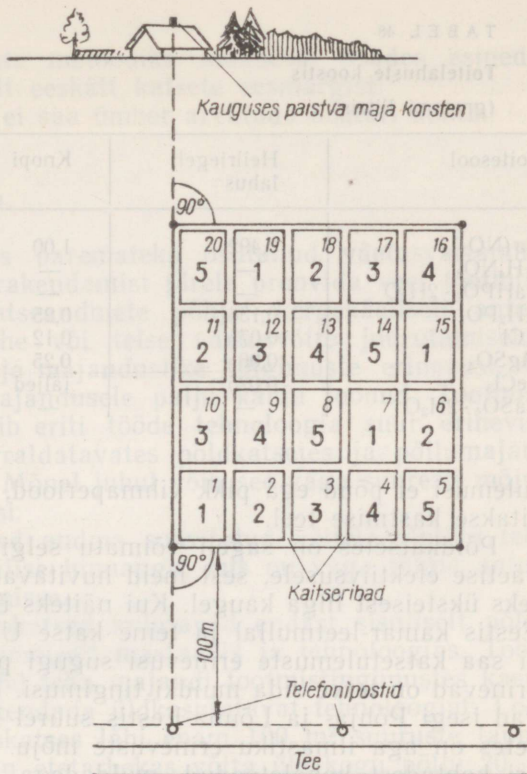
Ka kõige ühtlasemal põlluosal ei saa võrdsetelt pindaladelt (näit. igalt 100 m<sup>2</sup>-lt) ühesuurust saaki. Et elimineerida juhuslike tegurite mõju, tuleb katsevariante katsepõllul mitmes kohas korraldada. Katsepõllu osa, millel kõik katsevariandid esinevad ainult üks kord, nimetatakse üheks korduseks. Põldkatset viiakse läbi tavaliselt neljas korduses, kuid kordusi võib olla ka rohkem või vähem.

Katsevariandile rakendatakse ainult ühte uuritavat faktorit (väetis, selle annus jne.). Kõik teised saaki mõjustavad tegurid (künd, külv jne.) peavad olema ühtlased üle kogu katsepõllu. Kuigi katsepõllu asukoht tähistatakse reeperitega või seostatakse kindlate looduslike esemetega (majakorsten, telefonipost, kaugus üksikust puust jne.), esineb katsepõllu teistkordsel väljamõõtmisel ikkagi teatud mõõtmisviga. Ka mullaharimisega liigutatakse väetist edasi ja juba väetiste külv ei saa olla absoluutselt täpne. Selliste vigade mõju katseandmetele saab vältida kaitseribade abil. Kaitseribana eraldatakse iga katselapi välispiirilt tavaliselt 0,5... 1,0 m laiune riba, millelt saaki ei arvestata. Seega kujuneb kahe lapi vahele 1... 2 m laiune kaitseriba. Arvestatav lapp kannab arvestuslapi ehk puhaslapi nimetust. Arvestuslapp on kaitseriba pindala võrra üldlapiist väiksem.

Joonisel 33 on toodud üks võimalusi katsepõllu planeerimise ja kohalike esemetega seostamise näiteks.

Katse koristamiseks arvestatakse saak igalt lapilt eraldi. Iga lapi saagist võetakse keskmine proov kvaliteedinäitajate ning niiskuse ja toitainete sisalduse määramiseks. Katseandmete ümberarvutamisel väljendatakse saak tsentnerites hektari kohta, kusjuures terasaagid viiakse üle 14%-lisele niiskusele, põhu- ja heina-saadid aga 17%-lisele niiskusele, nn. standardniiskusele.

Katselappide kaupa leitud hektarisaagid töötatakse läbi variatsioonstatistiliselt. Suure töömahu tõttu rakendatakse selleks käes-



Joonis 33. Katse asukohta ja katsevariantide paiknemise skeem.

1...5 - katsevariantide numbrid  
1...20 - katsealappide numbrid

oleval ajal tavaliselt elektronarvuteid. Tihti on katseandmete ümbertöötamisel kasulik teha dispersioonanalüüs.

Olulisemate näitajatena tuuakse katseandmete ümbertöötamisel välja korduslappide saakide aritmeetilised keskmised ( $\bar{x}$ ), nende diferentsid (enamsaagid), suhtelised saagid (saak kontrollvariandilt = 100), korduslappide saakide varieerumist iseloomustav standardhälve ( $s$ ) ja piirdiferentsid ( $PD_{95\%}$ ,  $PD_{99\%}$  jne.). Viimased on kõige väiksemad enamsaagid (diferentsid), mis vastavad märgitud usutavusastmele (95%, 99% jne.).

## 7.1.2. NÕUKATSED

Nõukatsete ehk vegetatsioonkatsete korraldamine tuleb põldkatsetest märksa odavam. Paljudel juhtudel on aga nõukatsetel isegi tunduvald eeliseid põldkatsete ees. Nii ei mõjuta nõukatsete

**Toitelahuste koostis**  
(grammi liitris)

Toitesool	Hellriegeli lahus	Knopi lahus	Prjanišnikovi toitesegu
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,492	1,00	—
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	—	—	0,24
CaHPO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	—	—	0,172
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,136	0,25	—
KCl	0,075	0,12	0,16
MgSO <sub>4</sub>	0,06	0,25	0,06
FeCl <sub>3</sub>	0,025	jäljed	0,025
CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	—	—	0,344

tulemusi ei pöud ega pikk vihmaperiood, sest veerežiimi reguleeritakse kastmise teel.

Pöldkatsetes on sageli võimatu selgitada mulla mõju mingi väetise efektiivsusele, sest meid huvitavad mullad paiknevad selleks üksteisest liiga kaugel. Kui näiteks üks pöldkatse korraldada Eestis kamar-leetmullal ja teine katse Ukrainas mustmullal, siis ei saa katsetulemuste erinevusi sugugi panna mulla arvele, sest erinevad on terve rida muidki tingimusi. Ilmastikutingimused võivad isegi Põhja- ja Lõuna-Eestis suurel määral erineda. Nõukatsetes on aga ilmastiku erinevuste mõju täiesti kõrvaldatud, sest eri kohtadest kohaletoodud muldadega viiakse nõukatset läbi võrdsetes tingimustes. Nii on nõukatsete abil lihtne selgitada, millistel muldadel avaldab näiteks fosforiidijahu niisama suurt mõju kui superfosfaat ja millistel muldadel ei pääse ta üldsegi mõjule.

Nõukatseid korraldatakse kasvuhoonetes. Selleks saab kasutada isegi üsna primitiivseid varjualuseid, kuhu katsetaimed lükatatakse vagonettidel varjule ainult tugeva vihma ajaks. Nõukatsetes kasvatatakse taimi vegetatsiooninöudes, mille maht on tavaliselt 2...10 liitrit. Taimede toitumise küsimusi selgitatakse nõukatsetes sagedamini vesi- või liivkultuuris, mitmesuguseid väetusküsimusi aga tavaliselt muldkultuuris või liivkultuuris.

Taimede kasvatamisel vesikultuuris tuleb kasutada füsioloogiliselt tasakaalustatud toitelahust. Tuntumad nendest on Hellriegeli ja Knopi lahus (tabel 48). Prjanišnikovi toitesegu (selle kõik komponendid ei lahustu vees) on sobiv kasutada eeskätt liivkultuuris. Katse otstarbel modifitseeritakse toitelahuseid.

Muldkultuuris kasutatakse harilikult tavalisi väetisi. 10 kg mulda mahutava vegetatsiooninöu kohta antakse kuni 1 g N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja K<sub>2</sub>O, juurviljadele isegi kuni 2 g. Arusaadavalt võib väetis-

annustes nagu nõukatsete meetodika muudeski osades esineda suuri erinevusi, sõltuvalt eeskätt katsete eesmärgist.

Nõukatsete andmeid ei saa ümber arvutada hektari kohta.

### 7.1.3. TOOTMISKATSED

Nõu- ja põldkatsetes paremateks osutunud väetusvariandid tuleb enne ulatuslikku rakendamist järele proovida veel tootmistingimustes. Väheste katseandmete põhjal kergekäeliselt antud juhtnöörid ja nõuded ühe või teise väetusvõtte juurutamiseks, arvestamata looduslike ja majanduslike tingimuste erinevusi, on minevikus meie põllumajandusele palju kahju toonud. Tootmiskatsete vajalikkust tingib eriti tööde tehnoloogia suur erinevus katseasutuste poolt korraldatavates põldkatsetes ja põllumajanduslikus suurtootmises. Mõnel juhul võib see väga suuresti mõjutada saadavaid tulemusi.

Tootmiskatsed peavad andma soovitatud võttele lõpliku tehnoloogilise ja ökonoomilise hinnangu, mis on väga tähtis antud võtte juurutamisel tootmisse.

Väetusalased tootmiskatsed kujutavad endast sisuliselt põldkatseid. Erinevus on peamiselt mastaabis ja tehnoloogias. Tootmiskatses tuleb kõik tööd teha majandi tootmistingimustes kasutatava tehnikaga ja rakendada üldkasutatavat tehnoloogiat. Loomulikult ei saa tootmiskatses läbi enam 100 m<sup>2</sup> suuruste lappidega. Katselapid on siin otstarbekas võtta üle kogu põllu 20...50 m laiuste ribadena. Sellest tingituna ei saa ühte tootmiskatsesse võtta üle 2...5 katsevariandi.

Tootmistingimustes väetuskatsete korraldamisel tuleb silmas pidada põldkatsete meetodika üldisi nõudeid. Et tootmiskatse andmeid oleks võimalik matemaatiliselt ümber töötada, peab korduste arv olema vähemalt 2...3. Erinevad kordused võivad aga paikneda ka lahus põllutükkidel.

## 7.2. KEEMILISED ANALÜÜSIMEETODID

Kõige kindlaimad andmeid väetamise vajaduse kohta konkreetses oludes, samuti ühe või teise väetusvõtte kohta saadakse väetuskatsete abil. Loomulikult ei saa kindlalt toetuda ainult ühe väetuskatse tulemustele, sest saagid sõltuvad paljudest erinevatest ja muutuvatest faktoritest, nagu antud põllu mullastikust, sademetest, kultuurist ja sordist jne. Vajadus väetuskatsete järele on väga suur. Neid tuleb ajas (eri aastatel) ja ruumis (eri muldadel) rohkesti korrata. Seetõttu nõuab katsetöö palju aega ja rohkesti materiaalseid vahendeid.

Väetuskatsete korraldamisel on väga palju analüüsitud kasva-

vaid taimi, saake ja mullaproove. Avastatud seaduspärasused võimaldavad sageli hea eduga kasutada kalliste väetuskatsete asemel kiiresti läbiviidavaid ja odavaid keemilise analüüsi meetodeid.

Taimede analüüs. Ühe või teise toiteelemendi puudus põhjustab taimede normaalse keemilise koostise muutusi. Need avalduvad eeskätt taimede vegetatiivsetes osades, kuna generatiivorganeid varustatakse vajalike ainetega eelisjärjekorras. Taimede üldanalüüs on siiski küllalt aeganõudev ega tule operatiivse agrokeemiateenistuse vajaduste jaoks kõne alla. Taimse materjali üldanalüüsi andmed leiavad laialdast kasutamist toiteelementide bilansi väljatoomisel väetuskatsetes.

Põllumajanduse praktika jaoks on välja töötatud kasvavate taimede mahla kiiranalüüsi meetodid. Nõukogude Liidus on tuntumad Magnitski ja Tserlingi meetod. Et analüüsimiseks kogutakse kasvavate taimede lehti, on neid analüüsimetodeid hakatud nimetama lehediaagnostilisteks meetoditeks. Analüüsitakse lehevartest pigistatud mahla või lehevarre lõikusid. Kolorimeetriliste meetodite abil tehakse kindlaks taimemahla nitraatlämmastiku ja anorgaanilise fosfori sisaldus, samuti ka kaaliumi-, magneesiumi- ja kloorisisaldus. Analüüs on kiire, kuid meetodi ulatuslikku rakendamist piirab asjaolu, et nimetatud elementide sisalduse kriitiline tase taimemahlas ei ole kuigi püsiv, vaid sõltub paljudest tegureist ning muutub suuresti taime kasvades. Ka ei ole toiteelementide avastatud puuduse korral suurte taimede väetamine enam kuigi hästi korraldatav ja väetamise efektiivsus jääb madalaks.

Mulla analüüs. Kogu maailmas määratakse väetiste vajadust ulatuslikult mulla analüüside põhjal. Selleks määratakse liikuvate ehk kergesti lahustuvate toitainete sisaldus muldas. Määramismetodeid on palju. Varem läbiviidud ulatusliku meetodilise uurimistöo põhjal selgitatakse välja, milline meetod on antud oludes rakendamiseks kõige kohasem ning püstitatakse selle rakendamiseks vajalikud piirväärtused — antud toiteelemendi sisalduse intervallid, mis tähistavad taimede varustatuse head, keskmist, madalat jne. taset. Niimoodi saadaksegi liikuvate toitainete sisalduse kaudu prognoosida väetamise vajadust ja isegi vajalikku väetisannuse suurust.

### 7.3. AGROKEEMIA TEENISTUS EESTI NSV-s

Agrokeemiateenistuse all mõeldakse põllumajanduse agrokeemilise teenindamise organisatsiooni. See tugineb massiliste mullaanalüüside tegemiseks, aga samuti väetiste ja taimse materjali analüüsimiseks rajatud agrokeemialaboratooriumidel.

Sihikindel teaduslik uurimistöo väetiste ratsionaalsel kasuta-

misel algas Eestis käesoleva sajandi algul. Eriti on see seotud Riigi Põllutöö Katsejaama asutamisega 1920. aastal. Nimetatud katsejaama uurimistöö eriküsimuseks kujunes muldade väetustarbe määramine keemiliste meetoditega.

Agrokeemiateenistuse algusaastaks võib pidada aastat 1928, mil Riigi Põllutöö Katsejaama laboratooriumides määrati katsepõldude mullaproovide kõrval ka mitmest riigimõisast võetud mulla-proovides omastatavate fosfori- ja kaaliumiühendite sisaldust. Vabariigi muldade edasisel uurimisel selgus, et Lõuna-Eesti muldad on tunduvalt fosforivaesemad kui Põhja-Eesti muldad. Nende materjalide põhjal tõstis N. Ruubel 1935. aastal üles kogu vabariigi muldade väetistarbe süstemaatilise määramise küsimuse. Kogu edaspidine teaduslik uurimistöö oli nüüd suunatud väetistarbe määramise parimate keemiliste meetodite selgitamiseks.

Põhiliselt 1937. aastal rajatud väetuskatsete muldade analüüsi tulemuste kõrvutamisel saagi andmetega leiti, et fosforväetistarbe määramisel andis paremaid tulemusi Egnéri laktaatmeetod (ühtivus põldkatsete tulemustega ligi 90%) ja kaaliumväetistarbe määramisel Morgani atsetaatmeetod. Need meetodid võetigi 1940. aastal muldade väetistarbe laboratoorse määramise aluseks. Selleks otstarbeks ehitati ja sisustati Riigi Põllumajandusliku Uurimis- ja Katseinstituudi laboratooriumid Kuusikule.

Olgu märgitud, et lühikest aega 1937/38. aastal tegeles muldade väetistarbe määramisega Lõuna-Eestis ka Liivimaa Üldkasuliku ja Ökonoomilise Ühingu laboratoorium Tartus.

Sõjajärgsel perioodil määrati muldade fosforväetistarvet Egnéri laktaatmeetodil ja kaaliumväetistarvet esialgu Morgani atsetaatmeetodil, hiljem Schachtschabeli meetodil. Varsti aga mindi üle Egnér-Riehmil topeltlaktaatmeetodile, mis on fosfor- ja kaaliumväetistarbe määramisel kasutusel kuni käesoleva ajani.

Analüüsitud 14 248 mullaproovi andmete põhjal tegi K. Tarandi 1940-ndate aastate lõpul kokkuvõtte vabariigi muldade liikuvate fosfori- ja kaaliumiühendite sisalduse kohta. Uurimistulemused näitasid, et meie muldadest on 80,3% fosforivaesed ja ainult 10,1% fosforirikkad, kusjuures viimased on koondunud põhiliselt Põhja-Eesti rannikupiirkonda, moodustades seal fosforirikka võõndi. Palju parem ei olnud olukord ka omastatavate kaaliumiühendite sisalduselt: 48,6% muldadest olid liikuva kaaliumi poolest vaesed ja ainult 10,4% rikkad.

Vahepeal ei tehtud rea aastate vältel väetistarbe massmääramist. Seoses väetiste ulatuslikuma kasutamisega aga kasvas vajadus muldade väetistarbe detailseks määramiseks. 1957. aastal alustatigi taas väetistarbe keemilist määramist ja väetistarbekaartide koostamist majanditele. Algul toimus see töö Eesti NSV Sohooside Ministeriumi liinis, 1958. aastal aga organiseeriti EMMTUI Kuusiku Katsebaasi laboratooriumide baasil väetistarbe

laboratoorium ülesandega teenindada kogu vabariigi põllumajandust väetistarbe määramiseks vajalike analüüsidega, teha vastavasisulist uurimistööd väetuskatsete laialdase võrgu baasil ning anda teaduslikult põhjendatud soovitusi väetiste kasutamiseks, arvestades kultuuride nõudeid ja mulla toitainete sisaldust.

Arvestuste kohaselt oli vaja analüüsida päevas kuni 1200 mullaproovi ja teha igast proovist kolm analüüsi: laktaatlahustuv fosfor, laktaatlahustuv kaalium ja pH. Laboratoorium sisustati põhiliselt kohapeal valmistatud originaalse ja suure tootlikkusega aparatuuriga, mis võimaldab vähese inimtööjõuga määrata väetistarvet kiiresti ja küllalt täpselt: igale analüüsile kulub keskmiselt vaid 7 sekundit. Laboratooriumi iga töötaja kohta tehakse kuni 240 analüüsi päevas.

Väetistarbe määramise I ring tehti aastatel 1957—1964. Sellest tööst võttis EMMTUI kõrval osa ka Riiklik Projekteerimise Instituut «Eesti Põllumajandusprojekt»: võttis mullaproovid ja valmistas hiljem väetistarbekaardid. Iga majand sai fosfor- ja kaaliumväetiste tarbe kaardi ja lubjatarbekaardi ning nende kasutamise juhendi. Analoožilised andmed, kuid tabelite kujul majandite järgi, said ka põllumajandusvalitsused ja Eesti NSV Põllumajanduse Ministerium. Viimased kasutasid neid mineraalväetiste jaotamiseks rajoonide ja majandite vahel.

Kokkuvõtted väetistarbe määramise I ringist iseloomustavad 910 500 hektarit kultuurmaad, mis moodustab 99% kolhooside, sovhooside ja teiste majandite kultuurmaast. Selleks koguti 475 000 keskmist mullaproovi ja tehti üle 1,7 miljoni analüüsi. Nimetatud töö kokkuvõtlikud tulemused fosfor- ja kaaliumväetiste kohta on

TABEL 49

Eesti NSV kultuurmaa fosfor- ja kaaliumväetistarve

Fosforväetise vajaduse aste	Laktaatlahustuva $P_2O_5$ sisaldus mg/100 g	Osa-tähtsus vabariigi kultuurmaast %	Kaaliumväetise vajaduse aste	Laktaatlahustuva $K_2O$ sisaldus mg/100 g	Osa-tähtsus vabariigi kultuurmaast %
Väga suur	kuni 3	55,0	Väga suur	kuni 5	30,2
Suur	3,1... 7,0	25,9	Suur	6... 10	36,2
Keskmine	7,1... 14,0	11,2	Keskmine	11... 20	27,0
Väike	14,1... 28,0	4,9	Väike	21... 40	6,0
Väga väike või puudub	üle 28,0	3,0	Väga väike või puudub	üle 40	0,6

ntoodud tabelis 49 ja joonistel 34 ja 35, lupjamisvajadusest on ülevaade antud eespool (lk. 171).

Esitatust näeme, et meie muldade fosfor- ja kaaliumväetistarve on õige suur. Seejuures paiknevad vähesed fosforirikkad mullad kitsal alal Põhja-Eestis, kuid kaaliumväetistarbes nii suurt erinevust ei esine. Siiski on kaaliumväetiste vajadus suhteliselt väiksem saartel ja mandri loodeosas, kuna lõuna- ja idaosas, välja arvatud Kohtla-Järve rajoon, on kaaliumväetiste vajadus suurem.

Väetistarbe määramise I ringi materjalide põhjal on välja töötatud ja juurutatud järgmised abinõud:

1) mineraalväetiste vabariikliku fondi jaotamine rajoonide vahel väetistarvet ja keskmist saagikust arvestades;

2) mineraalväetiste jaotamise süsteem rajoonides majandite vahel;

3) väetiste kasutamise alused majandis väetistarvet ja teisi maaviljeluse tegureid arvestades;

4) lupjamist vajavad pinnad ja lubiväetiste kasutamise normid nende lupjamiseks.

Loetletud abinõude kompleks on võimaldanud mineraalväetiste säästlikuma kasutamise ja happeliste muldade lupjamise arvel toota rohkem põllumajandussaadusi kogu vabariigi ulatuses enam kui 200 miljoni söötühiku võrra aastas ehk ca 10% viimaste aastate keskmisest kogutoodangust.

EMMTUI väetistarbe laboratoorium oli esimene omataoline kogu Nõukogude Liidus nii töö sisult, ulatuselt, kaasaegse tehnika rakendamise, tööviljakuse kui ka töö tulemuste efektiivsuse poolest. Neid kogemusi arvestati agrokeemiateenistuse reorganiseerimisel Nõukogude Liidus. Ühtse riikliku agrokeemiateenistuse loomisel 1964. aastal reorganiseeriti agrokeemiateenistus ka meie vabariigis. Eesti NSV Ministrite Nõukogu määrusega nr. 431 15. septembrist 1964. aastast organiseeriti meil Vabariiklik (piirkondlik) Agrokeemia Laboratoorium (VAL) EMMTUI juurde.

Vastavalt põhimäärusele kuulub VAL-i ülesannetesse kogu vabariigi põllumajandusliku tootmise agrokeemiline teenindamine, mis koosneb järgmistest põhiosadest:

1) muldade väetistarbe määramine (fosfor-, kaalium- ja lubiväetised) alates proovi võtmisest ja lõpetades materjali lõpliku vormistamisega;

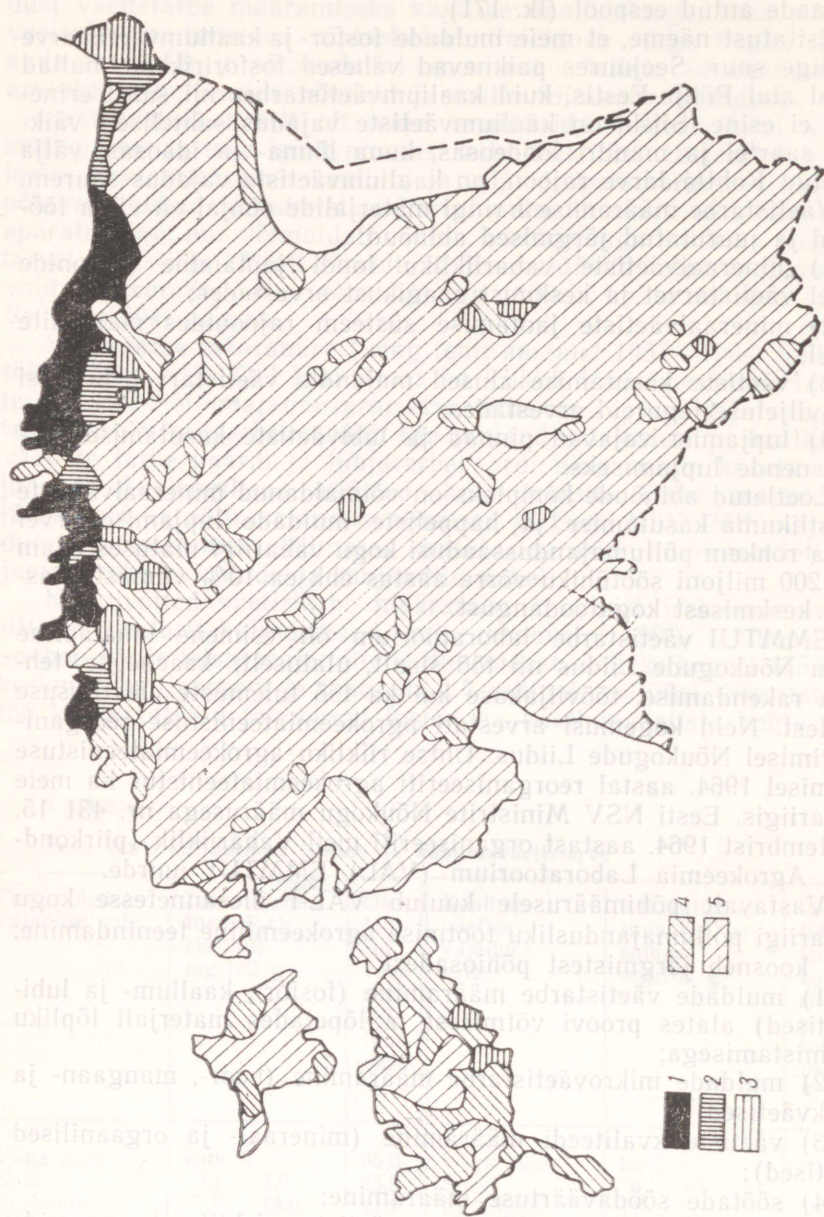
2) muldade mikroväetistarbe määramine (boor-, mangaan- ja vaskväetised);

3) väetiste kvaliteedi määramine (mineraal- ja orgaanilised väetised);

4) söötade söödaväärtuse määramine;

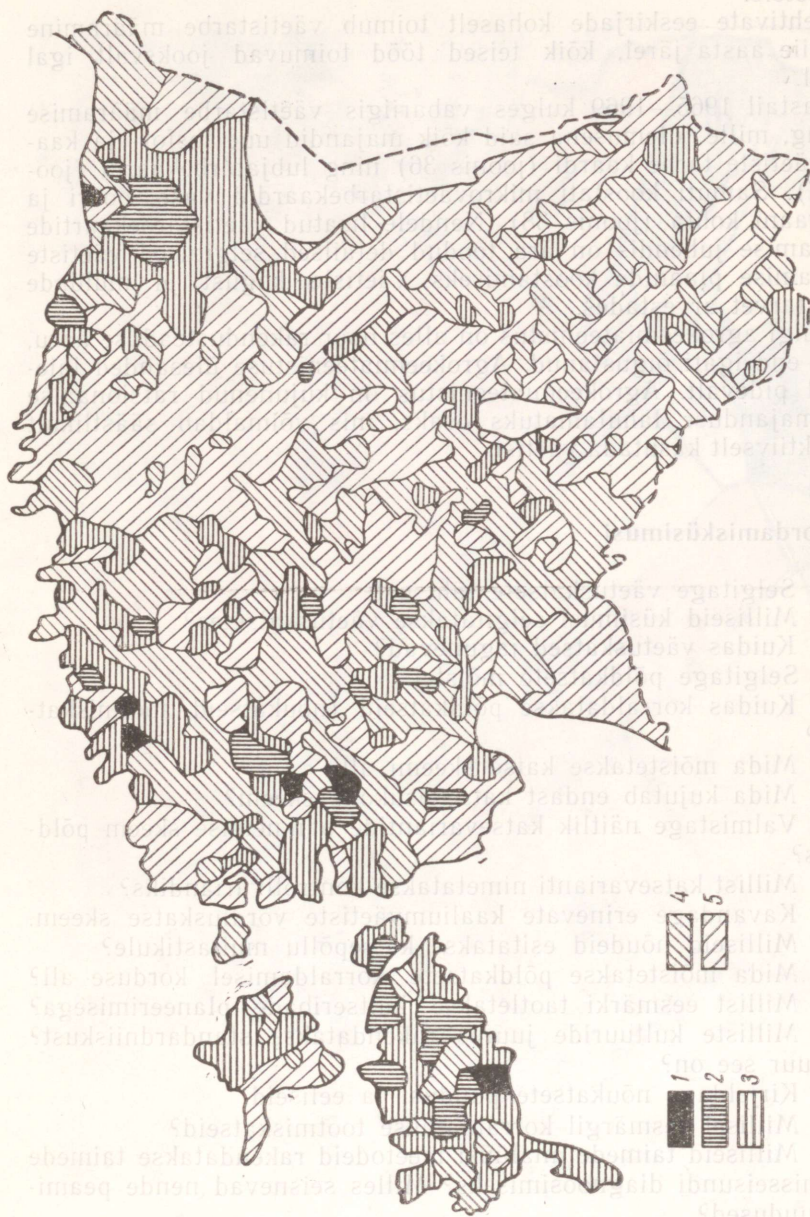
5) väetuskatsete korraldamine väetiste efektiivsete normide kontrollimiseks sõltuvalt mulla toitainete sisaldusest;

6) koos teadusliku uurimise instituutidega soovitude koosta-



Joonis 34. Eesti NSV kultuurmaa fosforväetiste vajadus (V. Valleri järgi; sulgudes laktaatlahustuva  $P_2O_5$  väärtus sisaldus mullas mg/100 g):

1 — väga väike (25...40); 2 — väike (40...60); 3 — keskmine (60...80); 4 — suur (80...100); 5 — väga suur (100...150).



Joonis 35. Eesti NSV kultuurmaa suhteline kaaliumväetiste  $\downarrow$  vajadus (V. Valleri järgi; sulgudes laktaatlahus-  
 tuva  $K_2O$  valdav sisaldus mullas mg/100 g):  
 1 — väga väike (19...21); 2 — väike (15...18); 3 — keskmine (11...14); 4 — suur (8...10); 5 — väga suur (kuni 7).

mine väetiste ratsionaalseks kasutamiseks vastavalt väetistarbe andmetele.

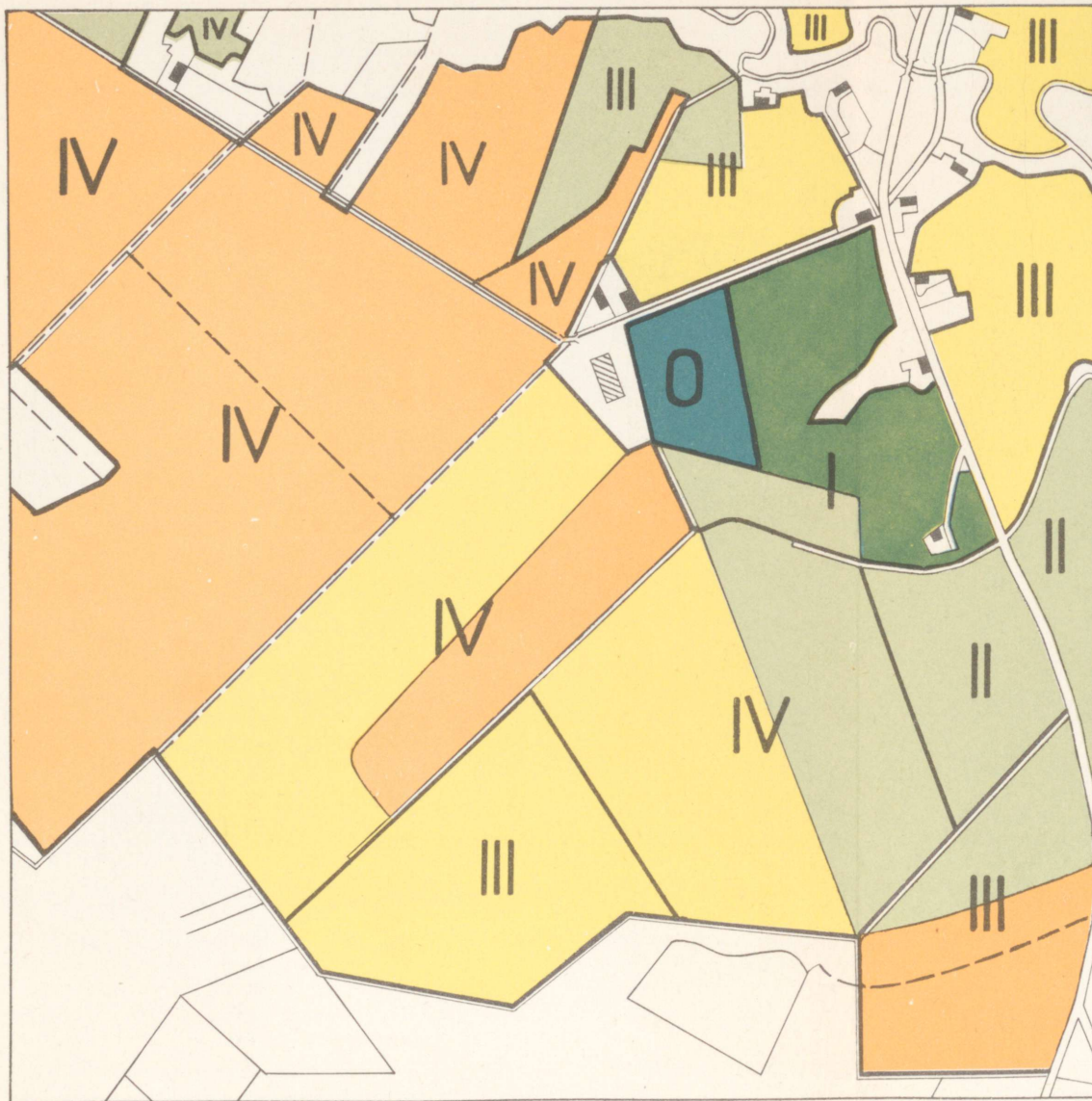
Kehtivate eeskirjade kohaselt toimub väetistarbe määramine iga viie aasta järel, kõik teised tööd toimuvad jooksvalt igal aastal.




