METSANDUSLIKUD UURIMUSED

XXII

ARH

A-21920

-22

MC 406

METSANDUSLIKUD UURIMUSED XXII

МИНИСТЕРСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ЭССР
ЭСТОНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ XXII

ОСУШЕНИЕ И УДОБРЕНИЕ ЛЕСОВ

ТАЛЛИН «ВАЛГУС» 1987

A-21920
-22

EESTI NSV METSAMAJANDUSE JA LOODUSKAITSE MINISTEERIUM
EESTI METSAMAJANDUSE JA LOODUSKAITSE TEADUSLIKU
UURIMISE INSTITUUT

METSANDUSLIKUD UURIMUSED XXII

METSADE KUIVENDAMINE JA VÄETAMINE

ARHIIVKOGU

TALLINN «VALGUS» 1987

634
M45

УДК 630*237

Koostanud P. Tälli
Kunstiliselt kujundanud V. Jeršov

Käesolev teaduslike tööde kogumik "Metsanduslikud uurimused XXII. Metsade kuivendamine ja väetamine" on koostatud Eesti NSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Ministeeriumi Eesti Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku Uurimise Instituudis. Kogumiku 13 artiklist 11 on kirjutanud instituudi töötajad. Kahe artikli autoriteks on Valgevene Metsamajanduse Teadusliku Uurimise Instituudi teadurid V. Pobedov, V. Kopõtkov ja E. Lebedev.

В сборник научных работ "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов" включены статьи, рассматривающие некоторые аспекты осушения лесов и использования удобрений в лесном хозяйстве. Статьи сборника написаны на эстонском или русском языке и снабжены рисунками. К статьям на эстонском языке добавлены резюме на русском и английском или немецком языках, к статьям на русском языке — соответственно на эстонском и английском или немецком языках.

Сборник рассчитан на научных работников, специалистов лесохозяйственных и проектных организаций, работников охраны природы, студентов лесохозяйственных факультетов и всех интересующихся исследовательской работой в области лесоводства.

M 3903010000—231
902(15)—87 Tellitud

2
Tartu Riikliku Ülikooli
raamatukogu
146406
ARHIIVKOGU

© Eesti NSV Metsamajanduse ja Looduskaitse Ministeerium. Eesti Metsamajanduse ja Looduskaitse Teadusliku Uurimise Instituut, 1987.

Выпущено по заказу Министерства лесного хозяйства и охраны природы ЭССР.

Teaduslike tööde kogumik sisaldab uurimusi peamiselt metsaparanduse erialalt, mis otseselt või kaudselt aitavad lahendada metsamaade kuivendamise ja väetamisega seotud küsimusi. Käsitletakse kuivendusjärgseid muutusi siirdesoo turbas, alustaimestikus ja puistus. Analüüsitakse soometsade tootlikkuse suurendamise võimalusi Eestis. Seoses mineraalväetiste kasutamisega on olulise tähtsusega nende mõju igakülgne uurimine metsaökosüsteemile. Sellealastest töödest on esitatud väetamise mõju metsakõdu omadustele, pohla- ja mustikamännikute alustaimestikule, jõhvika marjasaagile ja selle kvaliteedile ning lämmastikväetiste kasutamise mõju kuuse- ja männiseemikute kasvule. Mineraalväetiste migratsiooni ja kao seisukohalt pakuvad huvi viis tööd. Nendes käsitletakse kaaliumväetiste migratsiooni erinevate metsatüüpide muldades, soode pinnavee lämmastikusisaldust ja reaktsiooni, lämmastiku lendumiskadu karbamiidist taimlamullal ning toiteelementide migratsiooni aeglasetoimeliste lämmastikväetiste kasutamisel. Ühes artiklis käsitletakse linnustiku muutusi kuivendamise ja väetamise tulemusena metsastunud rabas. Kogumikus on ka haabade jämeduskasvu dünaamikat käsitlev artikkel.

Artiklid on illustreeritud joonistega. Eestikeelsed artiklid on varustatud vene- ja inglis- või saksakeelsete kokkuvõtetega, venekeelsed artiklid eesti- ja inglis- või saksakeelsete kokkuvõtetega.