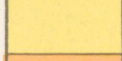

Aastail 1965—1969 kulges vabariigis väetistarbe määramise II ring, mille tulemusena said kõik majandid uue fosfor- ja kaaliumväetiste tarbe kaardi (joonis 36) ning lubjatarbekaardi (joonis 37). Samuti koostati mikroväetistarbekaardid vase, boori ja mangaani kohta (joonis 38). Nendele lisatud väetistarbekaartide kasutamise juhendis on ära toodud detailsed selgitused väetiste kasutamise plaanide koostamiseks väetiste kogust ja muldade väetistarvet arvestades.

Kuigi agrokeemiasteenistus on alles noor rakendusteaduse haru, on ta end igati õigustanud. Agrokeemiasteenistuse ülesanded laienevad pidevalt. Agrokeemiasteenistus on kujunenud ratsionaalse põllumajanduse lahutamatuks osaks, mis võimaldab säästlikult ja efektiivselt kasutada väetisi.

### Kordamisküsimusi


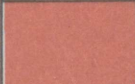


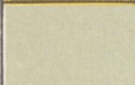
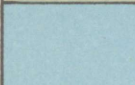
1. Selgitage väetuskatsete tähtsust.
  2. Milliseid küsimusi selgitatakse väetuskatsetes?
  3. Kuidas väetuskatsed jagunevad?
  4. Selgitage põldkatsete mõistet.
  5. Kuidas korraldatakse põldkatseid (nõukatseid, tootmiskatseid)?
  6. Mida mõistetakse katse skeemi all?
  7. Mida kujutab endast katse asukoha skeem?
  8. Valmistage näitlik katsevariantide paiknemise skeem põldkatses?
  9. Millist katsevarianti nimetatakse kontrollvariandiks?
  10. Kavandage erinevate kaaliumväetiste võrdluskatse skeem.
  11. Milliseid nõudeid esitatakse katsepõllu mullastikule?
  12. Mida mõistetakse põldkatsete korraldamisel korduse all?
  13. Millist eesmärki taotletakse kaitseribade planeerimisega?
  14. Milliste kultuuride juures rakendatakse standardniiskust?
- Kui suur see on?
15. Kirjeldage nõukatsete puudusi ja eeliseid.
  16. Millisel eesmärgil korraldatakse tootmiskatseid?
  17. Milliseid taimede analüüsi meetodeid rakendatakse taimede toitumisseisundi diagnoosimiseks? Milles seisnevad nende peamised puudused?
  18. Mis otstarbeks rakendatakse liikuvate toitainete sisalduse määramist mullas?

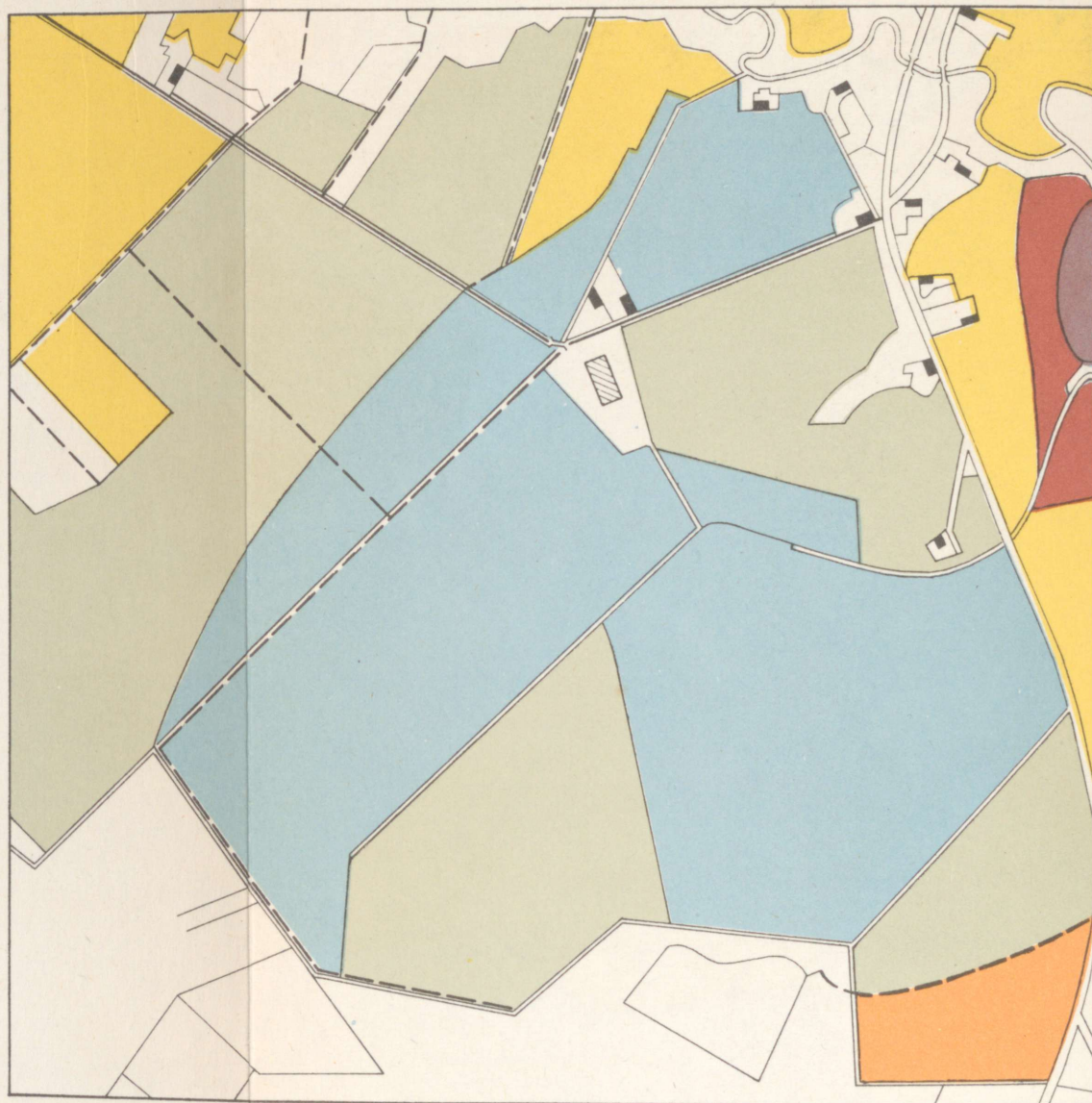


Tähistus kaardil	Kaaliumväetise vajaduse aste
	Väga väike või puudub
	Väike
	Keskmine
	Suur
	Väga suur

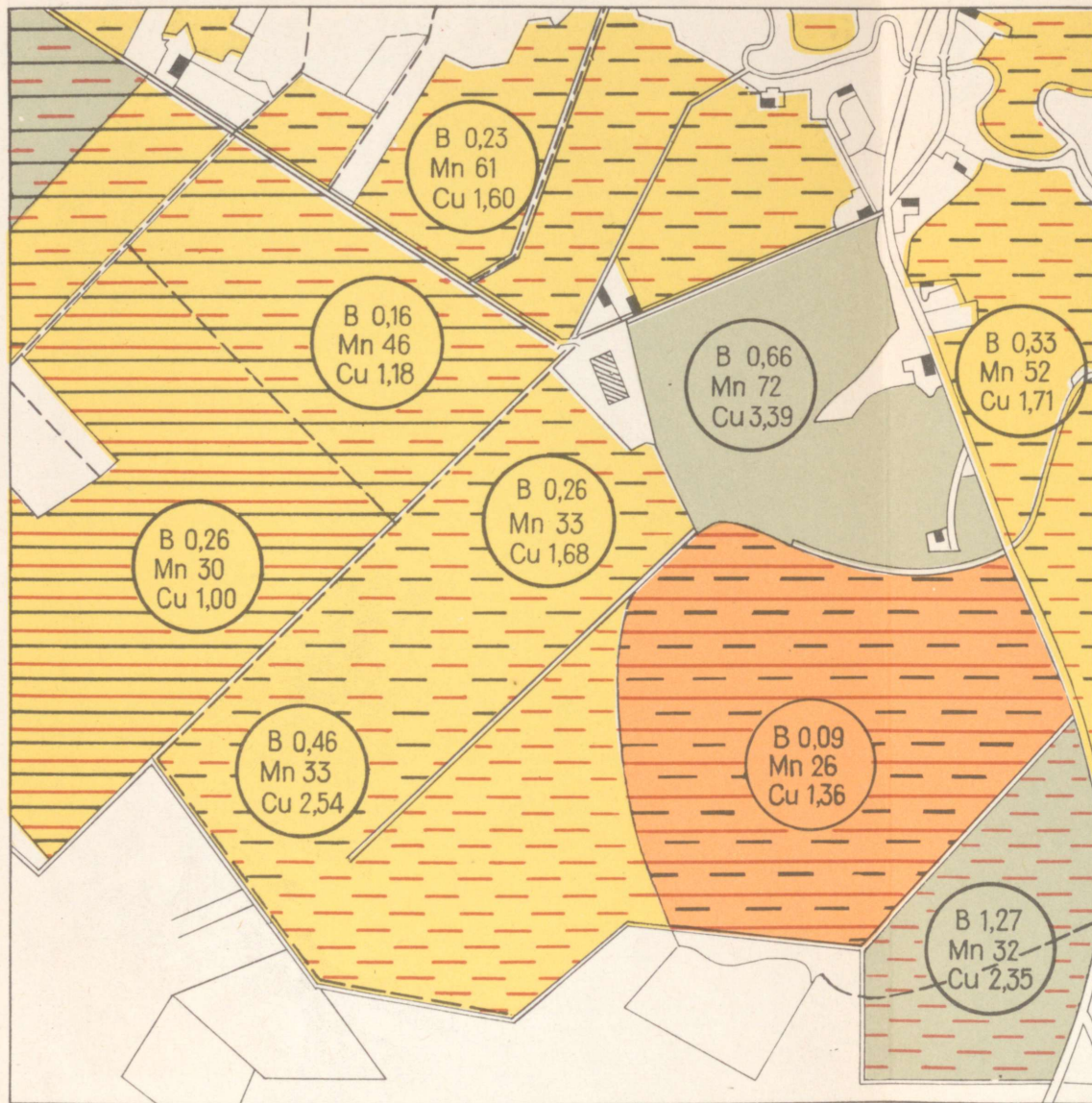
Tähistus kaardil	Fosforväetise vajaduse aste
0	Väga väike või puudub
I	Väike
II	Keskmine
III	Suur
IV	Väga suur

Joonis 36. Fragment majandi fosfor- ja kaaliumväetiste tarbe kaardist.

Tähistus kaardil	Künnikihi reaktsioon (pH)	Lupjamisvajadus
	alla 4,0	Väga suur
	4,1... 4,5	Suur
	4,6... 5,0	Keskmine
	5,1... 5,5	Väike
	5,6... 6,5	Väga väike või puudub
	üle 6,5	Puudub



Joonis 37. Fragment majandi mullareaktsiooni- ja lubjatarbekaardist.



Joonis 38. Fragment majandi mikroväetistarbekaartist.

MIKROELEMENTIDE SISALDUS MG-DES  
1 KG MULLAS  
(Kantud kaardile proovi võtmise asukohta)

B 0,06 boori 0,06 mg/kg  
Cu 1,2 vaske 1,2 mg/kg  
Mn 170 mangaani 170 mg/kg

Madala agrofooni korral on mikroväetisi otstarbekohane kasutada ainult suure vajadusega muldadel.

BOORVÄETISE VAJADUS

Värvus kaardil	Boorväetise vajadus	Künnikihi reaktsioon (pH)	Veeslahustuva boori sisaldus mg-des 1 kg mullas	
			raskematel muldadel	kergematel muldadel
suur	suur	« 6,8	alla 0,21	alla 0,1
		» 6,8	alla 0,31	alla 0,1
väike	väike	« 6,8	0,21... 0,40	0,1... 0,21
		» 6,8	0,31... 0,60	0,1... 0,31
ei vaja	ei vaja	« 6,8	üle 0,40	üle 0,21
		» 6,8	üle 0,60	üle 0,31

VASKVÄETISE VAJADUS

Tähistus kaardil	Vaskväetise vajadus	Liikuva vase sisaldus mg-des 1 kg mullas	
suur	suur	mineraalmuldadel	alla 1,0
		turvasmuldadel	alla 2,0
väike	väike	mineraalmuldadel	1,0...2,0
		turvasmuldadel	2,0...3,0
Viirutamata	ei vaja	mineraalmuldadel	üle 2,0
		turvasmuldadel	üle 3,0

MANGAANVÄETISE VAJADUS

Tähistus kaardil	Mangaanväetise vajadus	Liikuva mangaani sisaldus mg-des 1 kg mullas
suur	suur	alla 31
väike	väike	31... 70
Viirutamata	ei vaja	üle 70



19. Milline on mulla liikuv fosfori ja kaaliumi määramise ajalugu Eestis?

20. Millised asutused on Eestis tegelnud väetistarbe määramisega mullaproovide massilise analüüsi kaudu?

21. Mida tähendab lühend VAL? Millised on selle asutuse ülesanded?

22. Iseloomustage vabariigi kultuurmaa fosfor- ja kaaliumväetiste vajadust.

## 8. VÄETUSÜSTEEM

### 8.1. VÄETUSÜSTEEMI KOOSTAMISE ALUSED

Väetussüsteem on kultuuride väetamise planeeritud korraldus, mille eesmärgiks on saavutada maksimaalne saak ja kvaliteet ning vähendada väetiste kasutamise kulusid. Väetussüsteemi koostamine nõuab teadmisi põllumajanduse, bioloogia, keemia, füsioloogia ja muude teaduste alal. Väetussüsteemi koostamine nõuab ka teadmisi põllumajanduse majandusliku olukorra kohta ja väetiste tootmise, transporti ja rakendamise tehnoloogiat.

Väetussüsteemi koostamine nõuab teadmisi põllumajanduse, bioloogia, keemia, füsioloogia ja muude teaduste alal. Väetussüsteemi koostamine nõuab ka teadmisi põllumajanduse majandusliku olukorra kohta ja väetiste tootmise, transporti ja rakendamise tehnoloogiat.

Väetussüsteemi koostamine nõuab teadmisi põllumajanduse, bioloogia, keemia, füsioloogia ja muude teaduste alal. Väetussüsteemi koostamine nõuab ka teadmisi põllumajanduse majandusliku olukorra kohta ja väetiste tootmise, transporti ja rakendamise tehnoloogiat.

Väetussüsteemi koostamine nõuab teadmisi põllumajanduse, bioloogia, keemia, füsioloogia ja muude teaduste alal. Väetussüsteemi koostamine nõuab ka teadmisi põllumajanduse majandusliku olukorra kohta ja väetiste tootmise, transporti ja rakendamise tehnoloogiat.

Väetussüsteemi koostamine nõuab teadmisi põllumajanduse, bioloogia, keemia, füsioloogia ja muude teaduste alal. Väetussüsteemi koostamine nõuab ka teadmisi põllumajanduse majandusliku olukorra kohta ja väetiste tootmise, transporti ja rakendamise tehnoloogiat.

Väetussüsteemi koostamine nõuab teadmisi põllumajanduse, bioloogia, keemia, füsioloogia ja muude teaduste alal. Väetussüsteemi koostamine nõuab ka teadmisi põllumajanduse majandusliku olukorra kohta ja väetiste tootmise, transporti ja rakendamise tehnoloogiat.

Väetussüsteemi koostamine nõuab teadmisi põllumajanduse, bioloogia, keemia, füsioloogia ja muude teaduste alal. Väetussüsteemi koostamine nõuab ka teadmisi põllumajanduse majandusliku olukorra kohta ja väetiste tootmise, transporti ja rakendamise tehnoloogiat.

Väetussüsteemi koostamine nõuab teadmisi põllumajanduse, bioloogia, keemia, füsioloogia ja muude teaduste alal. Väetussüsteemi koostamine nõuab ka teadmisi põllumajanduse majandusliku olukorra kohta ja väetiste tootmise, transporti ja rakendamise tehnoloogiat.

## 8. VÄTUSSÜSTEEM

### 8.1. VÄTUSSÜSTEEMI KOOSTAMISE ALUSED

Vätussüsteem on kultuuride väetamise plaanipärane korraldamine majandis ja selle tootmisüksustes (brigaad, osakond). Väetussüsteemis nähakse ette väetiste annused, andmise ajad ja viisid kultuuride ja põldude järgi ning väetiste varumise, säilitamise, transpordi ja muldaviimise tehnoloogia.

Vätussüsteemi ülesandeks on taimede toitumise parandamine ratsionaalse väetamise teel. Taimede varustamisel toitainetega suureneb koos maaviljeluse intensiivistumisega mineraalväetiste osa, võrreldes orgaaniliste väetistega. Orgaanilised väetised on aga asendamatud taimede toitumistingimuste parandamisel.

Õige (ratsionaalne) väetussüsteem peab tagama ka mullaviljakuse säilimise ja tõusu, mis avaldub taimede poolt omastatavate toitainete varude suurenemises ja toitumistingimuste paranemises.

Vätussüsteemi koostamine algab väetisannuste planeerimisega. Selle aluseks on toitainete eemaldamine mullast saakidega, mullavarude kasutamine taimede poolt, toitainete omastamine väetistest ja väetiste efektiivsus.

#### 8.1.1. TAIMETOITAINETE EEMALDAMINE SAAKIDEGA

Saagiga põllult eemaldatud toitainete hulk tehakse kindlaks saagi suuruse ja keemilise koostise alusel. Toitainete eemaldamine väljendatakse harilikult ühe kaaluühiku (ts, t) põhitoodangu (terad, mugulad, juurikad jne.) kohta, kuid on arvestatud ka kõrvaltoodangus (põhk, varred, pealsed jne.) sisalduvaid taimetoitaineid. Peale selle kasutab taim teatud koguse toitaineid juurte kasvatamiseks, mida aga põllult saagiga ei eemaldata ja mis jäetakse harilikult arvestusest välja. Taimede poolt vegetatsiooniperioodil omastatud toitainete hulk on suurem saagiga eemaldatud toitainete hulgast. Omastatud toitainete üldhulka on vaja teada siis, kui uuritakse taimede toitumise seaduspärasusi. Väetamise praktiliste küsimuste

TABEL 50

**Taimetoitainete eemaldamine saakidega**  
 (kg toitaineid 1 ts põhitoodangu kohta)

Põhitoodangu liik ja kultuurid	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Terad:</b>			
rukis	3,1	1,4	2,6
taliniisu	3,0	1,3	2,4
suvinisu	2,6	1,2	2,4
oder	2,5...3,0	1,1...1,3	2,0
kaer	2,8...3,3	1,4	2,9
hernes	6,6	1,6	2,0
<b>Mugulad, juurikad:</b>			
kartul	0,50	0,20	0,80
söödakaalikas	0,25	0,10	0,43
suhkrupet	0,42	0,22	0,85
<b>Haljasmass:</b>			
mais	0,25	0,10	0,35
segatis (kaer + hernes)	0,40	0,18	0,60
mesikas	0,55	0,16	0,60
kerahain	0,60	0,15	0,60
karjamaarohi	0,5...0,8	0,12...0,20	0,5...0,8
<b>Hein:</b>			
ristikurohke põldhein	1,8...2,0	0,5...0,6	1,8...2,0
kõrrelisterohke põldhein	1,3...1,8	0,5	2,0
lutsern	2,5	0,5...0,8	2,0...3,0
kultuurniiduhein	1,5...1,8	0,4...0,6	2,0...3,5
<b>Linakiud</b>	8,0	4,0	7,0

lahendamisel aga piisab, kui on teada saagiga põllult äraviidavate toitainete kogused.

Tabelis 50 on toodud tähtsamate põllukultuuride saagiga eemaldatavate toitainete hulgad. Nende alusel saab arvutada saagiga eemaldatavaid toitainete hulki kultuuride järgi vastavalt planeeritud saagile. Toodud andmed on orienteerivad, sest saagi keemiline koostis on kõikuv, sõltudes mullastikust, agrotehnikast, sordist ning ilmastikutingimustest. Suuremad kõikumised esinevad terade (seemnete) lämmastikuisalduses ja varte (pealsete) kaaliumisisalduses.

H. Kūtsi andmetel oli suviteraviljade kasvuks ebasoodsatel põuastel aastatel (1963 ja 1966) odraterade lämmastikuisaldus kõrgem ja kaaliumisisaldus madalam kui soodsatel kasvuaastatel (1965 ja 1967). Fosforisisaldusele ilmastikutingimused olulist mõju ei avaldanud. Väetamine suurendas terade lämmastikuisal-

dust ainult odra kasvuks ebasoodsatel aastatel, fosfori- ja kaaliumisisaldus oli aga nii soodsatel kui ka ebasoodsatel aastatel väetamise mõjul pisut madalam kui väetamata.

Üldiselt on kuivemates kasvutingimustes taimede lämmastikusisaldus suurem ja kaaliumisisaldus madalam kui niiskemas kasvukohas.

Kultuuride rühmade (teraviljad, rühvelkultuurid, heintaimed) kaupa on saagiga eemaldatava N,  $P_2O_5$  ja  $K_2O$  suhe erinev. Teraviljadel on see suhe enamasti 1:0,5:0,9, rühvelkultuuridel 1:0,4:1,6 ja heintaimedel 1:0,3:1,0...1,5. Sellest tulenevalt vajavad teraviljad suhteliselt rohkem fosforväetisi ja vähem kaaliumväetisi kui rühvelkultuurid ja heintaimed.

### 8.1.2. MULLAVARUDE KASUTAMINE

Taimede poolt saakidega eemaldatavate toitainete tähtsaks katteallikaks on mullavarud. Väetamata mullal toituvadki taimed ainult mullavarudest, millele lisandub liblikõieliste taimede poolt seotud õhulämmastik. Mida suuremad on taimede poolt omastatavate toitainete varud mullas, seda viljakam on muld.

Lämmastikusisaldus meie mineraalmuldade künnikihis on 0,10...0,15%, mis hektari kohta ümberarvestatuna on ligikaudu 3000...4500 kg. Suur osa sellest (ligi 99%) on mullas orgaanilise ainaena, mille lagunemisel lämmastik vabaneb ammoniaagina (ammonifikatsioon). Ammooniumlämmastik hapendub mullas nitrifitseerivate bakterite kaasabil nitraatideks. Meie kliimatingimustes muutub mulla üldlämmastikust taimedele kättesaadavaks teraviljade kasvatamisel ligikaudu 0,5...1,5% ja rühvelkultuuride ning mustkesa puhul 1...2% aastas.

Nitraatlämmastiku sisaldus künnikihis on tavaliselt 0,5...2 mg 100 g mullas või 15...60 kg/ha, tõustes viljakates muldades ka kõrgemale. Et orgaanilise ainaena esinevat üldlämmastikku taimed otseselt kasutada ei suuda, siis ongi lämmastikväetiste tarbe määramisel sageli aluseks võetud nitraatide sisaldust mullas.

Kuivema kliima tingimustes peegeldab mulla nitraatide sisaldus üsnagi rahuldavalt lämmastikväetiste tarvet. Meie suhteliselt niiskes kliimas, kus sügisel ja varakevadel ning mõnikord suvelgi on muld veega küllastunud, uhutakse aga nitraadid künnikihist minema. Seepärast ei anna nitraatide määramine rahuldavat ülevaadet lämmastikväetiste vajadusest ning on püütud leida stabiilsemaid näitajaid lämmastikväetiste tarbe iseloomustamiseks. Üheks selliseks näitajaks on hüdrolüüsusuv lämmastik, mis eraldatakse mullast lahjade häpetega ( $0,5 N H_2SO_4$ ). Määramise tulemusi hinnatakse järgmiselt:

Hüdrolüüsuva lämmastiku sisaldus mg 100 g mullas	Hüdrolüüsuva lämmastiku sisalduse aste	Lämmastikväetise vajaduse aste
alla 4,0	madal	suur
4,0...6,0	keskmine	keskmine
üle 6,0	kõrge	väike

Ka hüdrolüüsuva lämmastiku määramise tulemused on lämmastikväetise tarbega paremas kooskõlas kuivema kliima korral. Peale selle tehakse nitrifikatsioonivõime, liikuva lämmastiku jt. määramisi, mis võivad abiks olla taimedele kättesaadava lämmastiku varude iseloomustamisel.

Oma dünaamilise iseloomu tõttu kaovad taimede poolt kasutamata jäänud lämmastikuühendid vegetatsiooniperioodide vaheajal mullast mitmesugustel põhjustel (nitraatide leostumine, denitrifikatsioon, ammooniumlämmastiku fikatsioon). Sellepärast muutub taimede poolt omastatavate lämmastikuühendite (nitraadid, ammooniumühendid) sisaldus mullas kiiresti ega saagi olla aluseks pikemale lämmastikväetistarbe planeerimisele.

Arvestades lämmastiku üldist puudust meie muldades ja lämmastikväetiste suurt mõju enamiku kultuuride saagile, on vaja lämmastikväetised planeerida igal aastal vastavalt kultuuride nõudlusele. Erandi moodustavad meie vabariigis ülesharitud hästi lagundunud turvasmullad, kus orgaanilise aine mineralisatsioon on sedavõrd intensiivne, et enamikule kultuuridele osutub lämmastikväetiste andmine üleliigseks.

Fosforisisaldus vabariigi põllumuldade künnikihis vastab enamasti 0,1...0,2%-le  $P_2O_5$ -le, olles väiksem leetunud ja suurem karbonaatsetes muldades. Üldfosforist on ligikaudu  $\frac{1}{4}$ ... $\frac{1}{3}$  orgaaniliste ja  $\frac{2}{3}$ ... $\frac{3}{4}$  mineraalsete fosfaatidena. Viimastest esinevad raud-, alumiinium- ja kaltsiumfosfaadid, kusjuures leetunud muldades on ülekaalus esimesed, karbonaatsetes aga kaltsiumfosfaadid.

Osa mineraalsetest fosfaatidest on kergemini lahustuvad ja kuuluvad kergesti lahustuvate ehk liikuvate fosfaatide (fosfori) hulka, mis on ka taimede poolt paremini omastatavad. Nagu eelmisest peatükist nägime, ongi liikuvate fosfaatide sisaldus mullas aluseks muldade fosforväetistarbe määramisel.

Kuidas taimed kasutavad mulla fosforivarusid, selle illustreerimiseks on tabelis 51 toodud Kuusiku Katsebaasis rähkmullal 12 aastat kestnud katsest andmeid (1967. ja 1968. a. keskmisena).

Katsemullas oli laktaatlahustuva  $P_2O_5$  sisaldus 3 mg 100 g mullas (või 90 kg/ha). Toodud näitest selgub, et mullafosfaatide kasutamine sõltub kultuurist ja samuti lämmastikväetise kasutamisest. Kui väetamata mullast kasutasid kultuurid vegetatsiooniperioodil 19...33% liikuva  $P_2O_5$  esialgsetest varudest, siis lämmastikväetise toimet suurenes  $P_2O_5$  kasutamine ligi 1,5-kordseks.

TABEL 5t

## Mulla fosfori kasutamine erinevate kultuuride poolt sõltuvalt lämmastikvætise andmisest

Kultuur	Väetusvariant	Saakts/ha	Saagiga eemaldati P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	Liikuva P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kasutamise % aastas
Rukis	väetamata	11,9	17	19
	N <sub>60</sub>	19,4	27	30
Oder	väetamata	22,1	26	29
	N <sub>60</sub>	30,1	36	40
Kartul	väetamata	152	30	33
	N <sub>60</sub>	191	38	42
Ristik	väetamata	39,3	22	25

Mida suurem on liikuva fosfori sisaldus mullas, seda suurem võib olla taimede poolt kasutatud fosfaatide kogus kg/ha, kuigi mulla fosfori kasutamise aste (saagiga eemaldatud fosfori osatähtsus liikuva fosfori varust) väheneb koos liikuva fosfori sisalduse tõusuga. Aasta jooksul suurem või väiksem osa taimede poolt kasutatud liikuva fosfori kogusest taastub mulla üldfosfori varude arvel. Et kultuurtaimede viljelemisel kasutatakse ka fosforvætisi, siis liikuva fosfori sisaldus mullas normaalse väetamise juures ei vähene, vaid püsib samal tasemel või isegi suureneb. Millisel määral arvestada mullafosfaatide kasutamist vätiste planeerimisel, oleneb liikuva fosfori sisaldusest, mulla muudest omadustest ja saagi suurusest. Senised katsed on näidanud, et ei ole otstarbekas planeerida mullafosfaatide kasutamist mitte üle 10...20% liikuva fosfori varust, sest vastasel korral toimub kergesti lahustuvate fosfaatide sisalduse vähenemine mullas, s.o. mulla kurnamine fosfori suhtes.

K a a l i u m i s i s a l d u s on põllumuldade künnikihis ligikaudu kümme korda suurem lämmastiku- ja fosforisisaldusest. K<sub>2</sub>O üldsisaldus kõigub meie muldades 1,0...3,5% vahel. Suhteliselt rohkem leidub üldkaaliumi karbonaatsetes savimuldades ja vähem leetunud liivmuldades. Enamik (ligikaudu  $\frac{3}{4}$ ) üldkaaliumist ei ole hapetes lahustuv ja kuulub mullas esinevate mineraalide (ortoklassi, muskoviidi jt.) koostisse. Taimekasvu seisukohalt on olulisem mulla kolloidosakeste poolt kinnihoitav, nn. asendatav kaalium. Selle kaaliumivormi mullast eraldamiseks on rohkesti meetodeid, sealhulgas ka meie vabariigis kasutatav Egnér-Riehmilaktaatmeetod.

Mulla kaaliumivarude kasutamist aitavad jällegi selgitada Kuusiku Katsebaasis rähkmullal oleva püsikatse andmed (tabel 52). Laktaatlahustuva K<sub>2</sub>O sisaldus oli 6 mg 100 g mullas (või 180 kg/ha).

## Mulla kaaliumi kasutamine erinevate kultuuride poolt sõltuvalt väetamisest

Kultuur	Väetus-variant	Saak ts/ha	Saagiga eemaldati K <sub>2</sub> O kg/ha	Liikuva K <sub>2</sub> O kasutamise % aastas
Rukis	väetamata	11,9	36	18
	NP	27,3	82	41
Oder	väetamata	22,1	44	22
	NP	33,7	68	34
Kartul	väetamata	152	121	60
	NP	248	200	100
Ristik	väetamata	39,3	71	35

Selgub, et mullavarude kaaliumi kasutamine taimede poolt sõltub samuti kultuurist ja väetusfoonist. Nii võtavad rühvelkultuurid mullavarudest kaaliumi 2...3 korda rohkem kui teraviljad. Samuti suureneb kaaliumi omastamine NP-väetiste korral. Rühvelkultuuride poolt aastas omastatud kaaliumi hulk on sageli niisama suur kui liikuva kaaliumi koguski. Et mullas toimub pidevalt raskesti lahustuvate kaaliumiühendite üleminek kergesti lahustuvateks, siis järgmiseks vegetatsiooniperioodiks tõuseb liikuva K<sub>2</sub>O sisaldus sageli endisele tasemele.

Senised uurimused näitavad, et intensiivses maaviljeluses ei tohiks siiski mulla kaaliumi kasutamine aastas ulatuda teraviljaladel üle 20...40% ja rühvelkultuuridel mitte üle 40...60% laktaatlahustuva kaaliumi varust künnikihis. Vastasel juhul võib muld liikuva kaaliumi poolest vaesuda.

### 8.1.3. TOITAINETE OMASTAMINE VÄETISTEST JA VÄETISTE JÄRELMOJU

Väetistega mulda viidud taimetoitainetest suudavad taimed omastada ainult osa, ülejäänud toitained alluvad mullas mitmesugustele muutustele. Väetiste mõju ei piirdu ühe aastaga, see võib kesta mitu aastat. Väetiste mõju esimesel aastal nimetatakse otsemõjuks, nende toimet järgnevatel aastatel aga järelmõjuks. Kui väetisi kasutatakse igal aastal, avaldub nii väetiste otse- kui ka järelmõju.

Mida parem on väetiste lahustuvus, seda suurem on harilikult nende otsemõju ja väiksem järelmõju. Paljud fosforväetised on suhteliselt raskesti lahustuvad, seepärast on nende otsemõju väiksem ja järelmõju suurem, võrreldes lämmastik- ja kaaliumväetistega.

Orgaaniliste väetiste puhul võib peale otse- ja järelmõju eristada veel väetiste kaudset mõju. Viimane seisneb selles,

et orgaaniliste väetiste kasutamisel suureneb mulla huumusesisaldus ja paranevad mulla füüsikalised omadused, mis mõjustavad positiivselt toitainete ja vee omastamist mullast ning koos sellega ka saake. Sõnniku kaudne mõju saakidele võib kesta rohkem kui pool sajandit.

Toitainete omastamist väljendatakse kas protsentides või koefitsiendiga. Kui näiteks ammooniumsalpeetriga mulda viidud lämmastikust omastavad taimed esimesel aastal 55%, siis on lämmastiku omastamise koefitsient 0,55.

Tehakse vahet toitainete omastamise ja toitainete kasutamise vahel. Toitainete omastamise uurimisel võetakse arvesse kõik toitained, mida taim üldse omastab ja kasutab kõigi organite, sealhulgas ka juurte ülesehitamiseks.

Toitainete kasutamise uurimisel arvestatakse tavaliselt neid toitaineid, mida taimed kasutavad maapealsete osade või saagi moodustamiseks. Seda määrataksegi harilikult saagiga eemaldatavate toitainete alusel.

Väetiste tegevaine kasutamise koefitsiendid põhilistel põllukultuuridel on ligikaudu järgmised (vt. tabel 53).

Toodud koefitsiendid kehtivad taimede normaalsete kasvutingimuste ning keskmiste väetisannuste (iga tegevainet 30...60 kg/ha) puhul. Ebasoodsates mullastiku- ja ilmastikutingimustes, samuti ebaõige agrotehnika korral on väetiste tegevaine kasutamine tunduvalt väiksem või muutub koguni nulliks. Ka suurte väetisannuste rakendamisel tegevaine kasutamise koefitsient tavaliselt langeb.

Nagu esitatud andmetest selgub, jääb mineraalväetistega mulda viidud lämmastikust ja kaaliumist tavaliselt  $\frac{1}{3}$  ja fosforist kuni  $\frac{3}{4}$  kasutamata. Ka sõnniku puhul on mittekasutatavate toitainete osa küllalt suur. Taimede poolt omastamata jäänud toitained võivad mitmesugustel põhjustel kaduda mullast või muuda taimedele kättesaamatuks.

TABEL 53

Väetiste tegevaine kasutamise koefitsiendid

Väetise liik	Tegevaine	Tegevaine kasutamise koefitsient	
		1. aastal	kokku külvikorras
1. Mineraalväetised:			
a) lämmastikväetised	N	0,5...0,7	0,6...0,7
b) superfosfaat	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1...0,25	0,25...0,4
c) kaalisool ja kaaliumkloriid	K <sub>2</sub> O	0,5...0,7	0,6...0,8
2. Orgaanilised väetised:			
sõnnik	N	0,2...0,3	0,5
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,3	0,5
	K <sub>2</sub> O	0,5...0,7	0,7

Taimede poolt omastamata jäänud lämmastikust kasutavad mulla mikroorganismid ligikaudu  $\frac{1}{3}$  ja see säilib mullas orgaanilise ainaena. Seda protsessi nimetatakse lämmastiku immobilisatsiooniks, mida tuleb eriti arvestada lämmastikuvaese materjali (näit. põhu) muldaviimisel. Hiljem orgaanilise aine lagunemisel muutub immobiliseeritud lämmastik taimedele uuesti kättesaadavaks. Ülejäänud osa kasutamata lämmastikust kaob mullast peamiselt denitrifikatsiooni ja leostumise teel.

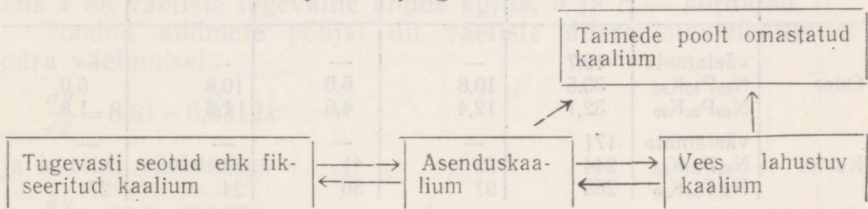
Lämmastikku võib ka lenduda ammoniaagina, kui ammoniaakvett või karbamiidi ei viida korralikult mulda.

Orgaaniliste väetiste lämmastikust kasutatakse esimesel aastal ligi veerand ja külvikorras umbes pool. Lämmastikuühendite mineralisatsioon on samal ajal suurem, kuid osa orgaaniliste väetiste mineraliseerunud lämmastikust kaob mullast leostumise ja denitrifikatsiooni tõttu nagu mineraalväetiste lämmastikustki. Sõnnikuga väetamisel läheb  $\frac{1}{4}$ ...  $\frac{1}{3}$  lämmastikust üle mulla huumuse koostisse, mis tõstab mulla üldist viljakust ja tingib sõnniku kaudse mõju. Osa lämmastikku lendub sõnnikust ammoniaagina, eriti siis, kui sõnnik jääb kauaks mullapinnale ja temperatuur on kõrge.

Tunduvalt madalamad on fosforväetiste, sealhulgas meil kõige enam kasutatava super- ja segafosfaadi tegevaine kasutamise koefitsiendid. Taimede poolt kasutamata jäänud fosfaadid osalt suurendavad kergesti lahustuvate fosfaatide sisaldust mullas, osa aga muutub raskesti lahustuvateks, mida taimed kasutada ei suuda. Väetistega antud fosfaatide üleminek raskesti lahustuvateks esineb ulatuslikumalt ebasoodsates mullastikutingimustes (liigniiskus, tugevasti happeline reaktsioon).

Fosforväetiste tegevaine kasutamine sõltub suuresti ka taimedest. Nii võib H. Kärblase jt. uurimuste põhjal jaotada taimed superfosfaadi kasutamise võime järgi kolme rühma. Head superfosfaadi kasutajad on söödakaalikas ja suhkrupeet (tegevaine kasutamise koefitsient 1. aastal 0,2...0,3), keskmised — oder, kaer, hernes ja kartul (0,15...0,20) ning halvad — lina ning mais (koefitsient alla 0,15).

Kaaliumväetiste tegevainest kasutatakse suurem osa taimede poolt juba esimesel aastal. Ülejäänud kaalium jääb mulda kas vees lahustuvana, asenduskaaliumina või tugevasti seotud kaaliumina. Nende kaaliumivormide vahel valitseb mullas seos, mida võiks skemaatiliselt kujutada järgmiselt:



Kaaliumväetiste andmisel suureneb mulla vees lahustuva kaaliumi hulk, millest osa läheb üle asenduskaaliumiks ja edasi tugevasti seotud kaaliumiks. Vastupidine protsess — tugevasti seotud kaaliumi muutumine asenduskaaliumiks ja vees lahustuvaks — toimub eeskätt nendes muldades, kuhu kaaliumväetisi ei ole antud.

Kaaliumi väljauhtumine mullast läbinõrguva veega leiab aset eeskätt kerge lõimisega (liiv, saviliiv) muldades, kus kaaliumi sidumine on nõrk ja mulla veekinnipidamisvõime väike. Seda tuleb arvestada kaaliumväetise suuremate koguste kasutamisel.

#### 8.1.4. VÄETISE EFEKTIIVSUS

Väetiste efektiivsus on väetiste mõju saagi suurusel. Seda väljendatakse:

- a) väetise mõjul saadud enamsaagina (ts/ha);
- b) keskmise enamsaagina ühe kaaluühiku väetise tegevaine kohta (näiteks 1 kg teri 1 kg N kohta);
- c) diferentsiaal- ehk tuletusliku efektiivsusena, mis näitab saagi juurdekasvu ühe väetisühiku kohta teatud väetisannuse juures.

Väetiste efektiivsuse määramisel on aluseks põldkatsete andmed. Tabelis 54 on toodud Eesti Maaviljeluse Instituudi katsejaamades (Antsla, Olustvere, Simuna, Tori) ja Kuusiku Katsebaasis tehtud väetuskatsete tulemused kahe aasta (1967, 1968) keskmisena.

Toodud andmetest nähtub, et väetisannuste suurenemisega vähe- neb ühe kg tegevaine kohta saadav enamsaak. Vahe ilmneb eriti sel juhul, kui analüüsida enamsaake mõlema annuse puhul eraldi (eelneva variandi suhtes). Kui  $N_{60}P_{60}K_{60}$  kasutamisel saadi enam-

TABEL 54

Odra- ja kartulisaagid ning enamsaagid mineraalväetiste mõjul

Kultuur	Väetus-variant	Saak ts/ha	Enamsaak väeta- mata variandi suhtes		Enamsaak eelneva variandi suhtes	
			ts/ha	kg 1 kg tegevaine kohta	ts/ha	kg 1 kg tegevaine kohta
Oder	väetamata	19,7	—	—	—	—
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	30,5	10,8	6,0	10,8	6,0
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	32,1	12,4	4,6	1,6	1,8
Kartul	väetamata	171	—	—	—	—
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	244	73	41	73	41
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	268	97	36	24	27

saagiks 6,0 kg otri ja 41 kg kartuleid 1 kg tegevaine kohta, siis täiendava koguse, s. o.  $N_{30}P_{30}K_{30}$  lisaks andmine  $N_{60}P_{60}K_{60}$ -le suures odrasaaki ainult 1,6 ja kartulisaaki 24 ts/ha. Täiendava NKP efektiivsuseks kujunes seega 1,8 kg teri ja 27 kg kartulimulgaid 1 kg tegevaine kohta, mis on odral 3,3 korda ja kartulil 1,5 korda madalam kui esimese annuse puhul.

Toodud arvud on kooskõlas üldise seaduspärasusega: mida suurem on väetiste annus, seda madalamaks jääb väetiste efektiivsus ühe väetisühiku kohta, kui teised taimekasvutingimused jäävad samaks. Niipea kui parandada teisi taimekasvutingimusi (näiteks veerežiimi), muutub ka väetiste efektiivsus suuremaks.

Täpsemalt iseloomustab väetiste efektiivsuse muutumist sõltuvalt väetisannusest diferentsiaal- ehk tuletuslik efektiivsus. Selle aluseks on saagifunktsioonid. Üks lihtsam ja enam kasutatav valem (saagifunktsioon) väetisannuste ja saagi vahelise seose väljendamiseks on järgmine:

$$Y_x = Y_0 + bx - cx^2,$$

kus  $Y_x$  on saak väetatud variandilt,  $Y_0$  — saak väetamata variandilt,  $x$  — väetisannus,  $b$  ja  $c$  — kordajad. Viimaste suurus muutub vastavalt konkreetsete taimekasvutingimuste muutumisele. Kordajad leitakse regressioonarvutuste abil, kasutades selleks tavaliselt elektronarvuti abil.

Tabelis 54 esitatud saagiandmete puhul on saagifunktsioonid järgmised, mis on kujutatud ka joonisel 39:

$$Y_{\text{oder}} = 1970 + 8,81x - 0,0156x^2,$$

$$Y_{\text{kartul}} = 17100 + 49,9x - 0,0515x^2,$$

kus  $Y_{\text{oder}}$  ja  $Y_{\text{kartul}}$  on odra- või kartulisaak -kg/ha,  $x$  aga väetiste tegevaine annus kg/ha, kui suhe  $N:P_2O_5:K_2O$  on 1:1:1.

Saagifunktsiooni tuletis ( $Y', \frac{dy}{dx}$ ) näitab saagi juurdekasvu täiendavalt antud ühe väetisühiku kohta teatud väetamise taseme juures. See ongi diferentsiaal- ehk tuletuslik efektiivsus, mis käesoleval juhul on

$$\frac{dy}{dx} = b - 2cx,$$

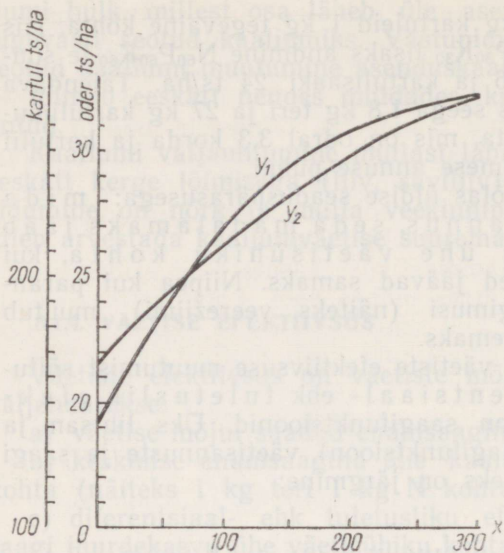
kus  $x$  on väetiste tegevaine annus kg/ha,  $b$  ja  $c$  — kordajad.

Toodud andmete põhjal oli väetiste diferentsiaalefektiivsus odra väetamisel

$$\frac{dy}{dx} = 8,81 - 0,0312x$$

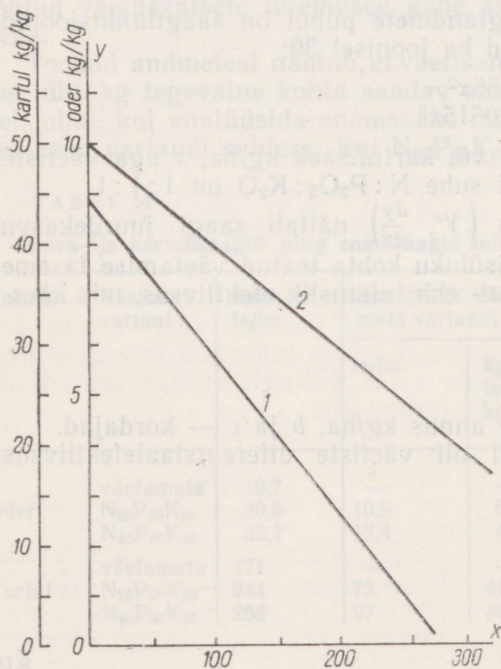
ja kartuli väetamisel

$$\frac{dy}{dx} = 49,9 - 0,103x.$$



Joonis 39. Odra- ja kartuli-  
saagi sõltuvus väetisannus-  
test:

$Y_1$  — odrasaak ts/ha,  $Y_2$  — kar-  
tulisaak ts/ha,  $x$  —  $N+P_2O_5+$   
 $+K_2O$  kg/ha.



Joonis 40. Väetiste diferent-  
siaalefektiivsus  $\left(\frac{dY}{dx}\right)$  odra ja  
kartuli väetamisel:

1 —  $\frac{dY}{dx}$  kg teri 1 kg väetise kohta  
odra väetamisel,

2 —  $\frac{dY}{dx}$  kg mugulaid 1 kg väe-  
tise kohta kartuli väetamisel,  
 $x$  —  $N+P_2O_5+K_2O$  kg/ha.

Diferentsiaalefektiivsuse seost väetisannusega aitab illustreerida joonis 40. Väljendatud väetiste efektiivsust funktsiooni tuletitena, näitab viimane saagi suurenemist kilogrammides, kui väetisannust  $x$  suurendada veel ühe kg võrra. Diferentsiaal- ehk tuletuslikku efektiivsust ei tohi ära segada eespool käsitletud keskmise efektiivsusega, mis saadi enamsaagi jagamisel kasutatud väetisannusega.

Kui  $\frac{dy}{dx} = 0$  ja seega  $b = 2cx$ , siis täiendava väetiskoguse lisamine enam saaki ei suurenda. Seda väetisannust, mille korral saadakse maksimaalne saak, nimetatakse *agrotehniliseks maksimumiks*. Maksimaalsele saagile vastava väetisannuse leidmiseks tuleb võrrand  $b = 2cx$  lahendada  $x$  suhtes. Seega  $x_m = \frac{b}{2c}$ , kus  $x_m$  on maksimaalsele saagile vastav väetiskogus. Esitatud näites (tabel 54, joonis 39) on  $x_m$  odral 283 ja kartulil 484 kg/ha, seega odral  $N_{94}P_{94}K_{94}$  ja kartulil ligikaudu  $N_{160}P_{160}K_{160}$ .

Toodud näidetes käsitleti NPK mõju koos, mis väljendub tavaliselt mineraalväetiste summaarse efektiivsusena. Praktiliste väetusküsimuste lahendamisel on väga oluline ka väetiste efektiivsus liikide viisi, mida samuti uuritakse väetuskatsetes. Vabariigis ja mujal tehtud uurimuste põhjal on normaalsetes kasvutingimustes väetiste keskmine efektiivsus esimesel aastal liikide viisi ligikaudu järgmine (vt. tabel 55).

Toodud keskmisi enamsaake saadakse mõõdukate väetisannuste kasutamisel, kus iga väetise tegevaine annus on 40...60 kg/ha. Väetisannuste suurendamisel nende efektiivsus ühe väetisühiku kohta esimesel aastal paratamatult väheneb.

Esitatud andmetest selgub, et mõõdukate väetisannuste puhul moodustab lämmastiku efektiivsus teraviljadel ligi  $\frac{2}{3}$ ... $\frac{3}{4}$  ja kartulil  $\frac{1}{2}$  väetiste summaarsest efektiivsusest. Põhjuseks on tai-

TABEL 55

Mineraalväetiste keskmine efektiivsus

Toodangu liik	Mõõtühik	Keskmine enamsaak 1 kg tegevaine kohta			
		toitainete järgi			toitainete keskmisena (suhe 1 : 1 : 1)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Odraterad	kg	17	4,0	2,0	7,7
	sü	20	4,7	2,3	9,0
Rukkiterad	kg	14	6,0	1,0	7,0
	sü	16	7,0	1,2	8,0
Kartulimugulad	kg	68	27	30	42
	sü	20	8	9	12,3

medele omastatavate lämmastikuühendite suhteliselt suurem puudus (defitsiit) mullas, võrreldes fosfori- ja kaaliumiühenditega. Et toitained ei ole üksteisega asendatavad ja mulla varud on piiratud, siis kõrgemate saakide ja suuremate väetisnormide puhul lämmastiku suhteline osatähtsus väetiste summaarses efektiivsuses väheneb, sest mulla looduslik viljakus ei suuda taimede suurenenud fosfori- ja kaaliumitarvet nii täielikult rahuldada.

Sõnniku efektiivsust on kõige rohkem uuritud kartuli väetamisel. Kui sõnnik (40...50 t/ha) antakse kartulile ja selle järel kasvatatakse kaks aastat teravilja, on keskmine enamsaak ühe tonni sõnniku kohta esimesel aastal 30...40, teisel 10...20 ja kolmandal 5...15 sü.

Väetiste efektiivsuse määramine naturaalühikutes (kg, sü 1 kg tegevaine kohta) on aluseks ka väetiste majandusliku efektiivsuse hindamisel. Selleks leitakse ühelt poolt sissetulek enamsaagist (väärimis- või realiseerimishinna alusel) ja teiselt poolt väetamise maksumus (väetiste maksumus koos väetamise kuludega). Enamsaagi realiseerimisel saadavast sissetulekust tuleb maha arvata enamsaagi koristamise kulud koos kulutustega enamsaagi transpordile ja töötlemisele (näit. terade kuivatamisele), samuti väetamise maksumus. Kui oder andis  $N_{50}P_{50}K_{50}$  kasutamisel 10,0 ts ja kartul 60 ts enamsaaki hektarilt, sissetulek enamsaagist oli odral 13,20 ja kartulil 3,31 rbl. tsentneri kohta, täiendavad kulud enamsaagi koristamisel olid odral 1,91 ja kartulil 0,75 rbl. tsentneri kohta ning väetiste keskmine maksumus koos väetamise kuludega 12,5 kop. kg tegevaine kohta, siis kujuneb väetamise majanduslik efektiivsus järgmiseks (vt. tabel 56).

Toodud näites osutus nii odra kui ka kartuli väetamise majanduslik efektiivsus väga kõrgeks: väetamiseks tehtud kulutused andsid 5...7 korda suuremat puhastulu. Eriti tasuv on tavaliselt rühvelkultuuride korralik väetamine. Mida kõrgem on enamsaagi

TABEL 56

Odra ja kartuli väetamise efektiivsus

Kultuur	Sissetulek enamsaagist rbl./ha	Täiendavad kulud enamsaagi saamiseks rbl./ha		Puhastulu väetamisest rbl./ha	Väetamise majanduslik efektiivsus (puhastulu rublades väetamiseks kulutatud 1 rbl. kohta)
		kokku	sellest väetamise maksumus		
Oder	132.—	37.85	18.75	94.15	5.02
Kartul	198.60	63.75	18.75	134.85	7.19

realiseerimishind ja odavam väetamise kulu, seda suurem on väetamise majanduslik efektiivsus.

Ka väetamise majanduslikku efektiivsust tuleb hinnata tuletslikul teel, analoogiliselt eespool käsitletud diferentsiaalarvutustega. Selle aluseks peavad olema erinevate väetisnormidega korraldatud kohalike väetuskatsete keskmised andmed. Väetisnormide suurendamisel saadava tulude juurdekasvu kõrvutamine täiendavate kuludega võimaldab piiritleda majanduslikult otstarbekaid väetisannuseid.

### 8.1.5. VÄETISKOGUSTE PLANEERIMINE

Väetiskoguste planeerimisel kultuuride ja põldude lõikes on aluseks planeeritav saak, muldade väetistarve ja kasutada olevad väetiste kogused.

Väetisannuste planeerimiseks on kaks põhimõtteliselt erinevat viisi — üld- ja osalise bilansi meetod. Üldbilansi meetodi puhul võetakse aluseks planeeritud kogusaagiga eemaldatavad taimetoitained. Katteallikatena planeeritakse väetistarbe määramise andmete põhjal mullavarudest kasutatavad toitained, millele lisatakse eelnevatel aastatel külvatud väetiste järeilmõju. Vahe kaetakse jooksva aastal antavate väetistega. See meetod väetiste planeerimisel on ebatäpne kahel põhjusel. Esiteks ei võimalda väetistarbe määramine kuigi täpselt kindlaks teha taimede poolt kasvuperioodil omastatavate toitainete hulka. Viimane sõltub peale liikuvate toitainete sisalduse mullas paljudest teistest mulla omadustest. Eriti kehtib see lämmastiku kohta, sest puuduvad rahuldavad meetodid taimede poolt omastatava mulla lämmastikukoguse (lämmastikväetistarbe) prognoosimiseks. Teiseks ei võimalda üldbilansi meetod arvestada kuigi oluliselt mullaviljakust. Taimekasv sõltub mitte ainult omastatavate toitainete hulgast mullas, vaid suurel määral ka toitainete omastamise tingimustest ja lahustuvaks muutumise kiirusest. Kui on kaks ühesuguse kergesti lahustuvate toitainete sisaldusega, kuid viljakuselt (boniteedilt) erinevat mulda, on saak viljakal mullal kõrgem paremate toitainete omastamise tingimuste ja toitainete suurema vabanemiskiiruse tõttu. See pärast ongi üldbilansi meetod vähesobiv väetiskoguste määramiseks vastavalt planeeritud saagile. See meetod on aga kohane ja asendamatu väetiste ja mulla varude kasutamise analüüsimisel, kui saagiga eemaldatud toitainete kogused on juba teada.

Väetiskoguste planeerimisel on sobivam osalise bilansi meetod. Selle meetodi puhul määratakse kõigepealt saak väetamata mullalt (fooni saak) ja katteallikad leitakse planeeritava saagi ja fooni saagi vahe, s.o. enamsaagi moodustamiseks vajalike toitainete koguste katteks.

Osalise bilansi meetodi puhul langeb raskuspunkt fooni saagi määramisele. Kõige täpsema vastuse annavad põldkatsete väeta-

## Saagikuse sõltuvus mulla boniteedist

Hindepunktide arv (boniteet)	Hindeklass	Mulla suhteline viljakus	Orienteeriv saak väetamata mullalt ts/ha	
			teravili	kartul
21...30	VIII	madal	4...6	30...45
31...40	VII	madal	6...8	45...60
41...50	VI	keskmine	8...10	60...75
51...60	V	keskmine	10...13	75...95
61...70	IV	hea	13...16	95...120
71...80	III	hea	16...20	120...150
üle 80	II ja I	väga hea	üle 20	üle 150

mata lapid, mis näitavad mullaviljakusest ja üldisest agrotehnikast (väetisi kasutamata) tuleneva fooni saaki. Kuna kõigil põldudel ei ole võimalik katseid korraldada, siis saab kasutada fooni saagi määramisel mulla hindamise andmeid, mis on kõigi põldude kohta olemas. Mulla hindepunktide (boniteedi) alusel võib fooni saaki orienteerivalt määrata tabeli 57 abil.

Mulla viljakuse (boniteedi) arvel saadavale saagile tuleb lisada orgaaniliste väetiste järelmõju ja eelviljade arvel saadav enamsaak. Mullaviljakuse ja agrotehniliste võtete koosmõjul saadav saak moodustab agroofooni. Agroofooni arvestamine saakide kui ka väetiste planeerimisel on väga oluline, sest kultuuride saak sõltub mitte ainult väetamisest, vaid suurel määral juba fooni saagist. Püsivalt suurte saakide (30...45 ts teravilja hektarilt) kasvatamiseks on vaja muldade ja eelviljade valiku, väetiste järelmõju ning mullaharimise ja teiste agrotehnika võtetega luua mineraalväetiste kasutamiseks vastav foon. Kultuuridele sobimatul halvasti haritud kehvval mullal, kus väetamata saadakse väga madalaid saake, ei suuda ka suured väetisannused kõrgeid saake tagada.

Väetiste mõjul saadav enamsaak sõltub suurel määral lämmastikväetise annusest. Praktilisel saakide ja enamsaakide planeerimisel tulebki arvestada eeskätt majanditele eraldatud lämmastikväetiste koguseid. Teraviljade planeeritava enamsaagi tagamiseks tuleks anda lämmastikväetist ligikaudu järgmises koguses:

Planeeritav enamsaak

ts/ha

4...6

6...10

10...12

Vajalik lämmastikuannus

kg/ha

20...30

30...50

50...70

Järgnevalt vaatleme väetiste planeerimist näite varal, mis on esitatud tabelis 58. Esimesel real on mulla viljakuse (boniteedi) arvel saadav saak, teisel real eelvilja mõju ja kolmandal orgaaniliste väetiste järelmõju.

Eelviljade mõju arvestatakse teraviljade kasvatamisel, sest rühvelkultuurid ja põldhein on vähetundlikud eelviljade suhtes. Eelviljaks olnud rühvelkultuuride ja liblikõieliste heintaimede arvel võib teraviljade enamsaaki arvestada keskmiselt 5 ts/ha, võrreldes teravilja kasvatamisega teravilja järel. Ka orgaaniliste väetiste järelmõju on otstarbekas arvestada summaarselt, sest toitainete järgi tehtav arvestus osutub liiga suvaliseks. Rühvelkultuuridele antud iga 10 tonni sõnniku järelmõjuna suureneb rühvelviljale järgneva teravilja hektarisaaq esimesel järelmõju-aastal umbes 1,5 ts, teisel 1,0 ja kolmandal aastal 0,5 ts võrra. PK-väetiste järeoltoime planeerimisel võetagu aluseks, et taimedele on veel kättesaadav umbes 5...10% eelnenud kahe aasta jooksul antud  $P_2O_5$  ja  $K_2O$  kogusest. Lämmastikväetiste järeoltoime on tavaliselt nii väike, et seda ei tulegi arvestada.

Tabeli neljandal real on mulla viljakuse ja agrotehniliste võtete mõjul (välja arvatud väetamine jooksva aastal) saadav saak, mis iseloomustab agrofooni väetiste kasutamisel. Ridade 5 kuni 13 sisu selgub tabelist. Real 14 on toodud muldade fosfor- ja kaaliumväetistarve, mille alusel korrigeeritakse real 13 toodud fosfor- ja kaaliumväetiste tegevaine annuseid — saadakse rida 15. Korrigeerimiseks võib kasutada järgmisi eespool toodud fosfor- ja kaaliumväetistarve koefitsiente: tarve väga suur — koefitsient keskmiselt 1,3, suur — 1,0, keskmine — 0,7, väike — 0,35, väga väike — 0. Juhul kui fosfor- ja kaaliumväetisi on kasutada piisavalt, võib toodud koefitsiente suurendada väga suure väetistarbega muldadel 2,0-ni, suure väetistarbega muldadel 1,5-ni ja keskmise tarbega muldadel 1,0-ni. Sellisel juhul tagatakse peale taimede vajaduste ka kergesti lahustuvate fosfori- ja kaaliumiühendite sisalduse tõus mullas.

Toodud väetisnormide arvutamise näidet ei saa võtta šabloonina, vaid tuleb arvestada seniseid kogemusi ja katseandmeid. Näiteks kui madala viljakusega mullalt, mille boniteet on 30 hindepunkti (6 ts/ha teravilja), tahetakse planeerida 45 ts teri hektarilt, kuid puudub nii eelvilja kui ka orgaaniliste väetiste järelmõju, tuleks anda mineraalväetistest ainuüksi lämmastikku tegevainena 195 kg/ha. Paljudest katsetest on aga selgunud, et meie tingimustes ei või suviteraviljadele praktiliselt anda üle 100 kg lämmastikku hektarile, sest juba normaalsete sademete hulgaga suvel, rääkimata vihmastest suvedest, teraviljad suurte lämmastikuanuste puhul lamanduvad ja väetiste efektiivsus võib madalaks jääda. Tuleb arvestada, et saakide suurendamine on pidev ja kompleksne protsess, mida ei saa forsseerida üheainsa võttega.