Raamat on mõeldud teaduslikele töötajatele, metsamajanduse, looduskaitse ja projektorganisatsioonide spetsialistidele, metsamajanduse eriala üliõpilastele ja teistele metsanduslikust uurimistööst huvitatuile.

KUIVENDUSJÄRGSETEST MUUTUSTEST SIIRDESOO TURBAS, ALUSTAIMESTIKUS JA PUISTUS STATSIONAARSEL KATSEALAL

P. KOLLIST

Soodes ja soometsades kuivendamise tulemusena toimuvad muutused on küllalt pikka aega olnud uurijate huviobjektiks. Muutused, mis kajastuvad puistute tootlikkuses, on aluseks soode ja soometsade kuivendamise planeerimisel. Kuivendamise mõjul toimunud muutuste, esmajoones puistute tootlikkuses toimuvate muutuste uurimiseks on kasutatud mitmeid meetodeid.

Levinumaks meetodiks pikemat aega kuivendatud aladel on kraavist erinevale kaugusele rajatud proovitükkide võrdlemine. Kui on tegemist üksiku kraaviga või kui kraavide vahekaugus on piisavalt suur, võetakse kraavist kõige kaugem proovitükk etaloniks, seda käsitletakse kui kuivendamata, looduslikku proovitükki. Tõepäraste tulemuste eelduseks on võrreldavate alade, s.t. kraavilähedaste ja kraavist kaugel asuvate proovitükkide kuivenduseelne identsus. Selle kindlaks tegemine pärast mitukümmend või veel rohkem aastat kestnud kuivendamist on raske või koguni võimatu. Vaatamata etalonproovitüki suhteliselt suurele kaugusele kraavist võib sellel niiskuserežiim kraavi mõjul siiski mõningal määral muutuda, mistõttu selle arvestamine läbinisti looduslikuna pole igakord õige. Seetõttu ei taga antud meetodi kasutamine puistutes kuivendamisele järgnevate muutuste igakülgselt objektiivset hindamist.

Puistute tootlikkuses kuivendamise tulemusena toimunud muutuste hindamiseks kasutatakse lühikest aega kestnud kuivenduste puhul kuivendusjärgse kõrguse, diameetri või mahu jooksva juurdekasvu võrdlemist kuivenduseelse juurdekasvuga, s.o. boniteedi kõrvutamist kuivenduseelse boniteediga. Kuivendamisega kaasneva puistute tootlikkuse suurenemise hindamiseks on kasutatud ka metsakorralduse takseerkirjeldusi, grupeerides neid kraavi kauguse ja kuivenduse vanuse järgi. See võimaldab objektiivsele ning massilisele materjalile toetudes anda teatav keskmine hinnang kuivendamise mõju kohta puistute tootlikkusele. Mingil kindlal alal kuiven-

damise mõjul puistute tootlikkuses toimunud muutuste hindamiseks kasutatakse ka viimase metsakorralduse revisjoni takseereraldiste andmete võrdlemist varem toimunud revisjoni andmetega.

Kasutades ühte või teist ülalnimetatud meetoditest on maailmas, Nõukogude Liidus kui ka Eestis tehtud hulgaliselt uurimusi puistutes kuivendamise mõjul toimunud muutuste kohta. Eestis on kuivendamise mõju uurimiseks põhiliselt kasutatud pikemat aega kuivendatud aladel kraavist erinevale kaugusele rajatud proovitükke, kuid viimasel ajal ka metsakorralduse massandmestikku (Luik, 1926; Riisberg, 1934; Kosenkranius, 1944; Hainla, 1957, 1968; Krigul, 1962; Jürimäe, 1963; Valk, 1968; Kollist, 1973, 1979; jt.).