TABEL 58

## Vätiste planeerimine vastavalt saagile

	1. Oder		2. Oder		3. Kartul		4. Kartul	
1. Mulla boniteet (hindepunktid) ja saak mullaviljakuse arvel ts/ha	(40)	8,0	(58)	12,0	(50)	75	(50)	75
2. Eelvili ja selle mõju saagile ts/ha	oder	—	kartul	5,0	kaer	—	oder	—
3. Orgaaniliste vätiste andmise aeg, liik, kogus t/ha ja järelmõju saagile ts/ha	2 a. tagasi (40)	4,0	1 a. tagasi sõnnik (40)	6,0	—	—	—	—
4. Kokku saak foonilt (rida 1+2+3) ts/ha		12,0		23,0		75		75
5. Planeeritud saak ts/ha		24,0		40,0		220		300
6. Planeeritud enam-saak ts/ha		12,0		17,0		145		225
	N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O		N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O		N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O		N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	
7. Toitainete eemaldamine enamsaagiga kg/ha	35 : 13 : 24		50 : 19 : 34		73 : 29 : 116		113 : 45 : 180	
8. Mineraalvätiste järelmõju kg/ha	0 : 4 : 4		0 : 4 : 4		0 : 4 : 4		0 : 4 : 4	
9. Orgaaniliste vätiste kasutamine jooksval aastal t/ha	—		—		sõnnik 40		sõnnik 40	
10. Orgaaniliste vätistega viiakse mulda esimesel aastal omastatavaid toitaineid kg/ha	—		—		46 : 24 : 120		46 : 24 : 120	
11. Mineraalvätistega tuleb katta vajadus kg/ha	35 : 9 : 20		50 : 15 : 30		27 : — : —		67 : 17 : 56	
12. Mineraalvätiste tegevaine kasutamise koefitsiendid esimesel aastal	0,5 : 0,2 : 0,5		0,5 : 0,2 : 0,5		0,5 : 0,2 : 0,5		0,5 : 0,2 : 0,5	
13. Vaja anda mineraalvätistega tegevainet kg/ha	70 : 45 : 40		100 : 75 : 60		54 : 0 : 0		134 : 85 : 112	
14. PK-vätiste tarve	v.suur : suur		suur : suur		v.suur : suur		v.suur : suur	
15. Vätistarve järgi korrigeeritud tegevaine hulk kg/ha	70 : 60 : 40		100 : 75 : 60		54 : — : —		134 : 110 : 112	
16. Vaja anda vätisi (ammooniumsalpeeter, superfosfaat, kaaliumkloriid) ts/ha	2 : 3 : 0,7		3 : 4 : 1		1,5 : — : —		4 : 5,5 : 1,9	

## 8.2. KULTUURIDE NÕUDED JA VÄETAMINE

### 8.2.1. TERA- JA KAUNVILJAD

Taliteravilja 30-tsentnerilise hektarisaagiga viiakse põlult minema ligi 90 kg lämmastikku, 40 kg fosforpentoksiidi ja 80...90 kg kaaliumoksiidi. Toitainete omastamine algab taliviljadel sügisel pärast tärkamist, katkeb talvekülmade saabumisega, algab uuesti varakevadel ning lõpeb piimküpsusega. Suurem osa toitainetest omastatakse aga suhteliselt lühikese ajaga — kõrsumisest öitsemiseni.

Taliviljadest on tugevam juurestik rukkil, seepärast omastab ta toitaineid ka raskemini lahustuvatest ühenditest ning kasvab rahuldavalt isegi toitainetevaestel liivmuldadel. Mulla reaktsiooni suhtes on rukis vähenõudlik ning annab rahuldavaid saake ka happelistel muldadel. Vaatamata vähenõudlikkusele, reageerib rukis hästi väetamisele ja lupjamisele.

Talinisu juurestik on seevastu suhteliselt nõrga toitainete omastamise võimega ning on väga tundlik mulla happesuse suhtes. Talinisu kasvab hästi ja ületab rukist saagivõimelt neutraalsetel või nõrgalt happelistel raskema lõimisega viljakatel muldadel. Talinisu on nõudlik agrofooni suhtes ja reageerib hästi väetistele.

Mineraalväetiste mõju rukki saagile iseloomustavad EMMTUI katsejaamades tehtud väetuskatsed, mille kolme aasta keskmised andmed on toodud tabelis 59. Selgub, et suurema efekti andis lämmastikväetis. Ka fosforväetiste efekt oli suure ja keskmise fosforitarbega muldadel hea. Eriti tugevasti avaldub aga fosforväetiste positiivne mõju taliviljasaagile ebasoodsa talve korral, sest fosforväetised suurendavad oluliselt taliviljade talvekindlust. Kaaliumväetiste mõju rukkile on väiksem, sest tugeva juurestiku tõttu omastab rukis üsna hästi mulla kaaliumi.

Väga hästi reageerivad rukis ja talinisu orgaanilistele väetistele, eriti siis, kui mineraalväetisi kasutatakse vähe. Ka suuremate mineraalväetisnormide kasutamisel jääb orgaanilistele väetistele oluline koht mullaviljakuse säilitamisel ja suurendamisel. Kuidas orgaaniline väetis aitab säilitada mullaviljakust, seda näitab rukki monokultuuri katse Halles Saksa DV-s (tabel 60).

Kui väetamata lappidel vähenes saak 60 aasta jooksul 10,1 ts/ha ja mineraalväetiste kasutamisel 7,4 ts/ha võrra, siis sõnniku kasutamisel jäi saak praktiliselt samale tasemele. Esimesel katseperioodil oli 15 aasta keskmisena saak hektarilt mineraalväetiste mõjul 3,5 ts võrra suurem, teisel katseperioodil aga 3,7 ts võrra madalam kui sõnnikuga väetamisel. Kogu katseperioodi keskmisena oli aga saak nii mineraalväetiste kui ka sõnniku kasutamisel praktiliselt võrdne.

## Mineraalväetiste mõju rukkisaagile (aastail 1966—1968)

Näitajad	Antsla	Olustvere	Simuna	Kuusiku	Keskmi-selt	
Muld	leetunud liivmuld	leetunud liivsavi-muld	leostunud liivsavi-muld	rähkne liivsavi-muld	—	
Fosforväetistarve	väike	keskmine	suur	suur	—	
Kaaliumväetistarve	suur kuni keskmine	suur	suur	suur	—	
Katsevariant	Saak ts/ha					
Väetamata	10,1	22,6	9,6	9,8	13,0	
N <sub>60</sub>	18,3	26,9	14,5	20,7	20,1	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	18,2	29,6	16,0	26,4	22,6	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,9	30,3	16,0	27,4	22,9	
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,8	29,7	18,1	31,6	24,6	
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	19,2	30,2	18,9	31,0	24,8	
Väetis	Foon	Väetiste keskmine efektiivsus (enamsaak kg 1 kg tegevaine kohta)				
N <sub>60</sub>	Väetamata	13,7	7,2	8,2	18,1	11,8
N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,0	—	7,0	14,0	5,7
P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	—	4,5	2,5	9,5	4,2
K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	—	1,2	—	1,7	0,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	Väetamata	4,3	4,3	3,6	9,8	5,5

TABEL 60

## Väetiste mõju rukkile monokultuuris

Katseperiood	Rukkisaak ts/ha		
	väetamata	N <sub>40</sub> P <sub>56</sub> K <sub>90</sub>	sõnnik 12 t/ha
1. 1879—1893	21,1	30,2	26,7
2. 1939—1953	11,0	22,8	26,5
Saagi vähenemine (1.—2.)	10,1	7,4	0,2
75 aasta (1879—1953) keskmine saak	14,7	25,5	25,7

TABEL 61

## Mineraalväetiste orienteerivad normid taliteraviljadele

Planeeritav (loodetav) enamsaak ts/ha	N kg/ha	PK- väetistarve	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			kg/ha	
4...6	20...35	väga suur suur keskmine väike	40...50 30...40 20...30 20	30...40 20...30 — —
6...8	35...50	väga suur suur keskmine väike	50...80 40...60 30...40 20...30	40...50 30...40 20...30 —
8...11	50...70	väga suur suur keskmine väike	80...100 60...80 40...60 30...40	50...65 40...50 30...40 —
11...15	70...90	väga suur suur keskmine väike	100...130 80...100 60...70 40...60	70...100 50...70 40...50 30...40

Mullaviljakuse säilitamise ja suurendamise eesmärgil on otsustavaks anda taliviljadele 20...40 t/ha orgaanilisi väetisi. On ju rukis ja talinisu külvikorras peale rühvelkultuuride sellised kultuurid, mis orgaanilisi väetisi hästi kasutavad.

Taliviljadele soovitatavad mineraalväetiste annused on toodud tabelis 61. Kõrgete taliviljasaakide kasvatamisel ei piisa siiski üksnes mineraalväetistest, vaid kesaharimisega tuleb luua väetiste kasutamiseks vastav agrofoon. Mida varem algab kesaharimine, seda kõrgemaks kujuneb saak. Tabelis toodud fosfor- ja kaaliumväetised antakse taliviljadele külvielselt ja lämmastikväetised kevadel esimesel võimalusel. Toodud väetisnorme võib vähendada iga 10 tonni taliviljale antud sõnniku arvel järgmiselt: N — 20, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 30 ja K<sub>2</sub>O 40 kg/ha.

Mineraalväetistega rikastamata turbakompostide kasutamisel mineraalväetiste norme ei vähendata. Lisaks tabelis toodud väetisannustele tuleb mõningatel juhtudel anda täiendav kogus lämmastikku (N<sub>20...30</sub>) juba sügisel külvielselt või pealtväetisena.

Lämmastikväetise andmine sügisel on vajalik siis, kui põld vabaneb kultuuri alt hilja ja kesaküнди saab teha alles augusti keskel. Eriti oluline on sügisene lämmastikväetis sel juhul, kui talivilil tuleb külvata teravilja järel.

Fosforväetistest tuleks superfosfaat anda esmajoones talinisuks, sest rukis omastab fosforit rahuldavalt ka segafosfaadist. Fosfor- ja kaaliumväetiste norme võib 1,5...2 korda suurendada, kui majandis rakendatakse nimetatud väetiste perioodilist andmist.

Suviteraviljadest eemaldavad oder ja suvinisu 30-sentnerilise hektarisaagiga ligi 75 kg N, 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja 60...70 kg K<sub>2</sub>O. Võrreldes taliviljadega on suviteraviljade poolt eemaldatavate toitainete hulk niisama suure terasaagi puhul mõnevõrra väiksem, seoses suviviljade madalama põhusaagiga. Kaer eemaldab toitaineid odrast ja suvinisust rohkem, kuid tugevama juurestikuga kasutab ta toitaineid mullast ja väetistest paremini ning ei vaja seepärast odrast tugevamat väetamist.

Suviteraviljad reageerivad hästi mineraal-, eriti lämmastikväetistele, ja kasutavad väga hästi sõnniku järelmõju. Eelviljale antud 30...50 t/ha sõnnikut tõstab järgneva suviteravilja saaki 3...7 ts võrra hektarilt.

Mineraalväetiste efektiivsuse näitena vabariigi tingimustes on tabelis 62 toodud EMMTUI katsejaamades korraldatud katsete tulemused. Selgub, et mineraalväetistest oli suurima mõjuga lämmastikväetis, mille keskmine efektiivsus N<sub>60</sub> kasutamisel oli 11,7 kg teri 1 kg lämmastiku kohta. See moodustas ligikaudu 70...80% N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> summaarsest efektiivsusest.

Arvesse võttes seniseid katsetulemusi, on tabelis 63 toodud orienteerivad väetisnormid suviteraviljadele olenevalt planeeritud enamsaagist ja muldade fosfori- ning kaaliumitarbest. Fosfor- ja kaaliumväetiste normid on mõeldud selliste põldude väetamiseks, mis ka eelnenud aastatel on saanud ligikaudu 1,5...2 ts fosforväetisi ja 0,5...1,5 ts kaaliumväetisi hektarile. Juhul kui suviteravili külvatakse ülesharitud söödile, mis 2...3 viimase aasta jooksul ei ole fosfor- ega kaaliumväetisi saanud, tuleb nende mõlemate annuseid suurendada 20...25 kg tegevaine võrra hektari kohta.

Ka turvasmuldadel tuleb anda teraviljadele tugev PK-väetise annus (P<sub>80...120</sub>K<sub>100...120</sub>), kuna lämmastikväetiste andmisel võib lähtuda turba lagunemise astmest. Hästi lagununud turvasmuldadel ei tohi teraviljadele lämmastikväetisi üldse anda. Halvasti kuni keskmiselt lagununud turvasmuldadel antakse lämmastikku 40 kg/ha. Soodes, samuti kergedel ja turvastunud muldadel on vaja tingimata kasutada vaskväetisi, ilma milleta võib teravili ikalduda või ei valmi normaalselt. Kasutatakse vasksulfaati (25 kg/ha) või püriidiräbu (5...6 ts/ha), mida antakse põhiväetisena iga 3...4 aasta järel.

TABEL 62

**Mineraalväetiste efektiivsus odra väetamisel  
(1966—1968)**

Katsekoht	Antsla	Olust- vere	Simuna	Tori	Kuusiku	Kesk- miselt
Muld	leetu- nud liiv	leetunud liivsavi	leostu- nud liiv- savi	glei- muld, raske liivsavi	rähkne liiv- savi	—
Fosforväe- tistarve	väike	kesk- mine	suur	suur	suur	—
Kaalium- väetistarve	suur kuni kesk- mine	suur	suur	kesk- mine kuni suur	suur	—

Katse variant	Saak ts/ha					
Väetamata	10,1	29,9	13,8	13,5	18,2	17,1
N <sub>60</sub>	19,8	33,7	24,9	17,6	24,7	24,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	19,4	34,6	26,9	19,3	25,9	25,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22,0	37,3	27,4	19,6	27,0	26,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,4	38,7	27,6	19,8	29,7	27,4
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	19,9	39,9	28,2	20,6	30,3	27,8

Väetis	Foon	Väetiste keskmine efektiivsus — 1 kg teri 1 kg tegevaine kohta					
N <sub>60</sub>	väetamata	16,2	6,3	18,5	6,8	10,9	11,7
N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	—	4,7	0,7	0,7	9,0	2,3
P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	—	2,0	3,3	2,8	2,0	1,8
K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	4,3	4,5	0,8	0,5	1,8	2,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	väetamata	6,6	4,5	7,6	3,4	4,9	5,3

Kui teraviljadele külvatakse alla heintaimed, tuleb lämmastikunormi piirata. Keskmise viljakusega muldadel ei ole sel juhul otstarbekas lämmastikku anda üle 30...40 kg/ha, kusjuures suhe N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O võib kujuneda PK-väetiste kasuks.

Teraviljade lämmastikutarve ja lämmastikväetiste efektiivsus sõltuvad suuresti sügise ja talve ilmastikust. Kui sügis on suhteliselt kuiv, muld külmub varakult ja kevad saabub normaalsel ajal, jäävad nitraadid suures osas mulda ning saak kujuneb rahul-

TABEL 63

## Mineraalväetiste orienteerivad normid suviteraviljadele

Planeeritav (loodetav) enamsaak ts/ha	N kg/ha	PK-tarve	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			kg/ha	
4...6	20...30	väga suur suur keskmine väike	20...30 10...20 — —	20...30 — — —
6...10	30...50	väga suur suur keskmine väike	40...50 20...40 10...20 —	40...50 20...40 — —
10...14	50...70	väga suur suur keskmine väike	60...80 40...60 30...40 10...30	60...80 40...60 20...40 —
üle 14	70...90	väga suur suur keskmine väike	80...100 60...80 40...60 20...40	80...100 60...80 40...60 20...40

davaks ka lämmastikväetiste väiksemate normide kasutamisel. On aga sügis vihmane, muld talvel sula või kevad hiline, uhub läbi-nõrguv vesi nitraadid minema ning rahuldava saagi saamiseks on vaja anda lämmastikväetist suuremates kogustes.

Varem oli laialt levinud suviteraviljade pealtväetamine tahkete lämmastikväetistega (peamiselt ammooniumnitraadiga). Viimasel ajal antakse suur osa suviteraviljadele vajalikust lämmastikust külvieelsel mullaharimisel ammoniaakveena, mis on osutunud sageli oraste pealtväetamisest efektiivsemaks. Paljud katsed ja tootmiskogemused on näidanud, et ka tahked lämmastikväetised (eriti aga karbamiid) on otstarbekas anda külvieelselt mulda. Külvieelselt antud lämmastikväetiste eelised ilmnevad eeskätt sademetevaesel suvel, kui pindmine mullakiht liigselt kuivab ja pealtväetamise mõju jääb väikeseks.

Teraviljade väetamisel tuleb silmas pidada mõningaid üldisi printsiipe, mis hõlbustavad väetiste planeerimist.

Esiteks, kui teraviljale ei jätku lämmastikväetist ja heina-seemet alla ei külvata, ei ole otstarbekas anda ka fosfor- ja kaaliumväetisi. Erandi moodustavad uudismaad turvastunud ja tur-

vasmuldadel, kus fosfor- ja kaaliumväetised on tarvilikud ka sel juhul, kui lämmastikväetist ei anta.

Teiseks, kui fosforväetist teraviljale ei anta, ei ole meie mullastikutingimustes vajadust ka kaaliumväetise järele. Erandi moodustab vaid Põhja-Eesti fosforirikas vöönd, kus kaaliumväetist tuleb anda hoolimahta sellest, kas fosforväetist on või ei ole kasutatud.

Kui aga teraviljadele külvatakse alla heintaimed, tuleb fosfor- ja kaaliumväetisi tingimata anda vähemalt järgmistes kogustes väetistarbe alusel, olenemata sellest, kas lämmastikväetisi kasutatakse või mitte:

väetistarve	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha
väga suur	80 ... 100	80 ... 100
suur	60 ... 80	60 ... 80
keskmine	40 ... 60	40 ... 60
väike	20 ... 40	20 ... 40

Kui väetisi jätkub, siis võib toodud norme 1,5 ... 2 korda suurendada. Sel juhul langeb ära vajadus 1. ja 2. aasta heintaimede väetamiseks fosfor- ja kaaliumväetistega.

Kaunviljadest eemaldab hernes 30 tsentneri suuruse hektarisaagiga ligikaudu 200 kg N, 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja 60 kg K<sub>2</sub>O. Võrreldes odraga, eemaldab hernes suhteliselt rohkem lämmastikku ja fosforit.

Põhilise osa lämmastikust omastavad kaunviljad mügarbakterite abil õhust, seetõttu kaunviljadele lämmastikväetist üldreeglina ei anta. Erandina võib toitainetevaesel mullal kasvuperioodi algul, kui mügarbakterid pole veel intensiivselt tegutsema hakanud, anda ka kaunviljadele väike kogus (N<sub>15 ... 30</sub>) mineraalset lämmastikku. Fosfor- ja kaaliumväetisi vajavad kaunviljad mõnevõrra rohkem kui oder. Seepärast piisab suure väetistarbega muldadel kui võtta P<sub>40 ... 60</sub> ja K<sub>60 ... 80</sub>. Väga suure väetistarbega muldadel korutatakse nimetatud koguseid 1,3-ga ja keskmise tarbega muldadel 0,7-ga.

Fosfor- ja kaaliumväetiste andmise aeg suvitera- ja kaunviljadele algab eelvilja koristamisest ja lõpeb külvielse mullaharimisega. Kui väetisi kasutada süstemaatiliselt, on võimalik fosfor- ja kaaliumväetiste suuremad normid mulda viia juba sügiskünni alla. Väiksemad normid võib anda sügiskünni peale, eriti sel juhul, kui nimetatud põlde hilissügisel kultiveeritakse. Talvel lumele külvatud fosfor- ja kaaliumväetised võib tuul koos lumega kergesti minema puhuda. Ka kevadised lumesulamisveed võivad osa talvel antud väetistest minema kanda. Pealegi on fosfor- ja kaaliumväetiste talvel lumele külvamine ohtlik põldpüüdele ja ulukitele. See-

pärast on fosfor- ja kaaliumväetiste talvine külv hädaabinõu. Sügisel väetamata jäänud põldudele tuleb fosfor- ja kaaliumväetised külvata kevadel keltsale või kevadise mullaharimise ajal.

## 8.2.2. PÖLDHEIN

Ristikurohke põldheina 60 tsentneri suuruse saagiga viiakse hektarilt ära 110...120 kg lämmastikku ja kaaliumoksiidi ning 30...35 kg fosforpentoksiidi. Kõrrelisterikka heinaga eemaldatava lämmastiku kogus on sama saagitaseme korral harilikult väiksem — 80...110 kg/ha.

Ristik seob mügarbakterite abil rohkem õhulämmastikku, kui seda saagiga eemaldatakse. Ülejäänud lämmastik jääb juurejäänustena mulda ja suurendab mulla viljakust.

Liblikõielised heintaimed ristik ja lutsern on väga tundlikud mulla happelise reaktsiooni suhtes. Eriti tugevalt avaldub happelise reaktsiooni kahjustav toime lutsernile ja ristikule idanemisperioodil. Nii äpardub lutserni kasvatamine happelisel mullal täielikult, kui idanemiseskkonda ei ole viidud lubiväetisi. Timut talub happelist mullareaktsiooni palju paremini kui ristik, kuid reageerib lupjamisele siiski positiivselt ja annab rahuldavat enamsaaki. Seepärast ongi happeliste muldade lupjamine esmaseks võtteks põldheinale vajaliku agrofooni loomisel. Kuigi põldhein suurendab mulda jäävate juurejäänuste arvel mulla huumusesisaldust ja parandab mulla struktuuri, reageerib ta ise suhteliselt hästi eelviljale antud orgaanilistele väetistele. Nii suurendab eelviljale antud 30...40 t/ha sõnnikut põldheinasaaki 5...20 ts hektarilt, kusjuures suuremad enamsaagid saadakse harilikult kerge lõimisega muldadel. Seega teine oluline abinõu põldheina kasvatamisel on eelviljade väetamine orgaaniliste väetistega.

Kolmas ja sageli määrava tähtsusega tegur põldheinakamara kujunemisel on kattevili. Mida suurem on kattevilja saak ja hilisem selle koristamine, seda hõredamaks jääb põldheinakamar ja väiksemaks heinale antud väetiste efektiivsus.

Lämmastikväetiste kasutamine põldheinale sõltub liblikõieliste ja kõrreliste vahekorras. Liblikõielisterikas põldhein üldreeglina lämmastikväetist ei vaja. Seevastu kõrrelisterikas või ainult kõrrelistest koosnev põldhein reageerib lämmastikväetistele hästi. Kuusikul gleistunud saviliivmullal L. Kõrgase poolt PK foonil korraldatud katsed näitavad, et lämmastikväetised on efektiivsed eeskätt nendel heinapõldudel, kus kõrreliste osatähtsus heinas ulatub vähemalt pooleni. Kui segusse on võetud küllaldaselt kõrrelisi, on teise aasta põldheinale otstarbekas anda varakevadel 40...80 kg lämmastikku hektarile, mis tõstab heinasaaki 10...25 ts võrra hektarilt ehk 12...18 sü 1 kg lämmastiku kohta. Tuleb lisada, et

TABEL 64

## Fosfor- ja kaaliumväetiste orienteerivad normid põldheinale

Saak ts/ha	Väetistarve	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		kg/ha	
35...50	väga suur	40...60	20...40
	suur	20...40	—
	keskmise väike	0...20	—
	väike	—	—
50...65	väga suur	60...80	70...100
	suur	40...60	40...70
	keskmise väike	20...40	20...40
	väike	0...20	—
üle 65	väga suur	80...100	100...130
	suur	60...80	70...100
	keskmise väike	40...60	40...70
	väike	20...40	20...40

nii suurt enamsaaki saab lämmastikväetiste mõjul normaalse tihedusega kõrrelisterikka kamaraga põllult. On aga põldhein hõre ja selles valitsevad söötidele iseloomulikud taimed, siis ei tasu lämmastikväetist kasutada, vaid söödistanud põldheinapõllud tuleb ümber künda.

Fosfor- ja kaaliumväetiste vajadus sõltub muldade väetistarbest ja planeeritud enamsaagist. Põldheina enamsaagi planeerimine on aga üsna ebatäpne, sest peale mullaviljakuse sõltub põldheinasaak suurel määral agrotehnikast, eriti aga eelviljast. Seepärast on väetisannuste planeerimisel aluseks võetud põldheina kogusaak. Tabelis 64 on toodud orienteerivad fosfor- ja kaaliumväetiste normid olenevalt saagist ja väetistarbest. Põldheina väetamisel fosfor- ja kaaliumväetistega tuleb arvestada järgmist.

1. Esmajärjekorras anda fosfor- ja kaaliumväetised vajalikus koguses põldheina katteviljale, teises järjekorras 1. aasta põldheinale ja kolmandas järjekorras 2. aasta põldheinale.

2. Kui põldheinale ei jätku fosfor- ja kaaliumväetisi tabelis toodud normide järgi, siis ei ole otstarbekas annuseid vähendada, vaid jätta teise aasta põldhein fosfor- ja kaaliumväetisteta ja esimese aasta põldheina väetada täisnormiga.

3. Nendel muldadel, kus väetistarve ei ole väga suur, vaid suur, keskmine või väike, on otstarbekas põldheinale kahel aastal planeeritavad ja katteviljale antavad fosfor- ja kaaliumväetiste kogused liita ja anda need kõik katteviljale.

Fosfor- ja kaaliumväetised antakse põldheinale varakevadel. Samuti võib seda teha hilissügisel.

### 8.2.3. RÜHVELKULTUURID

Käsitleme lähemalt kartuli, juurviljade ja maisi väetamist. Kuigi mais on kasutamise järgi silokultuur, sarnaneb ta agrotehnika poolest juurviljade ja kartuliga ning tema väetamist on otsustavalt käsitleda rühvelkultuuride ehk vahelharitavate kultuuride rühmas. Samadel põhjustel käsitleme rühvelkultuuride rühmas ka söödakapsa väetamist.

Kartuli 250-tsentnerilise mugulasaagi ja vastava hulga pealsetega eemaldatakse hektarilt ligikaudu 125 kg lämmastikku, 50 kg  $P_2O_5$  ja 200 kg  $K_2O$ . Toitainetest omastab kartul suure osa juulis, millal toimub intensiivne pealsete kasv. Pärast öitsemist aeglustub toitainete omastamine mullast, suureneb assimilatsioonide liikumine mugulatesse ja koos sellega toimub intensiivne mugulate kasv. Võrreldes suviteraviljadega, on kartulisaagiga eemaldatavad toitainete kogused enam-vähem ühesuguse agrofooni korral lämmastiku ja fosfori osas ligi 1,5 ja kaaliumi osas 3 korda suuremad.

Mulla reaktsiooni suhtes ei ole kartul eriti nõudlik ja kasvab rahuldavalt ka happelistel muldadel, kui kasutatakse orgaanilisi väetisi. Viimased vähendavad liikuva alumiiniumi kahjulikku mõju, mille suhtes kartul on siiski tundlik. Seepärast tõstab muldade lupjamine põlevkivituhaga kartulisaaki ja parandab selle kvaliteeti.

Väetiste mõjust kartulisaagile annab ülevaate tabel 65, kus on toodud kolme aasta keskmised saagid EMMTUI katsetes. Selgub, et katsete keskmisena suurendas  $N_{60}P_{60}K_{60}$  kartulisaaki 74 ts võrra hektarilt. Kõige väiksem oli mineraalväetiste mõju Tori rasketel gleimuldadel, mis on kartuli kasvatamiseks suhteliselt ebasoodsad. Kui teraviljadel langes lämmastikule  $N_{60}P_{60}K_{60}$  summaarsest efektiivsusest 70...80%, siis kartuli väetamisel oli kõigi kolme elemendi osa saagi tõusus ligikaudu võrdne.

Kõige suurem kartulisaak saadi mineraalväetiste ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) ja sõnniku (60 t/ha) kooskasutamisel. Sõnnik tõstis mineraalväetiste foonil saaki keskmiselt 50 ts/ha, samal ajal kui mineraalväetiste foonil täiendavalt antud lämmastik ( $N_{30}$ ) saaki ei suurendanud. Küll aga suurenes saak, kui kõigi kolme mineraalväetise tegevaine hulka suurendati 60 kilogrammilt 90 kilogrammile hektari kohta.

Tabelis 65 on toodud orienteerivad mineraalväetiste normid keskmise viljakusega (40...50 hindepunkti) muldadel, kui kartulile antakse 30...40 tonni sõnnikut või turba-sõnnikukomposti hektari kohta. Toodud lämmastikunormid on sobivad juhul, kui kartulit kasvatatakse teravilja järel. On aga kartuli eelviljaks õigel ajal küntud põldhein, tuleb lämmastikunormi  $\frac{1}{3}$ ... $\frac{1}{2}$  võrra vähendada. Kasvatatakse kartulit aga turvasmuldadel, tuleb lämmastikku anda veelgi vähem või see hoopis ära jätta, olenevalt turba lagunemise astmest.

TABEL 65

## Väetiste mõju kartulisaagile (1966—1968)

		Antsla	Olustvere	Simuna	Tori	Kuusiku	Keskmiselt
		Saak ts/ha					
Väetamata		106	263	143	147	157	163
N <sub>60</sub>		135	282	170	158	193	188
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>		152	296	194	177	248	213
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		160	339	204	189	292	237
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + sõnnik 60 t/ha		215	385	268	223	332	285
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		176	345	211	183	275	238
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		177	364	240	202	321	261
Väetis	Foon	Mineraalväetiste keskmine efektiivsus — kg mugulaid 1 kg tegevaine kohta					
N <sub>60</sub>	väetamata	48	32	45	18	60	42
N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	53	20	23	—	—	—
P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub>	28	23	40	32	92	42
K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	13	72	17	20	73	40
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	väetamata	30	42	34	23	75	41
		Sõnniku keskmine efektiivsus — kg mugulaid 1 tonni sõnniku kohta					
Sõnnik 60 t/ha	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	92	77	106	57	67	80

Lämmastikväetistest sobivad kartulile eeskätt need, kus lämmastik esineb või kust ta vabaneb ammooniumiühendina. Varem loeti kõige sobivamaks lämmastikväetiseks kartulile ammooniumsulfaati. Et viimase osatähtsus toodetavate mineraalväetiste üldkoguses on väike, siis ka selle kasutamine suurematel pindadel ei tule kuigi oluliselt arvesse. Kaasajal on kartulile kõige sobivamaks lämmastikväetiseks ammoniaakvesi ja karbamiid. Mõlemad väetised viiakse mulda enne kartuli mahapanekut. Lämmastikväetiste andmine pealtväetisena (kasvuaegselt) ei oma eeliseid ja on tehniliselt raskemini korraldatav kui külvieelne väetamine.

Fosforväetiste liikide suhtes ei ole kartul eriti nõudlik. Ka fosforiidist, kui seda antakse suuremates kogustes (P<sub>100...120</sub>), omastab kartul suhteliselt pika kasvuaaja jooksul endale vajaliku fosfori, samal ajal kui suviteraviljad fosforiiti peaaegu üldse ei suuda omastada. Kartul ongi külvikorras üheks selliseks kultuuriks, millele saab anda fosforiidijahu. Soovitav on fosforiidijahu segada juba sõnniku või kompostiga. Kui aga seda tehtud ei

## Mineraalväetiste orienteerivad normid kartulile

Planeeritav (loodetav) saak ts/ha	N kg/ha	PK-tarve	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			kg/ha	
150...200	kuni 40	väga suur	60...80	60...80
		suur	40...60	40...60
		keskmine väike	30...40 —	30...40 —
200...250	40...80	väga suur	80...100	100...120
		suur	60...80	60...100
		keskmine väike	40...60 20...40	40...60 30...40
250...300	80...120	väga suur	100...120	120...160
		suur	80...100	100...120
		keskmine väike	60...80 40...60	60...80 40...60
300...400	>120	väga suur*	—	—
		suur	100...120	120...160
		keskmine väike	80...100 60...80	100...120 60...80

\* Väga suure P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- ja K<sub>2</sub>O-tarbega muldadelt ei saada üle 300 ts kartulit hektarilt.

ole, on kõige otstarbekam külvata fosforiidijahu põllule laotatud sõnnikule ja koos mulda viia.

Kaaliumväetistest sobivad kartulile hästi kaaliumsulfaat, söniit ja kaalimagneesium, sest väetistega mulda viidud kloor alandab kartuli tärglisesisaldust ja halvendab maitseomadusi. Et aga nimetatud väetisi on vähe, tuleb kasutada kaaliumkloriidi, sest sellega antakse kloori vähem kui kaalisoolaga. Kloori sisaldavad kaaliumväetised on otstarbekas viia mulda eelmisel sügisel, siis leostub suurem osa kloriidioonidest mullast läbinõrguva veega välja, kaalium aga seotakse mulla kolloidosakeste poolt suhteliselt tugevasti ja jääb mulda alles.

Kartulile on nii saagi kui ka mullaviljakuse säilitamise ja suurendamise seisukohalt tingimata vaja anda orgaanilisi väetisi 30...60 t/ha. Kartuli kasvatamine ilma orgaanilise väetiseta tuleb kõne alla kitsalt spetsialiseeritud majandis, kus loomakasvatuse osa on väike või puudub üldse. Orgaaniliste väetiste asendamisel mineraalväetistega tuleb 10 tonni sõnniku asemel anda mineraal-

väetistega ligikaudu 20 kg N, 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja 40 kg K<sub>2</sub>O. Tuleb lisada, et orgaaniliste väetiste asendamine mineraalväetistega omastatavate toitainete suhtes ekvivalentsetes kogustes ei ole enamasti praktiliselt võimalik, sest mineraalväetiste suurte annuste kasutamisel ilmnevad sageli toitainete liiga kõrgeist kontsentratsioonist tingitud kasvuhäired, mistõttu vajalik enamsaak jääb saamata.