Täpseim ja objektiivseim viis kuivendamisega kaasnevate muutuste uurimiseks on kahtlemata kuivenduseelselt rajatud statsionaarsete proovitükkide pikemaajaline jälgimine ja mõõdistamine. Kuid ka sellel meetodil on suured puudused. Olulisim on vajadus väga pikaajalisteks vaatlusteks, mis kestavad aastakümneid ja rohkem. See eeldab eri põlvkondade uurijate püsivat tööd ühtedel ja samadel aladel ning nihutab lõplike või sellele lähedaste tulemuste saamise kaugele tulevikku. Ka on statsionaarsete proovialade rajamine ja jälgimine võimalik ainult piiratud arvul, mistõttu saadud tulemused ei ole alati üldistatavad. Probleeme põhjustab ka statsionaarsete proovialade väga pikaajaline säilitamine ja korrashoidmine.

Arvestades statsionaarselt katsealalt saadavate andmete väärtuslikkust rajati 1958. a. Venevere metskonda alaboniteedilise metsaga kaetud siirdesoole katseala eesmärgiga jälgida mõnevõrra pikema aja jooksul kuivendamise mõjul toimuvaid muutusi.

Kuivendusobjekt, kuhu katseala rajati, kujutas endast Eestile küllalt tüüpilist mändidega kaetud siirdesood, kus turba sügavus kõikus peamiselt 1,5. . .2,0 m piirides. Turba kõige pealmise, paari sentimeetri tüseduse kihi moodustas peaaegu kõikjal vähelagunenud turbasamblaturvas. Objekt kuivendati kraavidega, mille vahekaugus oli põhiliselt 180 m ja sügavus 1,5 m. Proovialale rajati täiendavad kraavid, mille tulemusena saadi järgmiste kraavide vahekaugustega alad — 40 m, 60 m, 120 m, 140 m ja 180 m, kuhu paigutati kokku 18 rööpkülikukujulist proovitükki. Proovitükkide suurus oli 0,173 ha (pikkus 100 m, laius 17,3 m), välja arvatud 40 m kraavide vahekaugusega ala, kus kahe kraaviäärse proovitüki suuruseks oli 0,086 ha (laius 8,6 m). Proovitükkide paigutusest saab ülevaate alustaimestiku ja puistu muutusi käsitlevatelt joonistelt 1, 2 ja 3. Igale proovitükile rajati 10 2x2 m suurust alustaimestiku analüüsi ruutu (kahele väiksemale proovitükile rajati 5 ruutu). Vahetult enne kuivendamist tehti katsealal järgmisi töid: 1) proovitükkidel mõõdistati puistu (klupiti, mõõdeti kõrgused), 2) alustaimestiku analüüsiruu-

tudel (kokku 170) määrati liigiline koostis, katvus (protsentskaalat kasutades), vitaalsus, 3) igalt proovitükilt võeti teatud kindlast kohast turbaproov (0. . .20 cm ja 20. . .40 cm sügavuselt) keemiliseks analüüsiks. 1969. aastal mõõdistati proovitükkide puistud uuesti ja korrati alustaimestiku analüüsi (alustaimestiku kirjeldused tegid V. Arula ja E. Lõhmus). 1979. aastal mõõdistati puistud, tehti alustaimestiku analüüs (alustaimestikku kirjeldas A. Kalda) ja võeti turbaproovid keemiliseks analüüsiks (samadest kohtadest kui 1958. a.).

Kogutud materjali põhjal käsitletakse allpool mõningaid 21 aasta jooksul kuivendamise tulemusena toimunud muutusi turbas, alustaimestikus ja puistus.