Otstarbekaks on aga osutunud kartuli tugevam väetamine fosfor- ja kaaliumväetistega, kusjuures kartulile antakse ka järgnevale suviteraviljale ettenähtud PK-väetised. Sellisel juhul järgnevale teraviljale PK-väetisi ei anta.

Kartuli väetamisel tuleb tingimata pidada silmas saagi kasutamist. Kõige suuremaid väetisannuseid võib kasutada söödakar- kartuli juures. Ka ei ole mineraalväetiste suurte annustega kaasnev mõningane tärglisesisalduse langus söödakar- kartuli juures eriti oluline, sest see kompenseerub harilikult suurema valgusisaldusega. Seevastu toidukartuli kasvatamisel ei tohiks mineraalväetistega antavad tegevaine hulgad olla üle N<sub>40...60</sub> ja K<sub>60...100</sub>. Fosfori suurte annuste suhtes on kartul vähem tundlik ja neid võib kasutada vastavalt vajadusele. Söögikartuli kvaliteeti aitab parandada mõõdukas koguses antud sõnnik (mitte üle 40 t/ha), kuna suured sõnnikunormid (üle 50 t/ha) põhjustavad jällegi tärglisesisalduse langust ja mugulate maitseomaduste halvenemist. Nõuded tööstuskartulile on vahepealsed.

Juurviljadest on enam levinud söödakaalikas 'Kuusiku' (varem nimetati ka hübriidkaalikaks). Kaalika 800-tsentnerilise saagiga viiakse põllult ligi 200 kg N, 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja 350 kg K<sub>2</sub>O, seega veelgi rohkem kui 300-tsentnerilise kartulisaagiga. Seepärast vajab kaalikas ka tugevat väetamist.

TABEL 67

Mineraalväetiste normid söödakaalikale sõltuvalt sõnniku andmisest ja mulla väetistarbest

Sõnnikut t/ha	N kg/ha	PK-tarve	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			kg/ha	
40...50	50...80	väga suur	70...100	90...120
		suur	40...70	60...90
		keskmise	20...40	30...60
		väike	—	—
—	80...120	väga suur	100...120	120...160
		suur	70...100	90...120
		keskmise	40...70	60...90
		väike	20...40	30...60

Sõnnikut antakse kaalikale 40...50 t/ha kas sügiskünni alla või eelviljale.

Mineraalväetisi kasutatakse kaalikale 600...800 ts suuruse hektarisaagi saamiseks tabelis 67 toodud kogustes.

Ka kaalika väetamisel võib PK-annuseid suurendada järgnevale teraviljale ettenähtud väetiste arvel. Lämmastikväetiste annuseid ei ole E. Niinepuu andmetel otstarbekas suurendada üle  $N_{120}$ , sest sellega kaasneb juurikate kvaliteedi ja säilivuse halvenemine.

Suhkrupeet ja söödapeet omastavad mullast toitaineid ligikaudu niisama palju kui kaalikaski. Seepärast ei erine ka nende väetamine oluliselt kaalika väetamisest. Nii suhkru- kui ka söödapeet kasutavad väga hästi sõnniku mõju. Seepärast on soovitatav anda peedile sõnnikut rohkem — 50...70 t/ha. Mineraalväetistega saab suure PK-tarbega muld lisaks sõnnikule ligi  $N_{80...120}$ ,  $P_{70...100}$  ja  $K_{90...120}$ .

Mineraalväetised antakse juurviljadele kas sügisel või kevadise mullaharimise ajal. Lämmastiku kasvuaegne andmine õigustab ennast siis, kui lämmastikväetisi on kasutada väga piiratult ( $N_{20...30}$ ). Ka suurte normide ( $N_{100...120}$ ) korral tuleks osa anda kasvuaegselt. Keskmised lämmastikunormid ( $N_{50...100}$ ) on otstarbekas anda külvielselt mulda. Seda eriti juhul, kui kasutatakse ammoniaakvett.

Kui kaalikas on mullareaktsiooni suhtes leplikum, siis peedid on tüüpilised lubjalembesed kultuurid ja võivad happelisel mullal täielikult ikalduda. Seepärast tuleb juurviljade, eriti aga suhkru- ja söödapeedi kasvatamiseks ettenähtud põllud lubjata. Juurikate kvaliteedi ja nende säilivuse kui ka saagi seisukohalt on juurviljadele väga vajalik boor, mida antakse külvielselt boordatoliidina (60...80 kg/ha).

Mais ei erine saagiga eemaldatavate toitainete hulga poolest oluliselt juurviljadest. Mais reageerib hästi sõnnikule ja mineraalväetistele. Saagi ja mullaviljakuse tõusu seisukohalt on vaja anda vähemalt 30...50 tonni sõnnikut hektarile. Erandi moodustavad maisi monokultuuri põllud, kus ühel ja samal kohal kasvatatakse maisi aastaid järjest. Sel juhul antakse orgaanilisi väetisi 30...50 t/ha üle 2...3 aasta.

Mineraalseid lämmastikväetisi kasutab mais hästi ja seepärast on antav kogus  $N_{80...100}$ . Fosfor- ja kaaliumväetistega antav kogus suure väetistarbega mullal ulatub ligi  $P_{60...80}$  ja  $K_{100...200}$ , kusjuures korrigeeritakse annuseid vastavalt väetistarbele. Meie kliimas on maisi kasvu limiteerivaks faktoriks harilikult soojus. Seepärast on otstarbekas luua väetistega maisile tugev foon. Maisi poolt kasutamata jäänud fosfori- ja kaaliumiühendid jäävad järgnevale kultuurile. Väetiste andmise ajad on samasugused nagu teistelgi rühvelkultuuridel.

Söödakaapsas on väetamise suhtes väga nõudlik ja tundlik kultuur mulla happelise reaktsiooni suhtes. Söödakapsale

antakse 50...70 t/ha sõnnikut sügiskünni alla. Talvel või kevadel antud sõnnik soodustab umbrohtumist ja muudab kapsapõllu hooldamise töömahukaks. Ka fosfor- ja kaaliumväetised võib anda juba sügisel künni alla. Suure ja keskmise väetistarbega muldadel antakse  $P_{60...80}$  ja  $K_{90...120}$ . Väikese väetistarbega muldadel vähendatakse neid koguseid ligemale poole võrra, kuna väga suure väetistarbega muldadel olgu  $P_{80...120}$  ja  $K_{120...200}$ . Väga suure fosfori- ja kaaliumitarbega muldadel on otstarbekas anda PK-väetised söödakapsale kahes osas —  $1/2...2/3$  sügisel künni alla ja ülejäänud osa kevadel kultivaatori alla. Eriti oluline on fosfor- ja kaaliumväetiste kahes osas andmine madalama viljakusega põldudel, kus rühvekultuure on kasvatatud vähe ja fosfor- ja kaaliumväetisi ei ole süstemaatilisel kasutatud. Lämmastikväetis antakse kevadel kas ammoniaakveena, karbamiidina või ammoooniumsalpeetrina 80...120 kg lämmastikku hektarile.

#### 8.2.4. SILOKULTUURID

Silo- ja haljassöödakultuuridest on enam levinud valge mesikas, kaer ja kaera-herne segatis, raps, rapsi-herne segatis ning üheaastane raihein. Orienteeriva pildi nimetatud kultuuride väetamisest annab tabel 68. Tabelis on lämmastikväetise normid too-

TABEL 68

#### Silokultuuride väetamine

Kultuurid	N kg/ha	PK-tarve	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			kg/ha	
Valge mesikas	—	väga suur	60...80	80...100
Kaera-herne segatis	30...60	suur	40...60	60...80
		keskmine	20...40	30...60
Kaer puhaskülvis	60...120	väike	—	—
Rapsi-herne segatis	30...50	väga suur	80...100	120...160
Raps puhaskülvis	70...150	suur	60...80	80...120
		keskmine	40...60	60...80
Üheaastane raihein	100...180	väike	20...40	30...60

dud kultuuride kaupa, fosfor- ja kaaliumväetiste normid aga väetistarbe alusel vastavalt kultuuride nõudlikkusele.

Valge mesikas on väga tundlik mulla happelise reaktsiooni suhtes. Valge mesika kasvatamine happelistel muldadel õnnestub pärast nende lupjamist täisnormiga. E. Halleri uurimised näitavad, et mulla happeline reaktsioon avaldab eriti kahjulikku mõju idanevatele seemnetele. Seepärast on saadud häid tulemusi mesika kasvatamisel ka väiksemate lubiväetisannustega, kui need anti pindmisse mullakihti, s. o. mesikaseemnete idanemiskeskonda.

Lämmastikväetisi mesikas kui liblikõieline kultuur ei vaja. Fosfor- ja kaaliumväetistele reageerib suhteliselt nõrgalt. Mesikale ettenähtud fosfor- ja kaaliumväetised tuleb anda katteviljale, koos viimasele ettenähtud väetistega. Mesikas reageerib hästi kattevilja eelviljadele antud orgaanilistele väetistele, mida mesika paigutamisel külvikorda püütagu võimaluste piires arvestada. Mesikat kasvatatakse ka katteviljata üheaastase kultuurina. Väetisnormid katteviljata mesikale on samasugused nagu kattevilja alla külvatud mesikale.

Mesika ädala või tüü sisseküündmine koos juurejäänustega rikastab mulda lämmastikurikka orgaanilise ainega, mis on orgaaniliseks väetiseks.

Kaera-herne segatist kasvatatakse külvikorras sageli rühvelkultuuridega ühel väljal, kuid nendel põldudel, kus nõudlikud rühvelkultuurid hästi ei kasva. Sellisel juhul antakse mulla viljakuse suurendamiseks külvikorras segatise alla ka orgaanilist väetist, millele segatise reageerib hästi.

Kuigi segatise võetud hernes seob õhulämmastikku, annavad ka mineraalsed lämmastikväetised rahuldavat enamsaaki. Nende kasutamine on vajalik madalama viljakusega põldudel, eriti siis, kui orgaanilisi väetisi ei anta. Lämmastikväetiste vajadus langeb ära hästi lagununud turvasmuldadel.

Kaera puhaskülvina kasvatamine haljasmassiks õnnestub paremini niiskematel muldadel, kus ta on segatise lamandumiskindlam. Väetamine erineb segatise väetamisest selle poolest, et puhaskülvina külvatud kaerale on vaja anda rohkem lämmastikväetist ( $N_{60} \dots 120$ ).

Raps puhaskülvis ja rapsi-herne segatise on sobivaks eel- ja vahekultuuriks turvastunud muldadel. Ka huumusrikastel glei- ja gleistunud muldadel on raps ja rapsisegatis sobivaks haljassööda- ja silokultuuriks. Tabelis 68 toodud lämmastikunorme on hästi lagununud turvasmuldadel võimalik vähendada või koguni mitte kasutada.

Üheaastane raihein annab hea veerežiimiga liivsavi- ja saviliivmuldadel, samuti ka turvasmuldadel 300...400 ts haljasmassi hektarilt. Üheaastane raihein vajab tugevat väetamist ja on võimeline kasutama küllalt suuri lämmastikuannuseid

(N<sub>100...180</sub>). Hästi lagunenud turvasmuldadel tuleb lämmastikuannust vähendada või see hoopis ära jätta olenevalt kergesti omastatavate lämmastikuühendite sisaldusest mullas.

### 8.2.5. KIUTAIMED

Lina omastab toitaineid mullast suhteliselt vähe. Nii viib lina 5 tsentneri suuruse kiusaagi korral hektarilt ligikaudu 40 kg N, 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja 35...40 kg K<sub>2</sub>O.

Lina eelistab nõrgalt happelist reaktsiooni ega anna kvaliteetset saaki lubjarikastel muldadel. Seepärast ongi linakasvatust koondunud Lõuna- ja Kagu-Eestisse leetmuldade piirkonda. Lubiväetisena kasutatud põlevkivituhk aga lina kvaliteeti ei kahjusta, kui see antakse eelviljadele. Lina juurestik on nõrk ja väikese toitainete omastamise võimega. Ka on toitainete omastamine linal väga ebaühtlane.

Lämmastiku omastamise kriitiline periood algab «kuusekese» faasiga. Kuni õiepungade moodustumiseni (pungumiseni) omastab lina küll ainult 25...30% kogu lämmastikust, kuid väljaaremata juurestiku tõttu avaldub lämmastikuühendite puudus sel ajal eriti teravalt. Intensiivne lämmastiku omastamine algab pungumisega ja kestab õitsemise lõpuni. Sel ajal omastab lina lühikese ajaga ligi 70% kogu lämmastikuhulgast. Õitsemise lõpuga lõpeb ka intensiivne lämmastiku tarbimine. Kuigi lina on väga tundlik lämmastikuühendite vähesuse vastu, mõjub liigne lämmastik kahjulikult kiu kvaliteedile. Viimane halveneb seda enam, mida ühekülgsem on lina toitumine. Lämmastiku ühekülgse mõju leevendamiseks kasutatakse suuremaid fosfor- ja kaaliumväetiste norme.

Fosfor on väga oluline tärkamisjärgselt noorte linataimede arengus, kuigi lina omastab pungumiseni ainult 15% kogu fosforist. Intensiivne fosfori omastamine toimub pungumisest õitsemiseni, kusjuures õitsemise lõpuks on linataimed omastanud ligi pool vajalikust fosforist. Hiljem fosfori omastamine aeglustub, kuid jätkub kasvuaja lõpuni.

Kaaliumi omastamise intensiivsus on nagu lämmastikulgi kõige suurem pungumise ja õitsemise ajal. Kriitiliseks perioodiks peetakse aga esimest kolme nädalat pärast tärkamist.

Nõrga omastamisvõime ja toitainete ebaühtlase tarbimise tõttu vajab lina suhteliselt tugevat väetamist, kuigi linaga põllult eemaldatavad toitained kogused ei ole suured.

Sõnnikut talub lina halvasti — kiu kvaliteet halveneb ja kiud muutub ebaühtlaseks. Hästi mõjuvad aga lina eelviljadele antud orgaanilised väetised, mida tuleb arvestada lina paigutamisel külvikorda.

Lämmastikväetise vajadus sõltub eelviljast, sügiskünni ajast ja ilmastikust. Kui lina järgneb teraviljale, on lämmastikuvajadus

suurem, kui põldheinale, siis väiksem. Mida varasem oli sügiskünd, seda väiksem on lämmastikväetise vajadus. Vihmase sügise ja hilise kevade puhul on lämmastikuvajadus suurem, kuiva sügise ja varase kevade korral aga väiksem. Keskmiseks annuseks loetakse 30...60 kg N hektarile. Sobiv väetis linale on ammoniumsulfaat. Kui seda aga ei jätku, tuleb kasutada ammoniaakvett, nitrofoskat või ammoniumsalpeetrit. Otstarbekas on hilissügisel anda linapõldudele ammoniaakveena  $N_{40...60}$ . Sügisese andmise korral jõuab lämmastik lina külviajaks mullas ühtlasemalt jaotuda. Kui sügis osutub vihmaseks või kevad hiliseks, võivad lämmastikukaod suurenedada. Lämmastikväetise täiendava andmise vajadus selgub pärast lina tärkamist. Vastavalt sellele tuleb linale anda pealtväetisena  $N_{20...30}$  ammoniumsalpeetri näol. Heaks väetiseks linale on nitrofoska, mida antakse kevadel kultiveerimise alla niisuguses koguses, mis katab lämmastikuvajaduse. Sel juhul langeb ära ka sügisene ammoniaakvee andmine. Kõige vähem sobib linale karbamiid, sest selle suure kontsentreerituse tõttu on raske tagada lämmastiku ühtlast jaotumist mullas.

Fosfor- ja kaaliumväetisi antakse linale sõltuvalt muldade väetistarbest:

PK-tarve	$P_2O_5$ kg/ha	$K_2O$ kg/ha
väga suur	60...90	90...120
suur	50...60	60...90
keskmine	30...50	40...60
väike	kuni 30	kuni 40

Süstemaatiliselt väetatud külvikorraväljadel antakse linale planeeritud fosfor- ja kaaliumväetised ühekorraga kas kevadel kultiveerimise alla või juba sügisel. Kahes osas (osa künni alla, osa kevadel) on fosfor- ja kaaliumväetisi vaja anda hiljuti ülesharitud maadel, mida varem nimetamisväärselt väetatud ei ole ja kus väetistarve on väga suur.

Juhul kui fosfor- ja kaaliumväetised antakse sügisel, on soovitatav need väga suure ja suure PK-tarbega muldadel külvata küntud põllule ja kultivaatori abil segada mulla pindmise kihiga. Hilissügisese kultiveerimisega viiakse ühtlasi ka ammoniaakvesi mulda. Ammoniaakvee andmine künni alla ei tule lina kasvatamisel palju arvesse, sest linale planeeritud põld tuleb künda varakult, kui temperatuur on veel üle  $5^\circ$ . See aga võib põhjustada künni alla antud lämmastikväetisest suuri kadusid.

Väga oluline on lina väetamisel lämmastikväetiste ühtlane külv. Vastasel korral jääb linapõld laiguliseks ja kiu kvaliteet langeb tugevasti.

## 8.2.6. KULTUURROHUMAAD

Kultuurkarjamaa hektarilt saadav rohi, kui selle saak on 3000...4000 sü/ha, sisaldab ligikaudu 100...150 kg N, 25...35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja 100...170 kg K<sub>2</sub>O. Saagis sisalduvatest toitainetest satub suurem osa loomade väljaheidetega karjamaale tagasi. Kujuneb omapärane, kultuurkarjamaadele iseloomulik toitaineteringe: karjamaa → rohi → loom → karjamaa.

R. Toomre andmetel satub ööpävasel karjatamisel rohuga söödud lämmastikust 60...70% ja fosforist ning kaaliumist 80...90% loomade väljaheidetega karjamaale tagasi. Et väljaheidet jaotuvad karjamaa pinnale ebaühtlaselt ja esinevad paratamatud toitainete kaod, siis ainult osa karjamaale väljaheidetega tagasi toltunud toitainetest omastatakse heintaimede poolt ja läheb uuesti ringesse. Arvestades toitainete kadusid ja üleminekut mullavarudesse, võib ringesse läinud toitainete osa olla uue saagi kujunemisel ligikaudu järgmine: lämmastik 20...30%, fosfor 30...40% ja kaalium 40...50%. Omapärasest toitainete ringest tingituna ongi võimalik kultuurkarjamaalt niisama suure mineraalväetiste kogusega saada rohkem saaki kui kultuurniidult.

L ä m m a s t i k v ä e t i s t e kasutamine kultuurkarjamaadel on efektiivne. Oigel kasutamisel saadakse iga kg lämmastiku kohta 15...30 sü enamsaagiks. Lämmastikväetiste efektiivsus ja kasutamine kultuurkarjamaal sõltub libliköieliste ja kõrreliste vahekorradest, kamara väljakujunemise astmest, mulla viljakusest ja saagikuse tasemest. Mulla lämmastikuvarude arvel võib saada kultuurkarjamaadelt 900...2000 sü/ha. Lämmastikväetiste kasutamise on võimalik saaki suurendada mitmekordselt ja saada 9000...10000 sü/ha. Lämmastikväetiste efektiivsus on seda suurem, mida lämmastikuvaesem on muld. A. Sau andmetel saadi lämmastikuvaestel muldadel (N% < 0,1) kõrrelisterikka kamaraga kultuurkarjamaal enamsaagiks 20...30 sü 1 kg lämmastiku kohta. Kui aga mullas oli lämmastikku 0,11...0,20%, langes lämmastikväetiste efektiivsus ligikaudu 35...45% võrra ning 0,21...0,25% lämmastikuisaldusega muldadel ligi poole võrra.

Oluliseks lämmastikuallikaks kultuurkarjamaadel on libliköielised heintaimed, eeskätt valge ristik. A. Sau andmetel seob valge ristik, kui see moodustab 30...40% rohu kuivainest, 144...232 kg õhulämmastikku aastas hektari kohta, millest saagiga läheb ringesse 92...156 kg. Enamasti on aga valge ristiku poolt seotud lämmastiku hulk väiksem ja kõigub 50...100 kg/ha vahel. Valge ristiku rohkete kultuurkarjamaade otstarbeka kasutamise, hooldamise ja fosfor-kaaliumväetiste andmisega on võimalik saada mineraalsete lämmastikväetisteta või nende väikeste annustega 3000...4000 sü/ha.

Libliköielisterohke rohukamaraga karjamaadel (valget ristikut 30...40% kuivainest) on R. Toomre ja A. Sau andmetel ots-

tarbekas kasutada mõõdukaid lämmastikunorme — 40...70 kg/ha nendel aastatel, kui valge ristiku osatähtsus rohukamaras on vähenenud ja see ei suuda tagada kõrget saaki. Lämmastikväetised antakse liblikõielisterohkele rohukamarale suvel kas ühes või kahes osas. Kui kasutatav kogus on  $N_{40}$ , antakse see ühes osas juunis või juulis, suuremad lämmastikukogused ( $N_{60...70}$ ) antakse aga kahes osas — juunis ja juulis. Kui anda aga lämmastikväetised liblikõielisterikkale kamarale kevadel, põhjustab see liblikõieliste suurema väljalangemise. Lämmastikväetiste mõõdukate annuste õige kasutamine liblikõielisterohkel väljakujunenud kamaraga kultuurkarjamaal võimaldab tõsta saagi 4000...6000 söötühikuni hektarilt.

Väljakujunenud kõrrelisterohke kamaraga kultuurkarjamaal on vaja kasutada vähemalt 120 kg lämmastikku ha kohta, mis antakse harilikult kolmes osas — üks kord kevadel ja kaks korda suvel. Kõrrelisterohkel rohukamaral on võimalik kasutada suuri lämmastikunorme ( $N_{300...400}$ ), mis võimaldavad karjamaalt saada 10 000 ja rohkemgi söötühikut hektarilt.

Kui kõrrelisterohke kamar on alles kujunemisjärgus, on A. Sau andmetel otstarbekas kasutada väiksemaid lämmastikväetiste norme ja anda  $N_{90...120}$  kolmes osas.

Fosfor- ja kaaliumväetiste efektiivsus kultuurkarjamaade väetamisel on suhteliselt kõrge. Nii saadakse fosfor- ja kaaliumväetiste otstarbekal kasutamisel iga kg  $P_2O_5$  ja  $K_2O$  kohta 6...12 sü enamsaaki. Fosfor- ja kaaliumväetiste kasutamine kultuurkarjamaadel sõltub saagist ja muldade väetistarbest. Vabariigis tehtud uurimiste põhjal on koostatud fosfor- ja kaaliumväetiste orienteerivad normid (tabel 69).

Et mullavarudest vabaneva ja ringesse mineva kaaliumi hulk on fosforiga võrreldes suurem, sõltub ka väetistega mulda viidava PK suhe saagitasemest. Madalama saagitaseme (kuni 3000 sü/ha) puhul on vajalik, et  $P_2O_5$  ja  $K_2O$  suhe oleks ligikaudu 1 : 0,7...0,8, keskmise saagi (3000...4000 sü/ha) korral 1 : 1 ja kõrgema saagi (üle 4000 sü/ha) puhul 1 : 1,2...1,4. Vastasel korral võib esineda mullavarude ühekülgset kasutamist ja kergesti lahustuvate toitainete sisaldus võib langeda mullas alla soovitud taseme.

Fosfor- ja kaaliumväetiste liikide suhtes ei ole kultuurkarjamaa eriti nõudlik. Ka raskesti lahustuvad fosforväetised, nagu fosforiidijahu on kultuurkarjamaadel andnud häid tulemusi.

Fosfor- ja kaaliumväetised antakse karjamaadele sügisel pärast karjatamise lõppu või varakevadel enne rohukasvu algust.

Orgaaniliste väetiste kasutamine kultuurkarjamaadel on eeskätt oluline muldade bioloogilise aktiivsuse suurendamise seisukohalt. Orgaaniliste väetiste vajadus on mulla huumuse sisaldusest (tabel 70).

Seega tuleb anda orgaanilisi väetisi igal 3...5. aastal. Orgaanilised väetised kiirendavad karjamaadele omase rohukamara

TABEL 69

## Fosfor- ja kaaliumväetiste orienteerivad normid kultuurkarjamaade väetamisel

Saak sü/ha	PK-tarve	kg/ha	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2000...3000	suur ja väga suur	40...50	30...40
	keskmine	30...40	20...30
	väike	20...30	—
3000...4000	suur ja väga suur	50...70	50...70
	keskmine	40...50	30...50
	väike	30...40	20...30
4000...6000	suur ja väga suur	70...90	90...150
	keskmine	50...70	60...90
	väike	30...50	40...60

TABEL 70

## Orgaaniliste väetiste vajadus kultuurkarjamaadel (A. Sau järgi)

Mulla huumuse-sisaldus %	Orgaaniliste väetiste annus t/ha	Väetamise periood aastates	Orgaanilisi väetisi keskmiselt aastas t/ha
<2,0	25...30	3	8...10
2,0...3,0	20...25	3...4	5...8
>3,0	15...20	4...5	3...5

väljakujunemist. Väljakujunenud rohukamaraga kõrgesaagilistel (üle 4000...5000 sü/ha) kultuurkarjamaadel väheneb orgaaniliste väetiste vajadus või langeb hoopis ära, sest siin rahuldavad orgaanilise aine vajaduse loomade väljaheited ja mulda ning mullapinnale ladestuvad taimejäänused.

Kõige sobivamad kultuurkarjamaade väetamisel on turba-sõnnikukompostid. Mida madalam on mulla viljakus ja huumusesisaldus, seda suurem peab kompostis olema sõnniku osa. R. Toomre andmetel on soovitatav rähksetel, leostunud ja gleimuldadel kasutada komposte, kus sõnniku ja turba vahekord on 1:4...6, huumusvaestel leetmuldadel aga 1:1...2. Kompostid ja sõnnik antakse kultuurkarjamaadele sügisel või talvel.

Orgaanilistest väetistest kasutatakse kultuurkarjamaadel ka virtsa ja restpõrandaga lautadest saadavat vedelat sõnnikut. Vedelate orgaaniliste väetiste efektiivsus sõltub aga suuresti andmise ajast. Seniste uurimiste järgi on virtsa ja vedela sõnniku efektiivsus rahuldav, kui neid antakse varakevadel või suve algul pilves ilmadega. Talvisel andmisel jääb aga virtsa ja vedela sõnniku efektiivsus väga madalaks.

Lubiväetiste kasutamine happelistel muldadel olevatel kultuurkarjamaadel on tingimata tarvilik. Liblikõielisterohke rohu-kamaraga karjamaid tuleb lubjata juba siis, kui  $pH_{KCl}$  on alla 6,0. Kõrrelisterohketel kultuurkarjamaadel on lubiväetiste efektiivsus madalam ja nad vajavad lupjamist, kui mulla  $pH_{KCl}$  on alla 5,5. Põhiline lupjamine tehakse karjamaade rajamisel põlevkivituhaga. Olenevalt mulla happesusest antakse hektari kohta 3...10 t põlevkivituhka. Kui on vaja pealt lubjata olemasolevaid karjamaid, tuleb kasutada väiksemaid annuseid.

Mikroväetiste vajadus sõltub kultuurkarjamaa saagist. R. Toomre järgi ei esine kultuurkarjamaadel, mida perioodiliselt väetatakse orgaaniliste väetistega ja mille hektarisaak on alla 5000 sü/ha, mikroelementide puudust. Erandiks on vask, mille vajadus sõltub suuresti mullast. Vasepuuduse all kannatavad eeskätt turvasmullad ja suurem osa liivmuldi. Kõrgesaagilistel kultuurkarjamaadel (üle 5000 sü/ha), kus kasutatakse suuri mineraalväetiste annuseid, võib esineda ka teiste mikroelementide (B, Mo) puudust, mida tuleb mikroväetistega kõrvaldada.

Kultuurniitude väetamine sõltub niidu tüübist, kamara koosseisust ja tihedusest. Täit efekti annavad väetised korraliku kamaraga niitudel. Umbrohtunud ja tühikutega kamaral jääb väetiste efektiivsus madalaks ja taolised niidud tuleb ümber künda ning uuendada.

Mineraalmuldadel olevate arukultuurniitude väetamine fosfori ja kaaliumi osas ei erine oluliselt põldheina väetamisest.

Aruniitude lämmastikutarve sõltub aga liblikõieliste osatähtsusest. Liblikõielisterohked lühiajalised (ristikurohked) ja pikaajalised (lutserniniidud) arukultuurniidud lämmastikväetisi harilikult ei vaja. Lämmastikväetisi tuleb anda siis, kui liblikõieliste osa on vähenenud ja heintaimikus on rohkesti kõrrelisi.

Kõrrelisterohketelt arukultuurniitudelt saab normaalset saaki (50...80 ts heina hektarilt), kui igal kevadel antakse lämmastikväetistega  $N_{60...120}$ . Kui aga lämmastikväetisi ei jätku, ei ole kõrrelisterohkete kultuurrohumaade normaalne kasutamine võimalik. Juhul kui lämmastikväetist antakse vähe või ei anta üldse, ei ole tarvilikud ka fosfor- ja kaaliumväetised, sest viimaste efektiivsus ilma lämmastikuta jääb kõrrelisterohkel arukultuurniidul väga madalaks.

Väga hästi reageerivad arukultuurniitudel kasvatatavad hein-

taimed eelviljadele antud orgaanilistele väetistele. Eriti oluline on orgaaniliste väetiste kasutamine kultuurniidu eelviljadele maaparanduse alt tulnud mineraalmuldadel.

Sookultuurniitude väetamine sõltub turba lagunemise astmest, niidu tüübist, kamara seisundist ja saagitasemest. Mida paremini on turvas lagunened, seda rohkem on mullas taimedele kättesaadavaid lämmastikuühendeid. Turvasmuldade lämmastikurežiimi tuleb arvestada juba sookultuurniitude rajamisel. Nii soovib T. Nõges hästi lagunened turvasmuldadel rajada kõrreliste-rohked, keskmiselt lagunened turvasmuldadel liblikõieliste ülekaaluga ja vähe lagunened turvasmuldadel liblikõieliste (ristikute) kultuurniidud. Sellise soode kasutamise puhul saab läbi kas ilma lämmastikväetisteta või minimaalsete lämmastikväetiste kogustega. Kui aga keskmiselt ja vähe lagunened turvasmuldadel on ühel või teisel põhjusel kõrreliste-rohke kamar, tuleb kasutada lämmastikväetisi. Keskmiselt lagunened turvasmuldadel on vaja anda sel juhul 30...60 kg ja vähe lagunened turvasmuldadel 60...100 kg N hektarile.

Fosfor- ja kaaliumväetisi tuleb aga kasutada kõigi sookultuurniitude väetamisel, sest turvasmullad kuuluvad väga suure PK-tarbega muldade hulka. Sookultuurniitudele võib olemasolevate andmete põhjal soovitada järgmisi väetisnorme:

heinasaak ts/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha
40...60	40...60	60...90
60...80	60...80	90...120
>80	80...100	120...180

Võrreldes põldheina ja aruniitude väetamisega, erineb sookultuurniitude väetamine kaaliumväetiste suhteliselt suurema osatähtsuse poolest. Kui põldheina ja aruniitude väetamisel on P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja K<sub>2</sub>O suhe ligikaudu 1:1,0...1,2, siis sooniitude väetamisel on see 1:1,5...1,8. Põhjuseks on asjaolu, et mineraalmuldades on üldkaaliumisisaldus ligi kümme korda suurem fosforisisaldusest, kuid soomuldades on kaaliumi isegi vähem kui fosforit.

Enamikule meie sooniitudest on vaja anda ka vaskväetist — 25...30 kg vasksulfaati või 3...4 ts püriidiräbu hektarile.

### 8.2.7. KÖÖGIVILJAD

Köögiviljad eemaldavad saagiga märgatavalt rohkem toitaineid kui põllukultuurid, kuid toitainete omastamise võime on neil nõrk. Seepärast vajavad köögiviljad viljakat mulda ja tugevat väetamist.

Mulla huumusevarude suurendamise ja toiterežiimi parandamise

TABEL 71

## Köögiviljade suhteline vajadus sõnniku ja mineraalväetiste järele

Väetise suhteline vajadus	Sõnnik	Mineraalväetised		
		N	P	K
suur	peakapsas lillkapsas kurk seller rabarber	peakapsas lillkapsas hiina kapsas rabarber seller	peakapsas lillkapsas porgand aeduba kurk till rabarber	lillkapsas aeduba aedhernes rabarber spinat
keskmine	tomat aeduba aedpeet salat spinat	kurk salat porgand aedpeet söögikaalikas tomat sibul spinat sigur redis	tomat sibul aedhernes salat seller spinat mustjuur söögikaalikas	peakapsas hiina kapsas söögikaalikas salat porgand rõigas mustjuur tomat sibul seller kurk sigur till
väike	porgand sibul aedhernes redis rõigas nuikapsas mustjuur	aedhernes aeduba	aedpeet redis rõigas	aedpeet redis petersell

seisukohalt on köögiviljadele vaja anda orgaanilisi väetisi. Köögiviljade reageerimine orgaanilistele väetistele on aga erinev.

Köögiviljanduse spetsialistid (K. Vahenõmm jt.) jagavad köögiviljad sõnnikuvajaduse põhjal kolme gruppi. See klassifikatsioon on esitatud tabelis 71, kus on toodud ka analoogilised grupid mineraalväetiste vajaduse kohta.

Külvikorras antakse sõnnik esimese grupi köögiviljadele. Sõnnikut keskmiselt vajavad köögiviljad ei talu värsket sõnnikut, kuid kasutavad väga hästi sõnniku järelmõju. Seetõttu kasvatakse neid eelmise rühma kultuuride järel. Vähe sõnnikut vajavad

köögiviljad paigutatakse külvikorras kahe eelnenud grupi kultuuride järele.

Köögiviljapõldudele tuleb orgaanilist väetist anda igal teisel või kolmandal aastal arvestusega vähemalt 18...20 t sõnnikut või 30 t komposti hektarile aastas. Haljasväetisena on otstarbekas mulda künda ka osa köögiviljade saagi jäätmeid, eeskätt peakapsa välimised lehed. Köögiviljajäänuste otsesel muldaviimisel on saadud niisama suur või isegi suurem efekt kui nende komposteerimisel.

Lämmastikväetiste planeerimisel lähtutakse taimede lämmastikuvajadusest ja kultuuri asukohast külvikorras sõnniku suhtes. Suure lämmastikuvajadusega köögiviljadele antakse 120...160 kg, keskmise lämmastikuvajadusega kultuuridele 60...120 kg ja väikese lämmastikuvajadusega taimedele 0...60 kg lämmastikku hektarile.

Lämmastikväetiste andmise aeg sõltub väetise annusest. Kui lämmastikuannus on 60...90 kg/ha, võib selle anda korraga külvi- või istutuseelselt, on aga lämmastikuannus suurem, tuleb ülejäänud lämmastik anda pealtväetisena. Teatud piirides on taimede lämmastikuga varustamisel võimalik sõnnikut asendada mineraalväetistega ja vastupidi. Ligikaudu võib arvestada, et 10 tonni sõnniku mõju võrdub esimesel kasutusaastal 20...25 kg ja teisel aastal 5...10 kg mineraalväetiste lämmastikuga.

Võttes aluseks taimede PK-vajaduse ja muldade väetistarbe, on tabelis 72 toodud orienteerivad fosfor- ja kaaliumväetiste normid köögiviljadele. Tabelist on välja jäetud väga madala PK-tarbe mullad, mis köögiviljadele ei sobi. Kui neid aga siiski on

TABEL 72

$P_2O_5$  ja  $K_2O$  orienteerivad normid köögiviljadele

Mulla PK-tarve	Köögiviljade PK-väetiste vajadus		
	suur	keskmise	väike
$P_2O_5$ kg/ha			
suur	110...130	90...110	70...90
keskmise	70...90	50...70	30...50
väike	30...50	20...30	0
väga väike	20...30	0	0
$K_2O$ kg/ha			
suur	160...200	120...160	80...120
keskmise	110...150	80...110	50...80
väike	70...100	50...70	30...50
väga väike	30...60	0	0

vaja võtta köögiviljade alla, tuleb eelviljade tugeva väetamisega tõsta muldades laktaatlahustuva  $P_2O_5$  sisaldus vähemalt 3...5 mg-ni ja  $K_2O$  sisaldus 5...7 mg-ni 100 g mulla kohta.

Fosfor- ja kaaliumväetised antakse köögiviljadele üks kord aastas kas sügisel või kevadel. Fosfor- ja kaaliumväetiste jaotatud andmine ( $\frac{2}{3}$  sügisel ja  $\frac{1}{3}$  kevadel) on andnud K. Vahenõmme andmetel ainult mõneprotsendilist enamsaaki. Fosfor- ja kaaliumväetiste jaotatud andmine õigustab end suure väetistarbega muldadel, kus ühekordsel andmisel võib toitainete kontsentratsioon noorte taimede juurte ümbruses jääda liiga madalaks või osutada liiga kõrgeks olenevalt sellest, kas väetised anti sügisel künni või kevadel kultivaatori alla.

Ka katmikalal on taimi kasvatatud põhiliselt mullal. Viimast tuleb tihti vahetada või desinfitseerida. Et aga mulla vahetamine või desinfitseerimine on küllaltki kallis ja töömahukas, on püütud taimi katmikaladel kasvatada kas hoopis ilma mullata — toitelahuses — või on muld asendatud mitmesuguste teiste ainetega. Mulla asendamiseks kasutatakse kruusa, graniitkillustikku, keramiiti, šlakki või ka orgaanilisi aineid — turvast, sammalt, õlgi. Toitelahuse või mineraalse substraadi kasutamisel on taimedele sobiva toitainete kontsentratsiooni tagamine küllaltki keeruline ja nõuab kalleid seadmeid. Mulda asendavatel ainetel peaks olema peale suure veemahutavuse ka ionide sidumise võime (neelamisvõime), nad peaksid olema kaalult kerged, kergesti kättesaadavad ja odavad. Nendele nõuetele vastab EMMTUI katsete põhjal kõige paremini vähe lagunenud rabaturvas. Freesitud rabaturba veemahutavus on tunduvalt suurem kui kõige paremal aiamullal, mis võimaldab taimi tugevamini kasta, ilma et tekiks taimedele kahjulikku hapnikupuudust. Vähe lagunenud rabaturvas on küll toitainetevaene, kuid kationide suure neelamisvõime tõttu võib turbasse anda suuri varuväetiste koguseid, nii et väetiste kõrge kontsentratsioon ei muutu juurtele ohlikuks. Samal ajal on rabaturbal anioonide sidumise võime nõrk ning turbasse antud fosforväetised säilitavad oma lahustuvuse.

A. Hiiopi andmetel tuleb katmikaladel kasvusubstraadina kasutatavale rabaturbale lisada kõigepealt põlevkivituhka liigse happesuse kõrvaldamiseks. Orienteerivaks tuhaannuseks on 3 kg ühele ruutmeetrile (vastab 30 t/ha). Kurgi ja tomati kasvatamisel soovib A. Hiiop anda põhiväetisena turbasse ühe ruutmeetri kohta 300...400 g  $P_2O_5$  superfosfaadina, 500 g  $K_2O$  kaaliumsulfaadina ja 120...170 g lämmastikku ammooniumsalpeetrina. Hektarile ümberarvestatuna on need väetiskogused 50 kuni 100 korda suuremad põllul kasutatavatest annustest. Tingimata tuleb anda ka mikroelemente. A. Hiiopi andmetel piisab, kui kurgi ja tomati kasvatamisel antakse mikroväetised põhiväetisena turbasse järgmistes kogustes 1 m<sup>2</sup> kohta: boorhapet 1 g, mangaansulfaati 1 g,

tsinksulfaati 3 g, vasksulfaati 4,8 g, raud(II)sulfaati 5 g ja ammoniummolübdaati 0,6 g.

Umbes üks kuu pärast taimede istutamist hakatakse taimi kastma 0,2%-lise toitelahusega. Kurki kastetakse toitelahusega üks kord nädalas. Esimesel kuul võetakse toitelahusesse ainult ammoniumsalpeeter, teisel kuul aga võrdne kogus ammoniumsalpeetrit ja kaaliumsalpeetrit. Toitelahust kulub umbes 10 l ühe m<sup>2</sup> kohta. Tomat on mõnevõrra väiksema toitainete tarbimisega ja piisab 0,2%-lise toitelahuse andmisest 4...6 korda tomati kasvuperioodil.

Järgmisel aastal, kui sama turvas jääb kasvuhoonetesse, piisab, kui põhiväetisi antakse enne taimede istutamist pooles koguses.

Rabaturba kasutamine kasvuhoonetes mulla asendajana on võimaldanud saada kurki kuni 50...60 kg ja tomatit üle 30 kg 1 m<sup>2</sup> kohta, mis on katmikala keskmistest saakidest 2...3 korda kõrgemad.

### 8.2.8. VILJAPUU- JA MARJAAIAD

Võrreldes põllukultuuride väetamisega, on viljapuude väetamine mitmeti erinev. Kui põllukultuuride peamine juurtemass asub 0...20 cm mullakihis, siis viljapuude narmasjuured paiknevad suures osas 20...40 cm sügavusel. Sellest tingituna jääb mullapinnale või ka künnikihti antud PK-väetiste efektiivsus sageli madalaks. Viljapuude väetamisel on häid tulemusi saadud mitesuguste sügavväetamise võtetega, millega mineraal- ja orgaanilised väetised viiakse juurte maksimaalse leviku piirkonda — 20...40 cm sügavusele.

Istutuseelse sügavväetamisega luuakse soodsad tingimused noorte viljapuude kasvuks ja arenguks. Selleks tehakse istutuseelne plantaažkünd, millega nii orgaanilised ja mineraalväetised kui ka lubiväetised suunatakse 30...60 cm sügavusele.

Orgaanilisi väetisi antakse kõdunenud sõnniku või kompostina 40...80 tonni hektarile. Mineraalväetistest antakse istutuseelsel sügavväetamisel fosfor- ja kaaliumväetisi, kummagi tegevainet 150...250 kg/ha. Kui sügavharimist tehakse ainult viljapuuridade ribadena, saab väetisi aia rajamisel mõnevõrra kokku hoida. Kuid 5...6 aasta möödumisel, samaaegselt sügavkänniribade laiendamisega, tuleb väetisi täiendavalt mulda viia. Lisaks sügavväetamisele on otstarbekas anda istutusaukudesse 10...15 kg mineraalväetistega rikastatud komposti või kõdusõnnikut. Lubiväetisi antakse istutuseelselt täisnorm hüdrolüütilise happesuse järgi.

Nagu näitavad Polli Kätsebaasi kogemused, soodustab tugev istutuseelne sügavväetamine noorte puude kasvaminekut, jõudsat kasvu ja varast kandealgust. Samuti loob sügavharimine ja

TABEL 73

## Väetisnormid ühe viljapuu kohta

Puu vanus aastates istutamisest alates	Võraaluse pindala läbimõõt meetrites	Sõnnikut või kom- posti kg	Mineraalväetistega tegevainet g/1 m <sup>2</sup>		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1...2	2,0	12...15	20	20	20
3...4	2,5	20...25	30	30	30
5...6	3,0	30...40	45	45	45
7...8	3,5	40...50	60	60	60
9...10	4,0	50...60	90	75	75
11...12	4,5	60...80	120	120	120

-väetamine tingimused suurteks saakideks, kandee pikenemiseks ja talvekindluse suurenemiseks.

Noore viljapuuaias väetamisel tuleb pärast istutamist igal aastal anda lämmastikväetistega 5...10 g tegevainet 1 m<sup>2</sup> väetatava (võraaluse) pinna kohta. Kui istutuseelselt tehti sügäväetamine ja istutusaukudesse anti mineraalväetistega rikastatud orgaanilist väetist, siis 2...3. istutusjärgsel aastal fosfor- ja kaaliumväetised tavaliselt tarviliidud ei ole. Aianduse praktikas on noore viljapuuaias väetamisel kasutusel N. Spivakovski poolt antud väetiste näidismõõdud (tabel 73).

Nende normide rakendamisel tuleb arvestada istutuseelset väetamist, mulla omadusi ja muldade väetistarvet. Väga madala toitainete sisaldusega muldadel tuleb P- ja K-väetiste annuseid suurendada 1,3...1,5 korda. Otstarbekas on kasutada PK-väetistega rikastatud komposte, mis antakse sügisel võraalustele ja künatakse või kaevatakse mulda. Lämmastikväetisi soovitatakse anda noorele viljapuuaias kahes osas: esimene osa varakevadel ja teine juunikuul algul.

Kandeealises viljapuuaias, s.o. alates harilikult 10. aastast arvates istutamisest, tuleb väetada juba kogu aiapinda. Orgaanilistest väetistest antakse kõdunenud sõnnikut või komposti kas 20...30 tonni igal aastal või 40...60 tonni üle aasta. Mineraalväetistega soovitatakse anda 80...100 kg N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ja K<sub>2</sub>O hektarile.

Väetisnorme korrigeeritakse vastavalt mulla väetistarbele, viljapuude seisukorrale ja saagikusele ning aiad rakendatavale maakasutusele. Fosfor- ja kaaliumväetised ning orgaanilised väetised antakse harilikult sügisel ja viiakse künniga mulda. Lämmastikväetisi antakse pealtväetisena vegetatsiooniperioodil mitmel korral olenevalt saagiaastast. Viljakandvuse perioodilise vähendamiseks soovitatakse väikese saagi aastal piirduda ainult varakevadise pealtväetamisega, et vältida õiepungade üle-

määrast teket järgnevaks aastaks. Rikkaliku saagi aastal tuleb lämmastikväetisi anda aga kolmel korral: varakevadel, pärast õitsemist (juuni algul) ja juulis-augustis.

Väetiste mõju kandeealises viljapuuaias on tunduvalt suurem sügavväetamise korral. Selleks kasutatakse spetsiaalseid seadmeid või traktorile RS 09 monteeritud priitsi, mis on varustatud vedelväetiste muldaviimiseks injektoritega.

Ka m a r j a a e d a d e v ä e t a m i n e algab istutuseelselt. Künni alla antakse sõnnikut või komposti 60...100 t/ha ja mineeraalväetiste näol 80...160 kg  $P_2O_5$  ja  $K_2O$  hektarile. Marjapõõsad, eriti mustsõstar, on tundlikud happelise mullareaktsiooni suhtes ning marjaiaa rajamisel antakse täisnorm lubiväetisi hüdrolüütilise happesuse järgi.

Kandeealistele marjaaedadele antakse orgaanilised, fosfor- ja kaaliumväetised harilikult sügisel ja viiakse mulda kas künni, kultiveerimise või randaalimisega. Väetisannused sõltuvad loodetavast saagist, istutustihedusest ja muldade väetistarbest. Fosfor- ja kaaliumväetisi kulub hektarile harilikult 80...120 kilogrammile tegevainele vastavates kogustes.

Lämmastikväetisi ( $N_{60...100}$ ) soovitatakse anda kolmes osas: esimene annus varakevadel, teine pärast õitsemist ja kolmas suve lõpul või varasügisel pärast saagi koristamist. Viimasel ajal on selgunud, et enamikul juhtudel võib kogu lämmastikväetiste normi anda marjaistandikele ka korraga varakevadel, mis võimaldab kokku hoida tööjõukulu.

### 8.3. VÄETISTE PLANEERIMINE KÜLVIKORRAS

#### 8.3.1. VÄETISTE JAOTAMINE KÜLVIKORRA KULTUURIDELE

Väetiste planeerimisel ja jaotamisel külvikorra kultuuridele on eesmärgiks saada võimalikult suurt enamsaaki ja tulu. Maksimalne kasum saadakse siis, kui kasumi juurdekasv, s. o. väetiste diferentsiaalefektiivsus rahalises väljenduses on kõigil kultuuridel võrdne. Samal ajal peab väetiste jaotamine tagama ka mullaviljakuse tõusu. Nende printsiipide täielik rakendamine nõuab lähteandmetena kõigi kultuuride kohta erinevatel muldadel saagifunktsioonide, s. o. saagi ja väetisannuste vahelise sõltuvuse täpset teadmist. Praegu on aga katseandmeid selleks liialt vähe. Küsimuse teeb keerulisemaks ka väetiste efektiivsuse suur sõltuvus ilmastikust, mis võib mõjustada saaki 1,5...2 korda rohkem kui väetamine. Seepärast ei olegi praegu võimalik väetiste jaotamist majandis lahendada ainuüksi matemaatiliste meetoditega raali abil. Praegu kasutusel olevate, katsetel ja kogemustel põhinevate väetiste planeerimise ja jaotamise ligikaudsete meetodite eesmärk

on aga sama — saada väetamisega võimalikult rohkem enamsaaki ja kasumit ning tagada mullaviljakuse tõus.

Väetisi tuleb majandis külvikorra kultuuridele planeerida kahest aspektist lähtudes: 1) et selgitada kui palju on väetisi vaja tellida ja 2) olemasolevate väetiste õige jaotamine. Esimesel juhul kasutatakse väetiste planeerimise induktiivset meetodit, kus üksikute kultuuride vajaduse järgi leitakse väetiste koguvajadus. Teisel juhul on tegemist deduktiivse meetodiga, kus väetiste koguhulk tuleb jagada kultuuride vahel.

Väetiste vajaduse selgitamisel võetakse aluseks planeeritud saak ja muldade väetistarve ning leitakse vajalikud väetisannused raamatu eelmisest osast, kus käsitleti kultuuride nõudeid ja väetamist. Väetiste vajaduse planeerimiseks koostatakse tabel, mille sisu selgub järgnevast näidisest (tabel 74).

TABEL 74

Väetiste vajadus \_\_\_\_\_ aastaks  
(kolhoosis, brigaadis jne.)

Kultuuri nimetus ja põllu nr.	Eelvili	PK-tarve	Pindala ha	Planeeritav saak	
				ts/ha	kokku ts
1	2	3	4	5	6
		väga suur			
		suur			
		keskmine			
		väike			

Orgaanilisi väetisi		Mineraalväetisi tegevainena kg/ha			Mineraalväetiste vajadus tegevainena kokku ts		
t/ha	kokku t	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
7	8	9	10	11	12	13	14

Lahtrite 12, 13 ja 14 summa näitab mineraalväetiste kogu- vajadust tegevaine tsentnerites, millest lähtudes arvutatakse väetiste vajadus liikide viisi tegelikus kaalus. Väetiste vajaduse planeerimisel on soovitatav vähemalt kolme-nelja põllu kohta teha ka üksikasjalikum väetiste vajaduse arvestus planeeritava enamsaagi alusel (osalise bilansi meetodil), kus arvestatakse mullaviljakust, eelviljade mõju ja väetiste järelmõju. See on vajalik planeeritava väetiskoguste korrigeerimiseks.

Et praegu ja lähemas tulevikus on väetiskogused limiteeritud, ei ühti majandile eraldatud väetiskogused alati planeeritud ja tellitud kogustega. Eraldatud väetiskoguste vastavusse viimiseks planeeritud kogustega on kaks võimalust. Esiteks võib seda teha eraldatud ja planeeritud väetiste üldkoguste suhte alusel, või teiseks — koostada väetiste kasutamise plaan kultuuride suhtelise väetisvajaduse järgi.

Esimesel juhul jagatakse eraldatud väetiskogus planeeritud kogusega ja saadakse korrigeerimiskoeffitsient. Korrigeerimiskoeffitsiendid leitakse iga tootelemendi (N, P, K) kohta eraldi. Kõik kultuuridele planeeritud väetisnormid korrutatakse koeffitsiendiga ja saadakse korrigeeritud väetisnormid, mille kasutamine on tagatud eraldatud väetiskogustega.

Teine viis eraldatud väetiskoguste jaotamiseks kultuuridele põhineb taimede suhtelise vajaduse arvestamisel. Seda viisi on sobiv eriti siis kasutada, kui väetiskoguste planeerimise ajaks on eraldatud väetiskogused teada. Tähtsamate kultuuride suhteline väetiste vajadus on toodud tabelis 75. Fosfor- ja kaaliumväetiste kasutamisel ei tohi taimede suhtelist väetiste vajadust segi ajada muldade väetistarbega. Taimede suhteline väetiste vajadus näitab taime vajadust ühe või teise tootelemendi järele; muldade väetistarbe põhjal aga otsustatakse, millisel määral on mullas taimedele kättesaadavaid toitaineid. Esitatud suhtelise väetiste vajaduse koeffitsiendid on orienteerivad ja kasutatavad siis, kui väetistega antakse iga tegevainet (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) ligikaudu 40...80 kg hektarile. On aga väetiste kasutamise tase madalam või kõrgem, muutuvad ka tabelis 75 toodud koeffitsiendid. Fosfor- ja kaaliumväetiste jaotamisel võib pidevalt (igal aastal) väetisi saanud põldudel aluseks võtta koeffitsientide alampiirid, mitu aastat väetamata põldude puhul aga nende ülempiirid.

Mineraalväetisi võib planeerida ja jaotada taimede suhtelise vajaduse järgi vastavalt väetistarbele tabelis 76 toodud näidise kohaselt.

Lämmastikväetiste jaotamisel kantakse lahtrisse 5 tabelist 75 suhtelise vajaduse koeffitsiendid, lahtrisse 6 aga pindala (lahtrist 2) ja suhtelise vajaduse korrutis. See on nn. tingpindala hektarites lämmastikväetiste jaotamiseks. Kogu kasutada olev lämmastikväetiste hulk (laoseis + fondid) tegevaines jagatakse tinghektarite summaga ja saadakse ühe tinghektari kohta

## Kultuuride suhteline mineraalväetiste vajadus

Kultuurid	N	P	K
1. Taliteravili (allakülvita)			
a) madala või keskmise viljakusega mullal ilma sõnnikuta	1,0...1,2	} 1,3...1,5	} 0,8...1,0
b) viljakatel muldadel või madalama viljakusega muldadel, kui anti sõnnikut	0,6...0,8		
2. Suviteraviljad (allakülvita)			
a) rühvelkultuuride ja põldheina järel	1,0	} 0,8...1,0	} 0,5...0,8
b) teraviljade järel	1,2...1,5		
3. Teraviljad põldheina allakülviga	0,4...0,6	1,3...1,5	1,3...1,5
4. Kaunviljad	0...0,3	1,0	1,0
5. Rühvelkultuurid			
a) sõnnikuga väetamisel	1,2...1,5	1,5...2,0	1,0...2,0
b) sõnnikuta	1,5...2,5	1,5...2,0	2,0...2,5
6. Põldhein ja arukultuurniidud			
a) liblikõielisterohke	0	1,0	1,5
b) kõrrelisteroohke	1,0...1,5	0,5...1,0	1,0...1,5
7. Kultuurkarjamaa			
a) liblikõielisterohke	0,2...0,5	} 1,0...1,5	} 1,0...1,5
b) kõrrelisteroohke	2,0...3,0		
8. Sookultuurniidud	0...1,0	1,5	2,5

tulev mineraalväetiste lämmastikukogus. Korrutades saadud arvu lahtris 6 toodud tinghektarite arvuga, saadakse väetiste planeerimisel lahtrisse 7 lämmastikuvajadus (väetiste jaotamisel — võimalik anda olev kogus) kultuuride ja eelviljade järgi. Jagades lahtris 7 asetseva arvu lahtris 2 toodud tegeliku pinnaga, saame lahtrisse 8 lämmastikuannuse hektari kohta.

Fosfor- ja kaaliumväetiste jaotamisel tuleb arvestada veel muldade väetistarvet. Fosfor- ja kaaliumväetiste jaotamisel saadakse tinghektarid kolme arvu — väetiste suhtelise vajaduse (lahtrist 9 või 15), kultuuri pindala (lahtrist 11 või 17) ja muldade väetistarbe koefitsiendi korrutamisel. Viimane on väga suure tarbega muldadel 1,3, suure tarbe puhul 1,0, keskmise tarbe korral 0,7 ja väikese tarbega muldadel 0,35. Seejärel tinghektarid summeeritakse, leitakse ühe tinghektari kohta vajalikud või kasutada olevad  $P_2O_5$  ja  $K_2O$  kogused, nende koguvajadus (resp. kasutada olev kogus) kultuuride ja muldade väetistarbe järgi ning sellele vastavad annused.

Tuleb lisada, et väetiste jaotamiseks soovitatud koefitsiendid ei võimalda arvestada majandi tootmistingimuste iseärasusi. Seejärel tulebki arvutamise teel leitud annuseid sageli korrigeerida.



kaupa mitmeks aastaks. Külvikorraljadele planeeritud väetisannuseid tuleb igal aastal korrigeerida vastavalt eraldatud väetiskogustele. See on kergesti tehtav ega nõua suurt ajakulu. Enne kui vaadelda väetiste planeerimist külvikorras mitmeks aastaks ette, tuleb lähemalt peatuda väetiste andmisaegade planeerimisel ja väetiste varuks andmise küsimustel.

### 8.3.2. VÄETISTE ANDMISAEGADE PLANEERIMINE

Väetiste andmisaegade õige valik peab tagama:

- 1) väetiste kõrge efektiivsuse,
- 2) võimalikult väikese toitaine kaotuse,
- 3) põllutööde pinget vähendamise ja
- 4) väetiste andmine peaks olema tehnoloogiliselt hõlpus korraldada ja tehniliselt kergesti läbiviidav.

Väetiste andmisaegade planeerimine seisneb nimetatud, sageli vastandlike printsiipide oskuslikus rakendamises — tuleb leida väetiste andmisaegade optimaalsed variandid. Et andmisaegade mõju väetiste efektiivsusele ja toitaine kaotusele sõltub suuresti väetistest, siis käsitletaksegi andmisaegu väetiste põhilike kaupade.

Orgaaniliste väetiste efektiivsus üldse sõltub eeskätt kultuurist, andmisaeg mõjustab efektiivsust vähem. Ainult värske sõnniku sattumine noorte taimede vahetusse lähedusse võib mõjuda kahjulikult. Sõnniku ja kompostide andmisaja valikul on määravaks toitaine kaotuse, põllutööde pinget ja tehnoloogia. Et võrdse hulga toitaine muldaviimisel tuleb orgaanilisi väetisi kasutada 25 ja enam korda rohkem kui mineraalväetisi, on orgaaniliste väetiste andmine suhteliselt töömahukas. Seepärast on orgaaniliste väetiste andmisel eriti oluline, et seda saaks teha ajal, kui teiste põllutööde pinget on väiksem (näit. talvel).

Sõnniku andmine sügiskünni alla on osutunud efektiivsemaks ning kadude vähendamise seisukohalt on sel juhul seni kõige paremaid tulemusi saadud. Nii saadi E. Talpsepa andmetel sügiskünni alla antud 40 t/ha sõnniku mõjul rähkmuldadel korraldatud katsetes 3 aasta keskmisena 65 ts kartuleid enamsaagiks. Nendes variantides, kus aga värske sõnnik laotati sügisel külmunud mullale, talvel lumele või veeti talvel väikestesse hunnikutesse ja laotati kevadel, oli enamsaak ligikaudu 30% madalam sügiskünni alla antud sõnniku efektiivsusest. Kevadel veetud ja laotatud värske sõnniku efektiivsus oli aga kõige madalam ja moodustas ainult 60% sügiskünni alla antud sõnniku efektiivsusest.

I. Jõgiste katsed näitasid, et lämmastikku lendus sügisel külmunud mullale laotatud sõnnikust ligikaudu 10...32%, lumele laotatud sõnnikust 16...27% ja väikestes hunnikutes säilitatud sõnnikust 14...34%. Kaaliumi leostus laotatud sõnnikust rohkem (ligi 60...80% üldkaaliumist) kui väikestes hunnikutes seisnud

sõnnikust (leostus 12...25% üldkaaliumist), kuid leostunud kaalium sattus suures osas mulda ega läinud taimetoitainete ringest välja. Analoogiline on olukord ka sõnniku fosforiga, ainult et fosfori leostumine oli üldse väiksem ega ületanud 20%. Mida soojem ja suladerohkem on talv, seda suuremad on toitainete kaod ja seda väiksem on sügisel mullapinnale või talvel lumele antud sõnniku efektiivsus.

Et sügisel on tööde pinge suur ja sõnnikuvarud piiratud, siis on talvine sõnniku väljavedu ja lumele laotamine levinud enamikus vabariigi majandites. Talvisel väljaveol esineb sügava lume ja madala temperatuuri korral ka tehnilisi raskusi, sest olemasolevad sõnnikulaotamismasinad ei tööta sel juhul hästi.

Sügisel mullapinnale või talvel lumele laotatud sõnnik tuleb kevadel, niipea kui maapind harimisriistu kannab, mulda randaalida või künda. Kui kevadise harimisega hilinetakse, muutuvad lämmastikukaod suureks ja sõnniku efektiivsus väheneb tugevasti.

Kevadine sõnniku laotamine, mida 10...20 aastat tagasi rohkesti tehti, põhjustab tööde kuhjumist ja külvi hilinemist. Sageli on rühvelkultuuride külvi hilinemisega kaasnev saagilangus suurem kui sõnniku positiivne mõju. Seepärast ei ole õige planeerida kevadist sõnniku andmist suurmajandites kuigi ulatuslikult.

Senisest rohkem tuleb sõnnikut anda sügiskünni alla. See on võimalik, sest koos koristustööde mehhaniseeritusega väheneb iga aastaga sügistööde pinge. Sügisel tuleb välja vedada ja laotada suve jooksul kogunenud sõnnik, samuti ka kevadel (aprillis) teolude ja põldude pehmuse tõttu välja vedamata jäänud sõnnik. Sügiskünni alla antud sõnnik peaks moodustama  $\frac{1}{4}$ ... $\frac{1}{3}$  kogu sõnniku hulgast. Ülejäänud  $\frac{2}{3}$ ... $\frac{3}{4}$  sõnnikust veetakse välja ja laotatakse sügisel külmunud mullale ja talvel lumele.

Omaette probleem on sõnniku andmine taliteraviljadele, mis on eriti vajalik mullaviljakuse säilitamise ja tõstmise seisukohalt. Üheks lahenduseks on sõnniku talvine väljavedu ja laotamine talivilja eelkultuuridele. Et talivilja eelviljaks on enamasti põldhein või teravili, millele sõnnikut ei anta, tuleks sõnnik laotada juuli lõpul või augusti algul. Sel ajal on aga majandis tööpinge kõrge ja võimalused taliviljale sõnniku andmiseks piiratud. Parem on taliviljale antav sõnnik vedada juba talvel patareisse nendele põldudele, kuhu talivili külvatakse.

See, mis kehtib sõnniku andmisaegade kohta, on maksev ka turvasväetiste andmisel. Ka nende laotamine toimub põhiliselt talvel. Toitainete kaod talvel laotatud kompostidest on väiksemad kui sõnnikust.

Mineraalväetistest on andmisaja suhtes kõige nõudlikumad lämmastikväetised. Et muld nitraate ei seo, viiakse salpeeterväetised mullast läbinõrguva veega kergesti minema. Liigniiskes mullas aga võivad nitraadid denitriifikatsiooniprotsessis

taanduda vabaks lämmastikuks, mis samuti kasutult mullast haihtub. Ka sel juhul, kui väetises on lämmastik ammoniumioonidena, mida muld hästi seob, on väljaleostumise ja denitrifikatsiooni oht suur, sest ammoniumlämmastik nitrifitseerub kiiresti. Neil põhjustel on peamiseks lämmastikväetiste andmise ajaks kevad — taimede kasvu algus.

Varem, kui kasutati peamiselt salpeeterväetisi ja neidki väikestes kogustes ( $N_{15...20}$ ), anti lämmastikväetised harilikult pealtväetisena. Seoses lämmastikväetiste koguste suurenemise ja sortimendi laienemisega ammoniaakvee ja karbamiidi arvel on pealtväetamise osatähtsus vähenenud. Nagu paljud katsed on näidanud, võib lämmastikväetised kõigile kevadel külvatavatele kultuuridele anda juba mulda. Kui ammoniumsalpetri efektiivsus on külvi-eelsel ja pealtväetisena kasutamisel tihti võrdne, siis karbamiidi efektiivsus on mulda andmisel enamasti suurem. Ammoniaakvett aga ei saagi suure lendumise tõttu mullapinnale anda. Et lämmastikväetisi on lihtsam kasutada külvi-eelselt, antaksegi nii vedelad kui ka tahked lämmastikväetised kevadel külvatavatele kultuuridele mullaharimise ajal.