Turba pealmise (0. . .40 cm) kihi moodustas katsealal peamiselt pilliroo-tarna turvas lagunemisastmega 25. . .35 %. Kõige pealmises (0. . .4 cm) kihis esines vähelagunenud turbasambla turvast. Mineraalseks aluspõhjaks oli rähk. Tabelis 1 on toodud andmed katseala (18 proovitüki keskmised) turba keemilise koostise kohta 1958. ja 1979. aastal. Nagu tabelist nähtub, on tegemist küllalt viljaka turbaga. Sellele viitab ka 1969. a. männi mudelpuudelt korjatud okaste keemiline analüüs. Erinevatel proovitükkidel kõikus okaste N-sisaldus 1,4. . .1,6 %, P-sisaldus 0,14. . .0,18 % ja K-sisaldus 0,4. . .0,5 % piirides. Võrreldes 1958. ja 1979. aasta andmeid võib täheldada mõningaid muutusi, esmajoones pealmises, 0. . . 20 cm sügavuses turbakihis. Pealmises kihis on 1979. a. tunduvalt suurem tuhasus ning lämmastiku ja kaltsiumisisaldus. Nende erinevus on ka statistiliselt ($B > 0,95$) oluline. Võib arvata, et need muutused on osaliselt põhjustatud kuivendamisega kaasnevast paremast aeratsioonist turba pealmises kihis, mis soodustas mikrobioloogilist tegevust ning koos sellega turba lagunemist. Kuid tõenäoliselt veelgi suuremat rolli mängisid muutused turvast moodustava varise koostises. Kui enne kuivendamist moodustus turba kõige pealmine kiht põhiliselt turbasambla surnud osadest, siis pärast kuivendamist hakkas turbas järk-järgult vähenema turbasambla ja suurenema puistu varise osatähtsus (Kollist, 1965, 1967). Eriti suureneb selle tulemusena kaltsiumi, mõnevõrra ka teiste elementide (fosfor, lämmastik) laekumine turbas, kuid väheneb kaaliumi laekumine (Kollist, 1968). Viimasele viitavad ka tabelis 1 kaaliumisisalduse kohta toodud andmed. Turba pealmine kiht oli 1979. a. mõnevõrra happelisem kui 1958. a. (erinevus 0. . . 20 cm turbakihis on statistiliselt oluline). Sellele, et soodes kuivendamise tulemusena turba pealmise kihi happelisus suureneb, on juba varem tähelepanu juhitud (Kotilainen, 1927; Lukkala, 1929; Kollist, 1957).

Tabel 1

Andmed turba keemilise koostise kohta Venevere katsealal 1958. ja 1979. aastal

Proovi võtmise sügavus cm	Proovi võtmise aasta	Tuhasus %	Üldsisaldus %-des						pH_{KCl}
			N	K_2O	P_2O_5	CaO	MgO	F_2O_3	
0. . .20	1958	8,77±0,33	1,62±0,06	0,10±0,006	0,21±0,006	3,76±0,06	0,42±0,015	1,07±0,16	5,28±0,06
	1979	10,70±0,31	1,90±0,07	0,03±0,002	0,21±0,009	4,30±0,10	0,40±0,023	1,07±0,12	4,90±0,07
20. . .40	1958	8,27±0,35	2,19±0,09	0,06±0,005	0,18±0,004	3,60±0,09	0,33±0,013	0,69±0,09	4,96±0,04
	1979	9,02±0,27	2,05±0,06	0,02±0,001	0,13±0,008	4,09±0,13	0,37±0,019	0,71±0,08	4,84±0,06

Alustaimestik oli katsealal männiga kaetud siirdesoodele tüüpiline. Esinesid nii madalsoodele kui ka rabadele iseloomulikud taimed, kuid samuti metsataimed. Puhmastest esinesid sellised rabale iseloomulikud liigid nagu hanevits, kukemari, harilik küüvits, sookail ja sinikas. Samblarindes moodustasid peaagu lauskatte turbasamblad.

1958. a. tehti katseala alustaimestikus kindlaks 82 liiki, nendest 63 rohu- ja puhmarindes ja 19 samblarindes. Samblarindes ei eraldatud turbasammalde liike. 1969. a., 11 aastat pärast kuivendamist, oli kadunud 30 taimeliiki. Nende seas sellised taimed nagu küüvits (*Andromeda polifolia*), hanevits (*Chamaedaphne calyculata*), ümaralehine huulhein (*Drosera rotundifolia*), konnaosi (*Equisetum fluviatile*), ussilill (*Naumburgia thyrsiflora*), sookäpp (*Malaxis paludosa*), raba karusammal (*Polytrichum strictum*) jt. Juurdetulnutena registreeriti 8 liiki. Võrreldes 1958. ja 1979. aasta andmeid, ilmnes, et 21 aasta jooksul oli kadunud 41 algselt katsealal esinenud liiki. Mõlemale aastale ühiseid liike oli samuti 41. 1979. aastaks oli juurde tulnud 32 taimeliiki, sealhulgas metsmaasikas (*Fragaria vesca*), palderjan (*Valeriana officinalis*), harilik kuldvits (*Solidago virgaurea*), lapik nurmikas (*Poa compressa*), hobumadar (*Galium verum*), mägi pajulill (*Epilobium montanum*), jänesesalat (*Mycelis murelis*), harakkuljus (*Linnaea borealis*), harilik kolmissõnajalg (*Gymnocarpium dryopteris*) jt.