Pealtväetisena tuleb tahkeid lämmastikväetisi kasutada taliviljade, heinapõldude ja kultuurkarjamaade väetamisel. Nii taliviljade kui ka heinapõldude pealtväetamisel saadakse kõige paremaid tulemusi lämmastikväetiste andmisel, kui pärast lume sulamist on lausvesi põldudelt kadunud. Karjakoplitele antakse lämmastikväetisi varakevadest kuni juuli lõpuni olenevalt annuse suurusest ja rohukasvu reguleerimise vajadusest.

Ka on uuritud lämmastikväetiste sügisest andmist nii taliviljadele, heinapõldudele kui ka kevadel külvatavatele kultuuridele. Tulemused on seni olnud suuresti kõiguvad: mõnel aastal on olnud lämmastikväetiste sügisene andmine niisama efektiivne kui kevadinegi, teistel aastatel osutusid aga sügisel antud lämmastikväetised väheefektiivseks. Põhjuseks on asjaolu, et sügisene lämmastikväetiste efektiivsus sõltub suuresti mulla läbiuhtumisest sügisel, talvel ja varakevadel. Kui muld on sügisel kuiv ja külmub enne lume tulekut ning kevadel sulab lumi kiiresti, on mulla läbiuhtumine väike ja sügisel antud lämmastikväetised pääsevad mõjule. Vastupidiste ilmastikutingimuste korral võib suurem osa sügisel antud lämmastikust mullast kaduda ning lämmastikväetiste efektiivsus jääb madalaks.

Kõige väiksem on risk ammoniaakvee sügisel andmisel, kui seda tehakse oktoobris, mil õhu keskmine temperatuur langeb alla  $6...7^{\circ}$ . Sel juhul toimub ammoniaagi nitrifikatsioon aeglaselt ja lämmastiku väljaleostumise oht langeb ära. Olenevalt külvipinna struktuurist on sügisel võimalik anda  $\frac{1}{4}... \frac{1}{3}$  lämmastikväetistest ammoniaakveena mulda, mis vähendab oluliselt kevadtööde pinget. Praegu on kompleksväetistena antava lämmastiku kogus liialt väike, edaspidi see kahtlemata suureneb ja võimaldab lihtsustada

mineraalväetiste andmist ning vähendada tööde pinget. Taimede toitumise ja väetamise tehnoloogia seisukohalt on perspektiivsed aeglaselt mõjuvad lämmastikväetised (näit. ureaform) ja mitmesuguste nitrifikatsiooni takistavate ainete (püridiiniühendid jt.) lisamine ammooniumväetistele, mis võimaldab pikendada lämmastikväetiste andmise aegu.

Andmisaja mõju fosfor- ja kaaliumväetiste efektiivsusele on hoopis väiksem. Väetistega mulda antud fosforiühendeid seob muld sedavõrd, et neid läbinõrguva veega minema ei uhuta. Sageli seob muld fosforiühendeid niivõrd tugevasti, et väheneb nende kättesaadavus taimedele. Fosfaatide sidumine toimub H. Kärblase andmetel suhteliselt kiiresti (3...5 päeva jooksul pärast muldaviimist), seetõttu ei saa seda andmisaegade valikuga oluliselt mõjustada.

Kaaliumväetised on mullas rohkem liikuvad kui fosforväetised, kuid kaaliumi ulatuslikum väljaleostumine võib toimuda siiski ainult liivmuldadest.

Seepärast võibki fosfor- ja kaaliumväetised anda kevadel külvatavatele kultuuridele juba eelmisel sügisel, ilma et oleks karta nende efektiivsuse vähenemist. Nagu näitavad paljud katsed meil ja mujal, on sügiskünni alla antud fosfor- ja kaaliumväetiste efektiivsus võrdne või suuremgi kevadel külvielselt antud PK-väetiste efektiivsusest. Ainult pikemat aega väetamata või väga suure PK-tarbega muldadel, kui kõik fosfor- ja kaaliumväetised anti künni alla, võib esineda noortel taimedel PK-puudust. Seepärast soovita-

TABEL 77

Fosfor- ja kaaliumväetiste orienteerivad andmisajad

Kultuuride rühmad	PK-väetiste andmise	
	aeg	viis
Taliteravili	juuli, augusti I pool	kultivaatori alla
Suviteravili, rühvelkultuurid ja teised kevadel külvatavad kultuurid	september, oktoober, aprill, mai	sügiskünni alla, sügiskünni peale, kultivaatori alla
Heintaimed	november, detsember, märts, aprilli I pool	külmunud maapinnale, kui lumikate puudub või on alla 10 cm

takse anda nendel muldadel fosfor- ja kaaliumväetised kevadel kultivaatori alla.

Varasemas kirjanduses on paljudel juhtudel soovitatud fosfor- ja kaaliumväetiste jaotatud andmist —  $\frac{2}{3}$  sügiskünni alla ja  $\frac{1}{3}$  kevadel, mis annab sageli mõneprotsendilise enamsaagi. Et aga fosfor- ja kaaliumväetiste jaotatud andmine suurendab tööjõuvajadust ja tööde pinget, siis ei ole nimetatud võtte ulatuslik rakendamine majanduslikult põhjendatud. Seda tuleb kasutada ainult nõudlike rühvelkultuuride kasvatamisel väga suure PK-tarbega muldadel. Sel juhul on otstarbekas anda fosfor- ja kaaliumväetised sügiskünni alla ja kevadel anda täiendavalt nitrofoskat.

Fosfor- ja kaaliumväetiste andmisaegadest kultuurirühmade kaupa annab ülevaate tabel 77, mis on abiks väetiste andmisaegade plaani koostamisel majandis. Mida enam saame aastaringi anda fosfor- ja kaaliumväetisi, seda ühtlasemaks muutub tööde pinge ja väiksemaks ladude koormus.

### 8.3.3. VÄETISTE KONTSENTEERIMISEST KÜLVIKORRAS JA PERIOODILINE VÄETAMINE

Väetiste kasutamise teoorias ja praktikas võib eristada kaht printsiipi.

1. Väetisi antakse igale kultuurile üks või mitu korda väikestes kogustes — taimeväetamine.
2. Väetisi antakse suurtes kogustes, kuid ei anta alati kõigile kultuuridele — mullaväetamine.

Taimeväetamisel on eesmärgiks väetistes ja mullas olevate toitainete maksimaalne kasutamine. Väetisi doseeritakse taimede vajaduste järgi kriitilistel perioodidel (sellest mõiste «taimeväetamine»). Väetisi antakse sageli paiklikult nii, et kontakt väetise ja taime vahel oleks tihe. Et väetisi kasutatakse vähe ja väikestes annustes paiklikult, siis on väetiste efektiivsus väga kõrge. Mulla rikastumist mineraalväetiste taimetoitainete arvel ei toimu, sest saagiga eemaldatavate toitainete hulk on 2...3 korda suurem väetistega juurdeantavast hulgast.

Et saaki limiteerivaks faktoriks jäävad toitained, siis ei saa taimeliikidele ja sortidele omane saagivõime täelikult avalduda ning saagid kujunevad keskpärasteks. Taimeväetamise praktika oli ja on levinud eeskätt nendes maades, kus maakasutamise intensiivsus on madal ja väetisi kasutatakse suhteliselt vähe.

Mullaväetamisel on eesmärgiks tugeva väetamisega luua taimedele püsivalt head toitumistingimused, kusjuures toimub toitainetevaeste muldade rikastumine eeskätt fosfori ja kaaliumiga. Mullaväetamisel ei ole toitained limiteerivaks faktoriks ja taime-liigi ning sordiomadused pääsevad paremini mõjule. Sellepärast on ka saagitase kõrge. Mullaväetamise praktika on levinud inten-

siivse maakasutusega maades, kus väetisi kasutatakse rohkesti.

Omal ajal püüdis akadeemik V. R. Viljams neid teooriaid absolutiseerida ja vastandada ning pidas ainuõigeks taimeväetamist. Tegelikult on asi komplitseeritud ning taime- või mullaväetamise põhimõtete rakendamine sõltub põllumajanduse intensiivsusest ja materiaal-tehnilisest varustamisest. Kaasaegses väetamise teoorias ja praktikas kasutatakse mõlemate printsiipide ühendamisest vastavalt maaviljeluse ja väetamise tasemele. Nimetatud seisukohtade rakendamine sõltub suuresti väetiste nomenklatuurist. Nii ei saagi olemasolevate lämmastikväetiste andmisel kasutada mullaväetamise printsiipi, vaid neid tuleb paratamatult anda vastavalt taime vajadustele. Seevastu fosfor- ja kaaliumväetiste osas on mullaväetamise printsiibid edukalt rakendatavad. Kaasaegses väetamise praktikas levibki järjest rohkem printsiip, mille järgi lämmastikväetised antakse taimeväetamise ning fosfor- ja kaaliumväetised mullaväetamise põhimõtete kohaselt.

Katsed suuremate fosfor- ja kaaliumväetiste annustega on näidanud, et neid ei ole tarvis anda igal aastal, vaid seda võib teha üle mitme aasta (perioodiliselt). Et kaasajal on tulipunkti väetamistööde lihtsustamine ja väetiste andmisega seotud tööjõu ning kulude vähendamine, ongi fosfor- ja kaaliumväetiste perioodiline andmine (varuväetus) leidnud paljudes maades laialdast levikut. Perioodiliselt kasutatavad suuremad fosfor- ja kaaliumväetiste annused antakse tavaliselt saagivõimelisematele ja hinnalisematele ehk nn. külvikorra juhtkultuuridele (rühvelkultuurid, taliteravili jne.). Suuremate väetisannuste kasutamist külvikorra juhtkultuuridele nimetataksegi väetiste kontsentreerimiseks külvikorras.

Meie vabariigis on PK-väetiste perioodilist andmist uuritud veel vähe. Seniste andmete järgi oli rähkmullal külvikorras: 1. juurvili, 2. oder ja 3. oder, kuivaine kogusaak kolmel aastal kokku suurem sel juhul, kui teraviljale ettenähtud fosfor- ja kaaliumväetised anti täiendavalt juurviljale. Kuivaine kogusaak tõsis juurviljade saagi suurenemise arvel, kuigi külvikorra lõpus oleva odra saak veidi vähenes fosfor- ja kaaliumväetiste ärajätmisel.

Võttes arvesse meil, Saksa DV-s, Rootsis ja mujal korraldatud katseid, võib PK-väetiste perioodilist andmist soovitada meie vabariigi tingimustes enamikul muldadel. Väetiste perioodilist andmist ei saa otstarbekaks pidada liivmuldadel ja nendel savi-liivmuldadel, kus 1 m mullaprofiilis ei esine raskema lõimisega horisonti.

Fosfor- ja kaaliumväetiste perioodiline andmine ei ole niivõrd väetiste efektiivsuse tõstmise võtte kui just väetamise tehnoloogia muutmise, mis vähendab väetamise kulusid, eeskätt

tööjõu osas. Nagu näitavad Saksa DV-s tehtud uurimised, väheneb fosfor- ja kaaliumväetiste üle aasta andmisel tööjõukulu ligikaudu 35%, võrreldes nende iga-aastase andmisega. Peale selle võimaldab fosfor- ja kaaliumväetiste perioodiline andmine vähendada kevadiste põllutööde pinget, mulla liigset tallamist ja väetisladude koormust.

Millistele kultuuridele aga anda mitmekordne annus fosfor- ja kaaliumväetisi ja missugused hoopis ilma jätta?

Arvesse võttes seniseid uurimisi, meie külvipinna struktuuri ja viljade järgnevust, on otstarbekas anda kahe- või kolmekordne PK-annus rühvelkultuuridele, heintaimede allakülviga suviteraviljadele ja tali-

TABEL 78

Külvikorra näidis-väetussüsteem

Külvikord	Väetamise tase	N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				K <sub>2</sub> O kg/ha			
			P-tarve				K-tarve			
			väga suur	suur	keskmine	väike	väga suur	suur	keskmine	väike
1. Rühvelkultuurid	a	60	120	90	60	30	120	90	60	30
	b	90	160	120	85	40	160	120	80	40
2. Suviteravili	a	40	(20)	—	—	—	—	—	—	—
	b	60	(20)	—	—	—	—	—	—	—
3. Suviteravili (allakülviga)	a	30	130	100	70	35	150	120	80	40
	b	40	180	140	100	50	200	160	110	60
4. Põldhein (ristikurohke)	a	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5. Põldhein (kõrrelisterohke)	a	50	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	90	—	—	—	—	—	—	—	—
6. Taliteravili	a	45	120	90	60	30	90	70	50	25
	b	60	130	100	70	35	100	80	60	30
7. Suviteravili	a	55	(20)	—	—	—	—	—	—	—
	b	80	(20)	—	—	—	—	—	—	—
Keskmiselt aastast	a	40	53	40	27	14	51	40	27	14
	b	60	67	51	36	18	66	51	36	19

Märkus. Sulgudes märgitud annused on soovitatav anda granuleeritud superfosfaadina või nitrofoskana külviaegselt.

viljale. Ilma fosfor- ja kaaliumväetiseta jäävad sel juhul allakülvideta suviteraviljad ja põldhein.

Milliseks kujuneb külvikorra väetussüsteem, kui fosfor- ja kaaliumväetised antakse perioodiliselt, seda aitab selgitada tabelis 78 toodud külvikorra väetussüsteemi näidis, mis on koostatud kahe erineva väetamistaseme (a ja b) kohta. Esimese kultuuride rühma, millele antakse suurendatud PK-annus, moodustavad selles külvikorras rühvelkultuurid (kartul, mais). Rühvelkultuuridele antakse fosfor- ja kaaliumväetised sügiskünni alla. See on eriti oluline kaaliumväetiste korral, sest suurte annuste kasutamine keevadel alandab kartuli tärglisesisaldust. Käesolevas näites on mineraalväetiste planeerimisel arvestatud, et rühvelkultuuridele antakse 40 ... 60 tonni sõnnikut hektarile. Rühvelkultuuridele järgnevale suviteraviljale selle väetussüsteemi kohaselt fosfor- ja kaaliumväetisi üldreeglina ei anta. Ainult väga suure fosforitarbega muldadel on soovitatav anda külviaegselt nitrofoskat või granuleeritud superfosfaati. Järgmine kultuur külvikorras, mis saab suurendatud PK-annused, on heintaimede allakülviga suviteravili. Kaheaastase kasutusega põldheinale sel juhul fosfor- ja kaaliumväetisi ei anta. Pealegi on mullapinnale antud fosforväetiste omastatavus nagunii tagasihoidlik. Kolmas suurendatud PK-annus antakse tabelis 78 toodud külvikorras taliviljale, mis ühtlasi aitab suurendada ka taliviljade talvekindlust.

Rakendades eespool toodud näite kohaselt fosfor- ja kaaliumväetiste perioodilist andmist, väheneb nende väetistega igal aastal väetatav pind vähemalt kaks korda. See aitab tunduvalt kokku hoida tööjõudu kiirel tööperioodil ja vähendab põldude liigset tallamist.

Fosfor- ja kaaliumväetiste perioodilise kasutamise põhiliseks eeltingimuseks majandis on süstemaatiline viljade järgnevus ja põlluraamatute pidamine, kus kõik väetisannused registreeritakse. Ilma põlluraamatuta kujuneb väetiste jaotus aastate viisi juhuslikuks ja loodetava kasu asemel võib saada hoopis kahju.

### Kordamisküsimusi

1. Miks on taimede poolt omastatavate toitainete hulk suurem saagiga eemaldatavatest?
2. Mille poolest erineb teraviljade ja rühvelkultuuride saagiga eemaldatavate toitainete suhe?
3. Kuidas määratakse saagiga eemaldatavate toitainete hulka?
4. Millest sõltub saagiga eemaldatavate toitainete hulk?
5. Missuguste toitainete osas määratakse meil muldade väetis-tarve?
6. Millise toitaine (NPK) poolest on meie mullad kõige vaesemad?
7. Mis on väetiste otse- ja järelmõju?

8. Milline seos on väetiste lahustuvuse ja otsemõju vahel?
9. Milliste väetiste otsemõju on kõige väiksem?
10. Mil viisil tekivad muldaantud lämmastikväetistest kaod?
11. Mis toimub väetistega muldaviidud, kuid taimede poolt omastamata jäänud fosfori ja kaaliumiga?
12. Mida mõistetakse väetiste efektiivsuse all?
13. Kummal juhul on absoluutne enamsaak  $N_{60}$  kasutamisel suurem: kas siis, kui keskmine efektiivsus on 10 kg teri 1 kg N kohta, või kui diferentsiaalefektiivsus  $N_{60}$  juures on 10 kg teri 1 kg N kohta?
14. Kuidas muutub väetiste diferentsiaalefektiivsus, kui väetisannust suurendada?
15. Mis on väetiste majanduslik efektiivsus?
16. Mis vahe on väetiste planeerimise üldbilansi ja osalise bilansi meetodi vahel?
17. Planeerida väetisannused osalise bilansi meetodil oma kooli õppemajandi 2...3 põllu kohta.
18. Missugune tähtsus on taliviljade väetamisel fosforväetistega?
19. Millised erinevused on suviteraviljade ja taliviljade väetamisel?
20. Millal tuleb suviteraviljadele anda eriti rohkesti fosfor- ja kaaliumväetisi?
21. Kuidas kasutada lämmastikväetisi allakülvideta ja allakülviga teraviljade väetamisel?
22. Mille poolest erineb herne väetamine odra väetamisest?
23. Milline erinevus on esimese ja teise aasta põldheina väetamisel?
24. Milliseid lämmastikväetisi anda kartulile ja millal?
25. Mida peab silmas pidama kaaliumväetiste andmisel kartulile?
26. Kuidas sõltub kartuli väetamine kartuli kasutamisest?
27. Mille poolest erineb juurviljade väetamine kartuli väetamisest?
28. Millised on väetamise iseärasused erinevate silokultuuride väetamisel?
29. Millised on lina väetamise iseärasused?
30. Millest sõltub lämmastikväetiste kasutamine kultuurkarjamaadel ja kuidas?
31. Kuidas kasutada kultuurkarjamaadel fosfor- ja kaaliumväetisi?
32. Millest sõltub orgaaniliste väetiste efektiivsus kultuurkarjamaadel ja kuidas neid anda?
33. Millised erinevused on arukultuurniitude ja sooniitude väetamisel?
34. Kuidas jaotatakse köögiviljad orgaaniliste väetiste, lämmastiku, fosfori ja kaaliumi suhtelise vajaduse järgi?

35. Millised iseärasused on katmikala köögiviljade väetamisel?
36. Kuidas määrata väetiste koguvajadust majandis?
37. Kuidas jaotada olemasolevad väetiste kogused majandis?
38. Mis on taimede suhteline väetiste vajadus ja mille poolest see erineb mulla väetistarbest?
39. Millal anda orgaanilisi väetisi?
40. Millal anda lämmastikväetisi (liikide järgi)?
41. Millal anda fosfor- ja kaaliumväetisi?
42. Milles on fosfor- ja kaaliumväetiste perioodilise andmise olemus ja mille poolest see erineb tavalisest väetamisest?
43. Millistele kultuuridele antakse suurendatud PK-annused nende perioodilise andmise puhul?
44. Mis on fosfor- ja kaaliumväetiste perioodilise andmise rakendamise eeltingimusteks majandis?

## AGROKEEMIA EESTI-VEENE OSKUSSÖNASTIK

absorptsioon	абсорбция
adsorptsioon	адсорбция
— asendus-	— обменная
agrofoon	агрофон
agrokeemia	агрохимия
agrokeemia teenistus	агрохимслужба
aine	вещество
— kuiv-	— сухое
— mineraal-	— минеральное
— orgaaniline	— органическое
— tegev-, — toime-	— действующее
— toit-	— питательное
allapanu	подстилка
allikalubi, nõrglubi	известковый туф, ключевая известь
ammofoss	аммофос
alumosilikaat	алюмосиликат
ammoniaak	аммиак, $\text{NH}_3$
— vedel	— жидкий, — безводный
— vesi, ammoniaagi vesilahus	— водный, аммиачная вода
ammoniaak-herbitsiidide masin	гербицидно-аммиачная машина
ammoniaakaadid	аммиакаты
ammonifikatsioon	аммонификация
ammoonium	аммоний, $\text{NH}_4^+$
amorine	аморфный
anioon	анион
antagonism	антагонизм
apatiit	апатит
asotobakteriin	азотобактерин
bilans	баланс
boor	бор, В
booraks	бура, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
boardatoliit	бордатолитовое удобрение
boormagneesium	борат магния, бормагниева соль
defluoreeritud, fluorärastatud	обесфторенный
denitrifikatsioon	денитрификация
diammofoss	диаммофос
dissotsiatsioon, dissotsieerumine	диссоциация
efektiivsus	эффективность
— agronoomiline	— агрономическая
— diferentsiaal-	— дифференциальная
— majanduslik	— экономическая

element, lihtaine

- makro-
- mikro-
- toite-
- tuha-
- ultramikro-

enamsaak

fekaalid

fiksatsioon, fikseerimine

fosfaat

- alumiinium-
- ammoniumdivesinik-
- diammooniumvesinik-
- kaltsiumdivesinik-
- kaltsium-, trikaltsium-
- kaltsiumvesinik-
- raud(III)-

fosfor

fosforbakteriin

fosforiidijahu

fosforiit

haardelaius

haliit, kivisool

hape

- amino-
- boor-
- (orto)fosfor-
- lämmastik-
- süsi-
- väävel-

happesus

- aktiivne
- asendus-
- hüdrolüütiline
- mulla
- potentsiaalne

hügroskoopusus

immobilisatsioon

ioon

järelmõju, järeltoime

järvelubi

kaali-elektrolüüt

kaalimagneesium

kaalisool

kaalitoorsool

kaalium

элемент

- макро-
- микро-
- питательный
- зольный
- ультрамикро-

прибавка урожая

фекалии

фиксация

фосфат

- алюминия, фосфорнокислый алюминий,  $AlPO_4$
- аммония однозамещенный,  $NH_4H_2PO_4$
- аммония двузамещенный,  $(NH_4)_2HPO_4$
- кальция однозамещенный,  $Ca(H_2PO_4)_2$
- кальция, фосфорнокислый кальций,  $(Ca_3(PO_4)_2)$
- кальция двузамещенный,  $CaHPO_4$
- железа(III), фосфорнокислое железо(III)

фосфор, P

фосфорбактерин

фосфоритная мука

фосфорит

ширина захвата

халит

кислота

- amino-
- борная,  $H_3BO_3$
- (орто)фосфорная,  $H_3PO_4$
- азотная,  $HNO_3$
- угольная,  $H_2CO_3$
- серная,  $H_2SO_4$

кислотность

- активная
- обменная
- гидролитическая
- почвенная
- потенциальная

гигроскопичность

иммобилизация

ион

последствие

гажа, озерная известь

калий-электролит

калимгнезия

калийная соль

калийная соль сырая

калий, K

kainiit  
kaitseriba  
kaltsiifiline, lubjalembene  
kaltsiifoonne, lubjapelglik  
kaltsium  
karbamiid, kusiaine  
karbonaat  
— kaltsium-  
— kaltsiumvesinik-  
— magneesium-  
karnalliit  
katioon  
katse  
— nõu-, vegetatsioon-  
— põld-  
— tootmis-  
— skeem  
kaunviljalised  
ketas  
— laotus-, külvi-  
kips  
kipsimine  
kivisool, haliit  
klinkritolm, tsemenditõlm  
kloor  
kloriid  
— ammoonium-  
— kaalium-  
— kaltsium-  
klorofüll  
kompost  
— turba-fekaalide  
— turba-mineraalväetiste  
— turba-sõnniku-  
— turba-virtsa-  
komposteerimine  
konsentreeritud  
kondijahu  
kontrollvariant (katses)  
koobalt  
koostis  
— granulomeetriline  
— keemiline  
kordus  
kristalliline, kristalne  
kultuur  
— liiv-  
— muld-  
— vesi-  
kultivaator-taimetoitja  
kusiaine, karbamiid  
küllastusaste  
külvmasin  
— haake-

кайнит  
защитная полоса  
кальцефильный  
кальцефобный  
кальция, Ca  
карбамид, мочеви́на,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$   
карбонат  
— кальция, углекислый кальций,  $\text{CaCO}_3$   
— кальция однозамещенный,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$   
— магния, углекислый магний  $\text{MgCO}_3$   
карналлит  
катион  
опыт  
— вегетационный  
— полевой  
— производственный  
схема опыта  
бобовые  
диск  
— разбрасывающий  
гипс,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
гипсование  
халит  
клинкерная пыль, цементная пыль  
хлор, Cl  
хлорид  
— аммония, хлористый аммоний,  $\text{NH}_4\text{Cl}$   
— калия, хлористый калий, KCl  
— кальция, хлористый кальций,  $\text{CaCl}_2$   
хлорофилл  
компост  
— торфо-фекальный  
— торфо-минеральный  
— торфо-навозный  
— торфо-жижевый  
компостирование  
концентрированный  
костяная мука  
контроль  
кобальт, Co  
состав  
— гранулометрический  
— химический  
повторность  
кристаллический  
культура  
— песчаная  
— почвенная  
— водная  
культиватор-растениепитатель  
мочеви́на, карбамид,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$   
степень насыщенности  
сеялка, разбрасыватель  
— прицепная

külvimasin, ketas-  
 — kombineeritud  
 — mineraalväetise

— ripp-  
 — taldrik-  
 — tsentrifugaal-  
 külviregulaator

ladu

lagunemisaste

lahus

— mulla-  
 — toite-  
 — — tasakaalustamata  
 — — tasakaalustatud  
 — vesi-

lahustumatu

lahustuv

lahustuvus

langbeiniit

laoti, laotaja

— orgaanilise väetise

lapp (katse-)

— arvestus-  
 — üld-

lasund

— nõrglubja-

leelisus

lendumine

liblikõielised

linnajäätmed

linnusõnnik

liikuvus

lubilämmastik, kaltsiumtsüaanamiid

lubjalembene

lubjanorm

lubjapelglik

lupiin

— ahtalehine

— hulgalehine

— kollane

— sööda-

lupjamine

— happeliste muldade

— pealt-

lämmastik

— amiid-  
 — ammonium-  
 — nitraat-

maak

magneesium

majapidamisjäätmed

mangaan

martäänräbu

mesikas

— valge

сеялка, разбрасыватель, дисковая

— комбинированная

— туковая, — минеральных удоб-  
 рений

— навесная

— тарельчатая

— центробежная

регулятор высева

склад

степень разложения

раствор

— почвенный

— питательный

— — неравновешенный

— — равновешенный

— водный

нерастворимый

растворимый

растворимость

лангбейнит

разбрасыватель

— органических удобрений

делянка

— учетная

— общая

залежь

— известкового туфа

щелочность

улетучивание

мотыльковые

мусор городской

птичий помёт

подвижность

цианамид кальция,  $\text{CaCN}_2$

кальцефильный

норма извести

кальцефобный

люпин

— узколистый

— многолистый

— желтый

— кормовой

известкование

— кислых почв

— поверхностное

азот, N

— амидный

— аммиачный

— нитратный

руда

магний, Mg

мусор домашней

марганец, Mn

мартековский (фосфат)шлак

донник

— белый

metafosfaat  
— ammonium-  
— kaalium-  
— kaltsium-  
mineraalväetisekast  
— punker

molekul  
molübdaat  
— ammonium-

molübdeen  
muda  
mügarbakter

naatrium  
neelamine; neeldumine  
— bioloogiline  
— füüsikaline  
— füüsikalis-keemiline, — asendus-  
— keemiline  
— mehhaaniline

neelamisvõime  
neutraliseerimisvõime  
nitraat  
— ammonium- jt. vt. salpeetrid

nitragiin  
nitrifikatsioon  
nitrofosfaat, nitrofoss  
nitrofoska  
— fosforhape-  
— karbonaatne  
— külmutatud  
— sulfaatne  
— väävelhappe-

nõrglubi  
pinnakihiline  
poiühaliit  
puudus  
põhk  
põlevkivituhk vt. tuhk  
püriidiräbu

raud  
reaktsioon  
— aluseline, — leeliseline  
— happeline  
— — keskmiselt  
— — nõrgalt  
— — tugevasti  
— mulla  
— neutraalne

roe  
räbu, šlack  
räni

metafosfaat  
— аммония,  $\text{NH}_4\text{PO}_3$   
— калия,  $\text{KPO}_3$   
— кальция,  $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$

ящик туковой  
бункер туковой, бункер минеральных  
удобрений  
молекул  
молибдат  
— аммония, молибденовокислый  
— аммоний  
молибден, Мо  
ил  
клубеньковая бактерия

натрий, Na  
поглощение  
— биологическое  
— физическое  
— физико-химическое, — обменное  
— химическое  
— механическое  
поглотительная способность  
нейтрализующая способность  
нитрат

нитрагин  
нитрификация  
нитрофосфат, нитрофос  
нитрофоска  
— фосфорнокислотная  
— карбонатная  
— вымороженная  
— сульфатная  
— сернокислотная  
известковый туф

поверхностно-послойный  
полигалит  
недостаток  
солома

пиритный огарок, колчеданный ога-  
рок

железо, Fe  
реакция  
— щелочная  
— кислая  
— среднекислая  
— слабокислая  
— сильнокислая  
— почвенная  
— нейтральная

кал  
шлак  
кремний, силиций, Si

salpeeter  
— ammonium-, ammoniumnitraat  
  
— kaalium-, kaaliumnitraat  
  
— kaltsium-, kaltsiumnitraat  
  
— naatrium-, naatriumnitraat

sapropeel  
seade  
— mineraalväetiste segamise

seade; konstruksioon  
— doseerimis-  
— külvi-, — laotus-

segafosfaat  
segaja  
segaja-laadija  
sisenemine

sool  
— ammoniumi-  
— kaltsiumi-  
— neutraal-

soolhape  
sulfaat  
— ammonium-

— kaalium-  
— kaltsium-

superfosfaat  
— ammoniseeritud  
— ammonium-  
— boor-  
— granuleeritud  
— liht-  
— manganiseeritud  
— molübdeniseeritud  
— pulbriline  
— topelt-

sõnnik  
— hobuse-  
— ködu-  
— käärinud  
— lamba-  
— poolkäärinud  
— põhu-  
— sea-  
— turba-  
— vedel  
— veise-  
— värске

sõnnikuhoidla  
sõnnikulaotaja  
sõnniku metaankäärimine  
sõnnikupatarei

селитра  
— аммиачная, — аммонийная,  
азотнокислый аммоний, нитрат  
аммония,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$   
— калиевая, — калийная, азотно-  
кислый калий, нитрат калия,  
 $\text{KNO}_3$   
— кальциевая, \* — известковая,  
азотнокислый кальций, нитрат  
кальция,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$   
— натриевая, азотнокислый нат-  
рий, нитрат натрия,  $\text{NaNO}_3$

сапропель  
установка  
— тукосмесительная

устройство  
— дозирующее  
— разбрасывающее

смешанный фосфат  
смеситель  
смеситель-погрузчик  
поступление

соль  
— аммиачная  
— кальциевая  
— нейтральная

соляная кислота,  $\text{HCl}$   
сульфат

— аммония, сернокислый аммоний,  
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
— калия, сернокислый калий,  $\text{K}_2\text{SO}_4$   
— кальция, сернокислый кальций,  
 $\text{CaSO}_4$

суперфосфат  
— аммонизированный  
— аммиачный  
— борный  
— гранулированный  
— простой  
— марганезированный  
— молибденизированный  
— порошковидный  
— двойной

навоз  
— конский

перегной  
навоз перепревший  
— овечий  
— полуперепревший  
— соломенный  
— свиной  
— торфяной  
— жидкий  
— крупного рогатого скота  
— свежий

навозохранилище  
навозоразбрасыватель  
метановое брожение навоза  
штабель навоза

säilitamine  
sülviin  
sülviiniit  
süsihappegaas, süsinikdioksiid  
süsinik  
süsiivesik  
šlakk, räbu  
šöniit  
taldrik  
— külvi-  
tapajäätmed  
tarve vt. vajadus  
termofosfaat  
tingvæetis  
toitumine  
— fosfor-  
— juur-  
— lämmastik-  
— juureväline  
— juur-  
— taimede  
— õhust  
tooraine (d)  
toomasjahu  
tsemenditolm, klinkritolm  
tsink  
tsüaanamiid, aminometaanniitriil  
tuhk  
— puu-  
— põlevkivi-  
— — rest-  
— — tolm-  
— turba-  
tundlik  
— vähe-  
turvas  
— madalsoo-  
— raba-  
— siirdesoo-  
uriin  
Vabariiklik (piirkondlik)  
Agrokeemia Laboratoorium  
vajadus, tarve  
— fosforvæetise, fosfor-  
væetistarve  
— lupjamis-  
— kaaliumvæetise, kaalium-  
væetistarve  
vask  
vesi  
vesinik  
virts  
virtsahoidla, virtsakaev  
virtsalaotaja