Tuleb märkida, et eeltoodud andmeid muutustest taimeliikide koostises ei saa võtta absoluutselt täpsena, sest võimalik on mõne liigi mittemärkamine ühel või teisel aastal. Seda enam, et erinevatel aastatel tehti alustaimestiku kirjeldus erinevate inimeste poolt. Kuid alustaimestiku liigilises koostises toimunud muutuste ulatust need andmed kindlasti ilmestavad.

Märkimisväärsed olid ka muutused erinevate taimeliikide katvuses. Kraavilähedastel aladel, kuid koos sellega ka kogu katsealal olid eriti tähelepanuväärsed muutused samblarindes. Esmajoones selle arvel, et turbasammalde katvus vähenes tohutult. Teatava ülevaate samblarinde katvuses kuivendamise mõjul toimunud põhilistest muutustest terve katseala keskmisena annab tabel 2. Turbasammalde katvus on vähenenud ligi kakskümmend korda. Samal ajal on tunduvalt suurenenud tüüpiliste metsasammalde — laaniku (*Hylocomium proliferum*) ja palusambla (*Pleurozium schreberi*) katvus.

Iseloomustamaks kogu alustaimestikus toimunud muutuste suurust ajas ja ruumis, s.t. erineval kuivendusjärgsel perioodil ja erinevatel proovitükkidel (ühtlasi erineval kaugusel kraavist) kasutati

Tabel 2

Sammalde katvuse muutumine kuivendamisele järgnenud perioodil

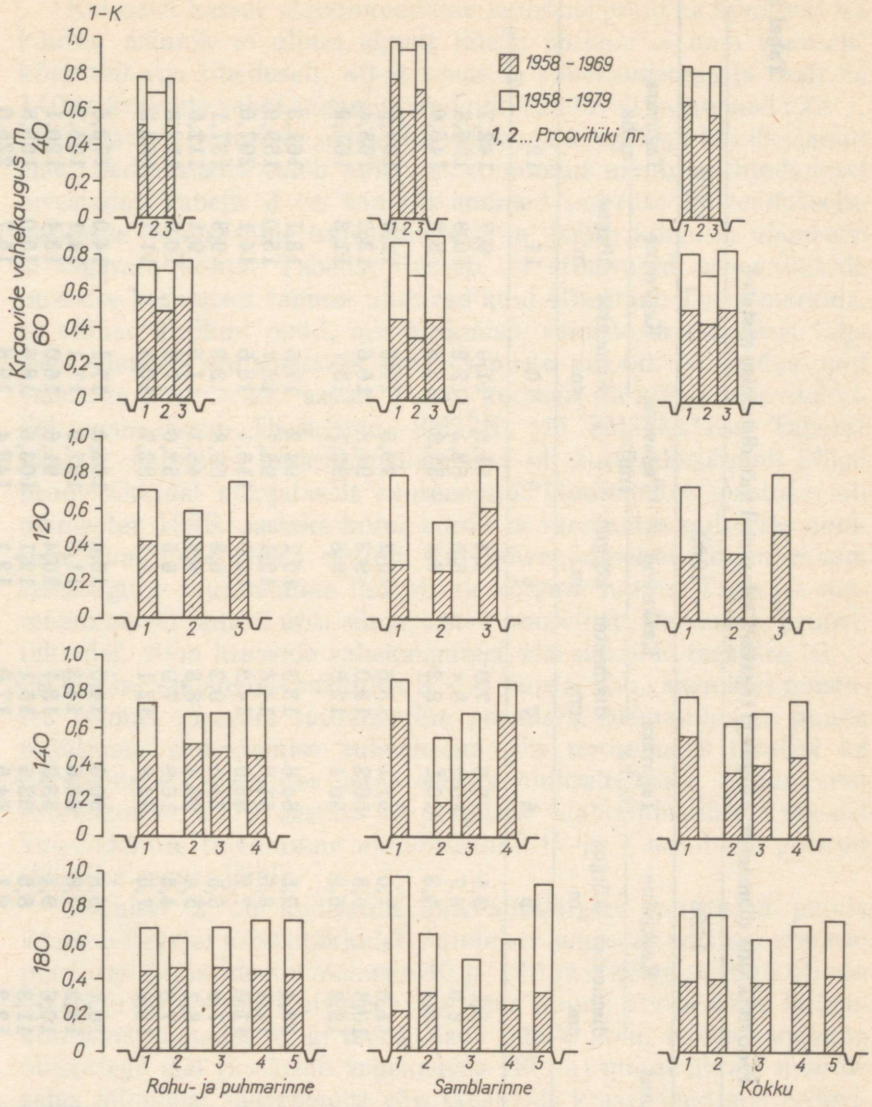
Samblad	Katvus protsentides		
	1958	1969	1979
Turbasamblad kokku	83,5	25,3	4,8
Pärislehtsamblad kokku	5,6	13,3	22,0
sellest laanik	0,8	1,0	7,0
palusammal	2,6	7,0	12,4