хранение  
сильвин  
сильвинит  
углекислый газ, углекислота, дву-  
окись углерода, CO<sub>2</sub>  
углерод, С  
углевод  
шлак  
шенит  
тарелка  
— высевающая  
боевские отходы  
термофосфат  
условный тук, стандартный тук  
питание  
— фосфорное  
— корневое  
— азотное  
— внекорневое  
— корневое  
— растений  
— воздушное  
сырье  
томашлак  
цементная пыль, клинкерная пыль.  
цинк, Zn  
цианамид, H<sub>2</sub>CN<sub>2</sub>  
зола  
— дров  
— сланцевая  
— — колосниковая  
— — пылевидная  
— торфяная  
чувствительный  
— мало-  
торф  
— низинный  
— верховой  
— переходный  
моча  
Республиканская (зональная)  
агрохимическая лаборатория  
потребность  
— в фосфорных удобрениях  
— в известковании, необходимость  
известкования  
— в калийных удобрениях  
медь, Си  
вода  
водород, H  
навозная жижа  
жижесборник  
жижеразбрасыватель

väetamine, väetus  
— kasvuaegne, — pealt-  
— külviaegne  
— põhi-,  
— üle-, — liigne

väetis  
— ammonium-  
— bakter-  
— boor-  
— fosfor-  
— füsioloogiliselt aluseline,  
— füsioloogiliselt leeliseline  
— füsioloogiliselt happeline  
— füsioloogiliselt neutraalne  
— haljas-  
— kaalium-  
— kaudne  
— kloorivaba  
— kohalik  
— kombineeritud  
— kompleks-  
— kontsentreeritud  
— lubi-  
— — tolmjas  
— lämmastik-  
— mangaan-  
— mineraal-  
— mitmekülgne  
— molübdeen-  
— orgaaniline  
— sulfaatne  
— tahke  
— tööstuslik  
— tsink-  
— vask-  
— vedel-

väetiskülviaparaat

väetistarbekaart

Väetiste ja Insektofungitsiidide  
Teadusliku Uurimise Instituut

väetussüsteem

väetustööde tehnoloogia

väljaheide

vävel

üleüllus

Üleliiduline Väetiste ja Agromulla-  
teaduse Instituut

удобрение

подкормка

удобрение припосевное

— основное

— избыточное

удобрение

— аммиачное

— бактериальное

— боросодержащее

— фосфорное

— физиологически щелочное, фи-  
зиологически основное

— физиологически кислое

— физиологически нейтральное

— зеленое

— калийное

— косвенное

— бесхлорное

— местное

— комбинированное

— комплексное

— концентрированное

— известковое

— — пылевидное

— азотное

— марганцевое

— минеральное, тук

— многостороннее

— молибденовое

— органическое

— сульфатное

— твердое

— промышленное

— цинковое

— медное

— жидкое

туковyseavaющий аппарат

агрохимическая картограмма

Научно-исследовательский институт  
по удобрениям и инсектофунгици-  
дам (НИУИФ)

система удобрения

технология удобрительных работ

выделение

сера, S

избыток

Всесоюзный институт удобрений и  
агропочвоведения (ВИУА)

## ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ РУССКО-ЭСТОНСКИЙ СЛОВАРЬ ПО АГРОХИМИИ

- абсорбция  
адсорбция  
— обменная
- агрофон  
агрохимическая картограмма  
агрохимия  
агрохимслужба  
азот  
— амидный  
— аммиачный  
— нитратный  
азотнокислый аммоний см.  
селитра аммиачная  
азотобактерин  
алюмосиликат  
аммиак  
— жидкий, — безводный  
— водный, аммиачная вода  
аммиакаты  
аммиачная вода  
аммоний  
аммонификация  
аммофос  
аморфный  
анион  
антагонизм  
апатит  
аппарат  
— туковывсевающий
- баланс  
бобовые  
бор  
борат магния, бормагниевая соль  
бордатолитовое удобрение  
бункер  
— туковой  
бура
- вещество  
— действующее
- absorptsioon  
adsorptsioon  
asendusadsorptsioon, asendusneelamine; asendusneeldumine  
agrofoon  
väetistarbekaart  
agrokeemia  
agrokeemiateenistus  
lämmastik, N  
amiidlämmastik  
ammooniumlämmastik  
nitraatlämmastik
- asotobakteriin  
alumosilikaat  
ammoniaak  
vedel ammoniaak  
ammoniaagi vesilahus, ammoniaakvesi  
ammoniaakaadid  
ammoniaakvesi, ammoniaagi vesilahus  
ammoonium,  $NH_4^+$   
ammonifikatsioon  
ammofoss  
amorfne  
anioon  
antagonism  
apatiit  
aparaat  
väetiskülviaparaat
- bilanss  
kaunviljalised  
boor, B  
boormagneesium  
boordatoliit  
punker  
mineraalväetise punker  
booraks,  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$
- aine  
tegevaine, toimeaine

вещество минеральное  
— органическое  
— питательное  
— сухое  
вода  
водонерастворимый  
водорастворимый  
водород  
Всесоюзный институт удобрений и агропочвоведения (ВИУА)  
выделение  
гажа, озерная известь  
гербицидно-аммиачная машина  
гигроскопичность  
гипс  
гипсование  
  
делянка  
— общая  
— учетная  
денитрификация  
диаммофос  
диск  
— разбрасывающий  
диссоциация  
донник белый  
  
железо  
жижа (навозная)  
жижеразбрасыватель  
жижесборник  
  
залежь  
— известкового туфа  
защитная полоса  
зола  
— дров  
— сланцевая  
— — колосниковая  
— — пылевидная  
— — камерная  
— — циклонная  
— — электрофилтровая  
— торфяная  
  
избыток  
известкование  
— почвы  
— поверхностное  
известковый туф, ключевая известь  
ил  
иммобилизация  
ион  
  
кайнит  
кал  
калий  
калийная соль  
— — сырая

mineraalaine  
orgaaniline aine  
toitaine  
kuivaine  
vesi  
vees lahustumatu  
vees lahustuv  
vesinik, H  
Üleliiduline Väetiste ja Agromulla-  
teaduse Instituut  
eritamine; väljaheide  
järvelubi  
ammoniaak-herbitsiidide masin  
hügrooskoopsus  
kips,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
kipsimine  
  
(katse)lapp  
üldlapp  
arvestuslapp  
denitrifikatsioon  
diammofoss  
ketas  
(väetise) laotusketas, külviketas  
dissotsiatsioon, dissotsieerumine  
valge mesikas  
  
raud, Fe  
virts  
virtsalaotaja  
virtsahoidla, virtsakaev  
  
lasund  
nõrglubjalasund  
kaitseriba  
tuhk  
puutuhk  
põlevkivituhk  
restpõlevkivituhk  
tolmpõlevkivituhk  
põlevkivi kambertuhk  
põlevkivi tsüklontuhk  
põlevkivi elektrofiltertuhk  
turbatuhk  
  
üleüllus  
lupjamine  
mulla lupjamine  
peallupjamine  
nõrglubi, allikalubi  
muda  
immobilisatsioon  
ioon  
  
kainiit  
roe  
kaalium, K  
kaalisool  
kaalitoorsool

калий-электролит  
калимagnesия  
кальция  
кальцефильный  
кальцефобный

карбонат

- кальция
- магния

карналит

катион

кислота

- азотная
- аминок-
- борная
- серная
- угле-, углекислый газ
- угольная
- (орто)фосфорная

кислотность

- активная
- гидролитическая
- обменная
- потенциальная
- почвенная

клинкерная пыль, цементная пыль

клубеньковая бактерия

кобальт

компост

- торфо-жижевый
- торфо-минеральный
- торфо-навозный
- торфо-фекальный

компостирование

концентрированный

контроль

косяная мука

карбамид, мочевина

кремний, силиций

кристаллический

культуратор-растениепитатель

культура

- водная
- песчаная
- почвенная

лангбейнит

люпин

- желтый
- кормовой
- многолистный
- узколистный

магний

марганец

мареновский (фосфат)шлак

медь

метановое брожение навоза

метафосфат

- аммония

kaali-elektrolüüt

kaalimagneesium

kaltsium, Ca

kaltsiifiline, lubjalembene

kaltsifoobne, lubjapelglik

karbonaat

kaltsiumkarbonaat,  $\text{CaCO}_3$

magneesiumkarbonaat,  $\text{MgCO}_3$

karnalliit

katioon

hape

lämmastikhape,  $\text{HNO}_3$

aminohape

boorhape,  $\text{H}_3\text{BO}_3$

väävelhape,  $\text{H}_2\text{SO}_4$

süsinikdiokliid, süsihappesaas,  $\text{CO}_2$

süsihape,  $\text{H}_2\text{CO}_3$

(orto)forforhape,  $\text{H}_3\text{PO}_4$

happesus

aktiivne happesus

hüdroliitiline happesus

asendushappesus

potentsiaalne happesus

mulla happesus

klínkritoim, tsemenditölm

mügarbakter

koobalt, Co

kompost

turba-virtsakompost

turba-mineraalväetiste kompost

turba-sönnikukompost

turba-fekaalide kompost

komposteerimine

kontsentreeritud

kontrollvariant (katses)

kondijahu

karbamiid, kusiaine

räni, Si

kristalliline, kristalne

kultivaator-taimetoitja

kultuur

vesikultuur

liivkultuur

muldkultuur

langbeiniit

lupiin

kollane lupiin

söödalupiin

hulgalehine lupiin

ahtalehine lupiin

magneesium, Mg

mangaan, Mn

martäänjahu

vask, Cu

sönniku metaankäärimine

metafosfaat

ammooniummetafosfaat,  $\text{NH}_4\text{PO}_3$

метафосфат калия  
— кальция  
молекула  
молибдат  
молибден  
мотыльковые  
моча  
мочевина, карбамид  
мусор домовый  
— городской  
навоз  
— жидкий  
— конский  
— крупного рогатого скота  
— овечий  
— свежий  
— свиной  
— соломенный  
— перепревший  
— полуперепревший  
— торфяной  
навозная жижа  
навозоразбрасыватель  
навозохранилище  
натрий  
Научно-исследовательский институт  
по удобрениям и инсектофунгици-  
дам (НИУИФ)  
недостаток  
нейтрализующая способность  
нитрагин  
нитрат аммония см. селитра амми-  
ачная  
нитрификация  
нитрофоска  
— вымороженная  
— карбонатная  
— сернокислотная  
— сульфатная  
— фосфорнокислотная  
нитрофосфат, нитрофос  
норма извести  
обесфторенный (фосфат)  
опыт  
— вегетационный  
— полевой  
— производственный  
отходы  
— боевые  
— промышленные  
перегной  
пиритный огарок, колчеданный ога-  
рок  
питание  
— азотное  
— внекорневое  
— воздушное  
— корневое

kaaliummetafosfaat,  $KPO_3$   
kaltsiummetafosfaat,  $Ca(PO_3)_2$   
molekul  
molübdaat  
molübdään, Mo  
liblikõielised  
uriin, kusi  
kusiaine, karbamiid  
majapidamisjäätmed  
linnajäätmed  
sõnnik  
vedel sõnnik  
hobusesõnnik  
veisesõnnik  
lambasõnnik  
värске sõnnik  
seasõnnik  
põhusõnnik  
käärinud sõnnik  
poolkäärinud sõnnik  
turbasõnnik  
virtis  
sõnnikulaotaja  
sõnnikuhoidla  
naatrium, Na  
Väetiste ja Insektofungitsiidide  
Teadusliku Uurimise Instituut  
puudus  
neutraliseerimisvõime  
nitragiin  
nitriifikatsioon  
nitrofoska  
külmutatud nitrofoska  
karbonaatne nitrofoska  
väävelhappe-nitrofoska  
sulfaatne nitrofoska  
fosforhappe-nitrofoska  
nitrofosfaat, nitrofos  
lubjatarve, lubjanorm  
defluoreeritud (fluorärastatud) (fosfaat)  
katse  
nõukatse, vegetatsioonkatse  
põldkatse  
tootmiskatse  
jäätmed  
tapajäätmed  
tööstusjäätmed  
humus; kõdusõnnik  
püriidiräbu  
toitumine  
lämmastiktoitumine  
juureväline toitumine  
toitumine õhust  
juurtoitumine, juurte kaudu toitumine

- питание растений  
 — фосфорное  
 поверхностно-послойный  
 повторность  
 поглотительная способность (почвы)  
 поглощение  
 — биологическое  
 — механическое  
 — химическое  
 — физико-химическое, — обменное  
 — физическое  
 подвижность  
 подстилка  
 полигалит  
 последствие  
 поступление  
 потребность  
 — в калийных удобрениях  
 — в известковании, необходимость известкования  
 — в фосфорных удобрениях  
 прибавка урожая  
 птичий помёт  
 разбрасыватель  
 — минеральных удобрений  
 — органических удобрений  
 — центробежный  
 раствор  
 — водный  
 — насыщенный  
 — питательный  
 — — неравновешенный  
 — — уравновешенный  
 — почвенный  
 растворимость  
 реакция  
 — кислая  
 — нейтральная  
 — почвенная  
 — сильнокислая  
 — слабокислая  
 — среднекислая  
 — щелочная  
 регулятор высева  
 Республиканская (зональная) агро-химическая лаборатория  
 руда  
 сапропель  
 селитра  
 селитра аммиачная, — аммонийная, азотнокислый аммоний, нитрат аммония  
 таимеде toitumine  
 fosfortoitumine  
 pinnakihiiline  
 kordus  
 (mulla) neelamisvõime  
 neeldumine; neelamine  
 biooogiline neeldumine (neelamine)  
 mehhaaniline neeldumine (neelamine)  
 keemiline neeldumine (neelamine)  
 füüsikalis-keemiline neeldumine (neelamine); asendusneeldumine; asendusneelamine  
 füüsikaline neeldumine (neelamine)  
 liikuvus  
 allapanu  
 poliühaliit  
 järelmõju, järeltoime  
 sisenemine  
 vajadus, tarve  
 kaaliumväetiste vajadus, kaaliumväetistarve  
 lupjamisvajadus  
 fosforväetiste vajadus, fosforväetistarve  
 erimisaak  
 linnusõnnik  
 laoti, laotaja, külvimasin  
 mineraalväetise külvimasin  
 orgaanilise väetise laoti, laotaja  
 tsentrifugaalkülvimasin  
 lahus  
 vesilahus  
 küllastatud lahus  
 toitelahus  
 tasakaalustamata toitelahus  
 tasakaalustatud toitelahus  
 mullalahus  
 lahustuvus  
 reaktsioon  
 happeline reaktsioon  
 neutraalne reaktsioon  
 mulla reaktsioon  
 tugevasti happeline reaktsioon  
 nõrgalt happeline reaktsioon  
 keskmiselt happeline reaktsioon  
 leeliseline reaktsioon, aluseline reaktsioon  
 külviregulaator  
 Vabariiklik (piirkondlik) Agrokeemia Laboratoorium  
 maak  
 sapropeel  
 salpeeter  
 ammooniumsalpeeter, ammoonium-nitraat,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

селитра калиевая, — калийная, азотнокислый калий, нитрат калия	kaaliumsalpeeter, kaaliumnitraat, $\text{KNO}_3$
селитра кальциевая, — известковая, азотнокислый кальций, нитрат кальция	kaltsiumsalpeeter, lubisalpeeter, kaltsiumnitraat, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
селитра натриевая, азотнокислый натрий, нитрат натрия	naatriumsalpeeter, naatriumnitraat, $\text{NaNO}_3$
сеялка	väävel, S
— дисковая	külvimasin
— комбинированная	ketaskülvimasin
— навесная	kombineeritud külvimasin
— прицепная	rippkülvimasin
— тарельчатая	haakekülvimasin
— туковая	taldrikkülvimasin
сильвин	mineraalväetise külvimasin
сильвинит	sülviin
система удобрения	sülviniit
склад	väetussüsteem
смеситель	ladu, hoidla
смеситель-погрузчик	segaja
смешанный фосфат	segaja-laadija
соединение	segafosfaat
— азотное	ühend; ühinemine
— аммиачное	lämmastikuühend
— калийное	ammooniumiühend
— фосфорное	kaaliumiühend
солома	fosforiühend
соль	põhk
— аммиачная	sool
— кальциевая	ammooniumisool
— нейтральная	kaltsiumisool
соляная кислота	neutraalsool
состав	soolhape, $\text{HCl}$
— химический	koostis
— гранулометрический	keemiline koostis
стандартный тук	granulomeetriline koostis
степень насыщенности почвы	tingväetis; standardne mineraalväetis
степень разложения	mulla küllastusaste
сульфат	lagunemisaste
— аммония, сернокислый аммоний	sulfaat
— калия, сернокислый калий	ammooniumsulfaat, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
— кальция, сернокислый кальций	kaaliumsulfaat, $\text{K}_2\text{SO}_4$
суперфосфат	kaltsiumsulfaat, $\text{CaSO}_4$
— аммиачный	superfosfaat
— аммонизированный	ammooniumsuperfosfaat
— борный	ammoniseeritud superfosfaat
— гранулированный	boorsuperfosfaat
— двойной	granuleeritud superfosfaat
— марганезированный	topeltsuperfosfaat
— молибденизированный	manganiseeritud superfosfaat
— порошковидный	molübdeniseeritud superfosfaat
— простой	pulbriline superfosfaat
схема опыта	lihtsuperfosfaat
сырье	katse skeem
тарелка	tooraine (d), toormaterjal
— высевающая	taldrik
термофосфат	külvitaldrik
технология удобрительных работ	termofosfaat
	väetustööde tehnoloogia

томасшлак  
торф  
— низинный  
— верховой  
— переходный  
тук, минеральное удобрение  
— стандартный см. стандартный тук

углевод  
углерод  
удобрение  
— азотное  
— аммиачное  
— бактериальное  
— бexлорное  
— борсодержащее  
— жидкое  
— зеленое  
— избыточное  
— известковое  
— — пылевидное  
— калийное  
— комбинированное  
— комплексное  
— косвенное  
— концентрированное  
— марганцевое  
— медное  
— местное  
— минеральное  
— многостороннее  
— молибденовое  
— одностороннее  
— органическое  
— основное  
— припосевное  
— промышленное  
— сульфатное  
— твердое  
— физиологически кислое  
— — нейтральное  
— — щелочное

— фосфорное  
— цинковое  
улетучивание  
установка  
— тукоsmесительная  
устройство  
— дозирующее  
— разбрасывающее

фекалии  
фиксация  
фосфат  
фосфат алюминия, фосфорнокислый алюминий

toomasjahu  
turvas  
madalsooturvas  
rabaturvas  
siirdesooturvas  
mineraalvæetis

sûsivesik  
sûsinik, C  
væetis  
lâmmastikvæetis  
ammooniumvæetis  
baktervæetis  
kloorivaba væetis  
boorvæetis  
vedelvæetis  
haljasvæetis  
liigne væetamine, ûlevæetamine  
lubivæetis  
tolmjas lubivæetis  
kaaliumvæetis  
kombineeritud væetis  
kompleksvæetis  
kaudne væetis  
kontsentreeritud væetis  
mangaanvæetis  
vaskvæetis  
kohalik væetis  
mineraalvæetis  
mitmekûlgne væetis  
molûbdeenvæetis  
ûhekûlgne væetis  
organiline væetis  
põhivæetus, põhiline væetamine  
kûlviaegne væetamine  
tõustuslik væetis, mineraalvæetis  
sulfaatne væetis  
tahke væetis  
füsioloogiliselt happeline væetis  
füsioloogiliselt neutraalne væetis  
füsioloogiliselt leeliseline væetis,  
füsioloogiliselt aluseline væetis  
fosforvæetis  
tsinkvæetis  
lendumine  
seade, masin  
mineraalvæetiste segamise seade  
seadeldis, seade; konstruktsioon,  
ehitus  
doseerimiseseade  
laotusseade, kûlviseade

fekaalid  
fikatsioon; fikseerimine  
fosfaat  
alumiiniumfosfaat,  $AlPO_4$

фосфат аммония двузамещенный	diammooniumvesinikfosfaat, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
фосфат аммония однозамещенный	ammooniumdivesinikfosfaat, NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
фосфат железа(III), фосфорнокислое железо(III)	raud(III) fosfaat, FePO <sub>4</sub>
фосфат кальция, фосфорнокислый кальций	kaltsiumfosfaat, trikaltsium- fosfaat, Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
фосфат кальция двузамещенный	kaltsiumvesinikfosfaat, CaHPO <sub>4</sub>
фосфат кальция однозамещенный	kaltsiumdivesinikfosfaat, Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
фосфор	fosfor, P
фосфорбактерин	fosforbakteriin
фосфорит	fosforiit
фосфоритная мука	fosforiidijahu
халит	haliit
хлор	kloor, Cl
хлорид	kloriid
хлористый аммоний, хлорид аммония	ammooniumkloriid, NH <sub>4</sub> Cl
хлористый калий, хлорид калия	kaaliumkloriid, KCl
хлористый кальций, хлорид кальция	kaltsiumkloriid, CaCl <sub>2</sub>
хлористый натрий, хлорид натрия	naatriumkloriid, NaCl
хлорофилл	klorofüll
хранение	säilitamine
чувствительный	tundlik
— мало-	vähetundlik
шенит	šoniit
ширина захвата	haardelaius
шлак	räbu, šlakk
штабель навоза	sõnnikupatarei
щелочность	leelisus
цементная пыль, клинкерная пыль	tsemenditolm, klinkritolm
цианамид	tsüaanamiid, aminometaannitriil H <sub>2</sub> CN <sub>2</sub>
цианамид кальция	kaltsiumtsüaanamiid, lubilämmastik, CaCN <sub>2</sub>
цинк	tsink, Zn
элемент	element
— зольный	tuhaelement
— макро-	makroelement
— микро-	mikroelement
— питательный	toitelement
— ультрамикро-	ultramikroelement
эффективность	efektiivsus
— агрономическая	agronoomiline efektiivsus
— экономическая	majanduslik efektiivsus
— дифференциальная	diferentsiaalefektiivsus, tuletuslik efektiivsus
ящик туковой	mineraalväetisekast

## SISUKORD

Eessõna . . . . .	3
1. Sissejuhatus . . . . .	5
1.1. Agrokeemia mõiste, aineala ja ülesanne . . . . .	5
1.2. Agrokeemia kui teaduse kujunemine ja arenemine . . . . .	5
1.2.1. Tähtsamaid momente agrokeemia tekkeloost . . . . .	5
1.2.2. Vene ja nõukogude teadlaste osa agrokeemia arengus . . . . .	7
1.2.3. Agrokeemiateaduse arenemine Eestis . . . . .	8
1.3. Mineraalväetiste tootmise ja kasutamise tase . . . . .	10
1.3.1. Võrdlusandmeid maailma mastaabis . . . . .	11
1.3.2. Mineraalväetiste tootmine ja kasutamine NSV Liidus . . . . .	12
1.3.3. Mineraalväetiste tootmine ja kasutamine Eestis . . . . .	14
Kordamisküsimusi . . . . .	15
2. Taimede toitumise alused . . . . .	16
2.1. Taimetoiteelementide jagunemine . . . . .	16
2.2. Põllumajanduslike taimede keemiline koostis . . . . .	17
2.3. Toiteelementide osa taime elus . . . . .	19
2.4. Toitainete sisenemine taimesse juurte kaudu . . . . .	26
2.5. Taimede nõuded toitekeskkonna suhtes . . . . .	28
2.5.1. Nõuded toitainete kontsentratsiooni suhtes . . . . .	28
2.5.2. Toitelahuse koostise tähtsus . . . . .	29
2.5.3. Muud kasvutegurid ja juurtoitumine . . . . .	29
2.6. Taimed toitekeskkonna mõjustajatena . . . . .	31
2.6.1. Väetiste füsioloogiline reaktsioon . . . . .	31
2.6.2. Juureeritiste ja mulla mikroflora osa taimede toitumisel . . . . .	32
2.7. Toitainete neeldumine mullas, selle tähtsus taimede toitumisel ja väetamisel . . . . .	33
2.8. Taimede juureväline toitumine . . . . .	39
Kordamisküsimusi . . . . .	39
3. Mineraalväetised . . . . .	41
3.1. Väetised ja väetamine . . . . .	41
3.1.1. Väetiste klassifikatsioon . . . . .	41
3.1.2. Väetiste kasutamise viisid . . . . .	42
3.2. Lämmastikväetised . . . . .	44
3.2.1. Lämmastiku ringe . . . . .	44
3.2.2. Lämmastikväetiste saamine, koostis ja omadused . . . . .	47
3.2.3. Lämmastikväetiste ja mulla vastastikune toime . . . . .	51
Kordamisküsimusi . . . . .	53
3.3. Fosforväetised . . . . .	54
3.3.1. Fosforväetiste toorained . . . . .	54
3.3.2. Fosforväetiste saamine, koostis ja omadused . . . . .	56
3.3.3. Fosforväetiste ja mulla vastastikune toime . . . . .	62
Kordamisküsimusi . . . . .	63
3.4. Kaaliumväetised . . . . .	64
3.4.1. Kaaliumväetiste toorainebaas . . . . .	64
3.4.2. Kaaliumväetiste saamine, koostis ja omadused . . . . .	66
3.4.3. Kaaliumväetiste toime ja kasutamise iseärasused . . . . .	69
Kordamisküsimusi . . . . .	71
3.5. Kompleksväetised . . . . .	72
3.5.1. Liitväetised . . . . .	72
3.5.2. Kombineeritud väetised . . . . .	74
3.5.3. Väetissegud . . . . .	77
3.5.4. Kompleksväetiste kasutamine . . . . .	80

Kordamisküsimusi	81
3.6. Mikroväetised	82
3.6.1. Mikroelemendid mullas	82
3.6.2. Mikroväetised ja nende kasutamine	89
3.6.2.1. Boorväetised	90
3.6.2.2. Vaskväetised	93
3.6.2.3. Mangaanväetised	95
3.6.2.4. Molübdeenväetised	97
3.6.2.5. Tsinkväetised	98
3.6.2.6. Polümükröväetised	99
Kordamisküsimusi	100
3.7. Mineraalväetiste säilitamine ja ettevalmistamine külviks	100
4. Orgaanilised väetised. Bakterväetised	104
4.1. Orgaaniliste väetiste tähtsus mullaviljakuse tõstmisel	104
4.2. Sõnnik	105
4.2.1. Loomade väljaheidete koostis	106
4.2.2. Allapanu	106
4.2.3. Sõnniku säilitamine	109
4.2.3.1. Sõnniku säilitamisel toimuvad muutused	109
4.2.3.2. Lämastikukadude vähendamine sõnniku säilitamisel	112
4.2.3.3. Sõnniku säilitamise viisid	114
4.2.3.4. Sõnnikuhooldlad	116
4.2.4. Poolvedel sõnnik	118
4.2.5. Sõnnikukoguste kindlaksmääramine	119
4.2.6. Sõnniku väljavedu ja muldaviimine	120
4.2.7. Sõnniku väetustoime ja annused	122
Kordamisküsimusi	124
4.3. Virts	124
4.4. Kodulindude väljaheidet	126
4.5. Põhk väetisena	127
4.6. Turvas ja kompostid	128
4.6.1. Allapanuturvas	128
4.6.2. Väetusturvas	129
4.6.2.1. Väetusturba ülestöötamine	129
4.6.2.2. Turvas otsese väetisena	130
4.6.2.3. Turbakompostid	132
Kordamisküsimusi	137
4.7. Mitmesugused muud kohalikud orgaanilised väetised	138
4.7.1. Majapidamisjäätmad	138
4.7.2. Tapajäätmad	138
4.7.3. Sapropeel	139
4.7.4. Mereadru	139
4.8. Bakterväetised	140
4.8.1. Nitragiin	140
4.8.2. Asotobakteriin	142
4.8.3. Fosforbakteriin	142
4.9. Haljasväetised	142
4.9.1. Tähtsamad haljasväetiskultuurid Eesti NSV-s, nende kasvata- mine ja kasutamine	144
Kordamisküsimusi	149
5. Väetustööde mehhaniseerimine	150
5.1. Väetiste peenestamine, segamine, laadimine ja vedu	151
5.2. Põhiväetamine	156
5.3. Külvi- ja kasvuaeagne väetamine	161

Kordamisküsimusi . . . . .	162
6. Happeliste muldade lupjamine . . . . .	164
6.1. Mulla happesuse liigid ja näitajad . . . . .	164
6.2. Mulla happesuse mõju taimede toitumisele ja taimekasvule . . . . .	166
6.3. Eesti NSV happeliste muldade paiknemine ja omadused . . . . .	170
6.4. Lupjamisvajaduse kindlakstegemine ja lubjatarve . . . . .	173
6.5. Lubiväetiste mõju mullale . . . . .	177
6.6. Eesti NSV lubiväetised . . . . .	180
6.7. Mulla lupjamise mõju põllumajanduskultuuridele . . . . .	185
6.8. Lupjamtööde organiseerimine ja tehnoloogia . . . . .	190
6.9. Muldade kipsimine . . . . .	194
Kordamisküsimusi . . . . .	195
7. Agrokeemia uurimismeetodid ja agrokeemiateenistus . . . . .	196
7.1. Väetuskatsed . . . . .	196
7.1.1. Põldkatsed . . . . .	196
7.1.2. Nõukatsed . . . . .	199
7.1.3. Tootmiskatsed . . . . .	201
7.2. Keemilised analüüsimeetodid . . . . .	201
7.3. Agrokeemiateenistus Eesti NSV-s . . . . .	202
Kordamisküsimusi . . . . .	208
8. Väetussüsteem . . . . .	210
8.1. Väetussüsteemi koostamise alused . . . . .	210
8.1.1. Taimetoitainete eemaldamine saakidega . . . . .	210
8.1.2. Mullavarude kasutamine . . . . .	212
8.1.3. Toitainete omastamine väetistest ja väetiste järelmõju . . . . .	215
8.1.4. Väetiste efektiivsus . . . . .	218
8.1.5. Väetiskoguste planeerimine . . . . .	223
8.2. Kultuuride nõuded ja väetamine . . . . .	227
8.2.1. Tera- ja kaunviljad . . . . .	227
8.2.2. Põldhein . . . . .	234
8.2.3. Rühvelkultuurid . . . . .	236
8.2.4. Silokultuurid . . . . .	241
8.2.5. Kiutaimed . . . . .	243
8.2.6. Kultuurrohumaad . . . . .	245
8.2.7. Kõögiviljad . . . . .	249
8.2.8. Viljapuu- ja marjaaiad . . . . .	253
8.3. Väetiste planeerimine külvikorras . . . . .	255
8.3.1. Väetiste jaotamine külvikorra kultuuridele . . . . .	255
8.3.2. Väetiste andmisaegade planeerimine . . . . .	260
8.3.3. Väetiste kontsentreerimisest külvikorras ja perioodiline väetamine . . . . .	264
Kordamisküsimusi . . . . .	267
Agrokeemia eesti-vene oskussõnastik . . . . .	270
Терминологический русско-эстонский словарь по агрохимии . . . . .	278

Ильмар Иыгисте, Рихард Калмет, Арнольд Пихо, Эвальд Раудвяли, Каарел Таранди, Эндел Турбас, Яак Веэво, Хейнрих Виппер. ОСНОВЫ АГРОХИМИИ. На эстонском языке. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10. Тоimetaja A. Arak. Kunstiline toimetaja R. Tungla. Tehniline toimetaja E. Ainla. Korrektorid H. Kull ja Ü. Karu. Laduda antud 12. I 1971. Trükkida antud 24. VI 1971. Staicele Paberi-vabriku trükipaber nr. 1, 60×90/16. Trükipoognaid 18 + 0,31 (2 lisa). Arvestuspoognaid 20,64. Trükiaru 3000. MB-00942, Tellimuse nr. 185. Hans Heidemanni nim. Trükkikoda, Tartu, Üli-kooli 17/19. I. Hind 81 kop.



3, -



A

31714

213 777

TARTU ÜLIKOOI RAAMATUKOGU



1 0300 00129476 0