tuntud ja geobotaanilises kirjanduses laialdaselt levinud Sørenseni valemit. Selle valemi abil on võimalik võrrelda kooslusi, võttes aluseks kas esinevad liigid või nende katvuse. Esimesel juhul võrdsustatakse liigid sõltumata nende arvukusest (katvusest), teisel juhul võivad aga jääda piisavalt arvestamata väikesearvuliselt esinevad, kuid seejuures head indikaatorliigid. Seetõttu soovitatakse kasutada katvuse ruutjuurt. See vähendab nii kooslusse juhuslikult sattunud kui ka juhuslikult domineerima pääsenud liikide mõju (Lõhmus, 1974). Seetõttu kasutati Sørenseni valemit järgmisel kujul ja sisuga:

$$K = \frac{2c}{a + b},$$

kus K on sarnasusindeks, a — liikide katvuste ruutjuurte summa ühel ajamomendil, b — liikide katvuste ruutjuurte summa teisel ajamomendil, c — mõlemale ajamomendile ühiste liikide väiksemate katvuste ruutjuurte summa. Erinevatel perioodidel proovitükkidel toimunud muutuste hindamiseks kasutati suurust 1-K, mis mõnevõrra piltlikumalt iseloomustab toimunud muutusi.

Joonisel 1 on kujutatud ajavahemikul 1958. . .1969. a. ja 1958. . .1979. a. alustaimestikus toimunud muutuste suurust erinevatel proovitükkidel. Jooniselt ilmneb, et intensiivselt kuivendatud proovitükkidel (kraavilähedased ja väiksema kraavidevahega proovitükid) olid ajavahemikul 1958. . .1979. a. samblarindes toimunud muutused suuremad kui rohurindes. Seevastu ekstensiivsemalt kuivendatud proovitükkidel olid muutused rohurindes tavaliselt suuremad kui samblarindes. Ühtlasi nähtub jooniselt, et mida intensiivsem on kuivendus, seda suuremad on muutused alustaimestikus. Samal ajal tuleb märkida, et antud kraavide vahekauguste (40. . .180 m) puhul olid muutused kõikidel proovitükkidel, sõltumata nende kaugusest kraavist, küllaltki suured.



Joonis 1. Kuivendusjärgselt alustaimestikus toimunud muutuste võrdlev suurus erinevatel proovitükkidel 1958. . .1969. a. ja 1958. . .1979. a.

Tabel 3

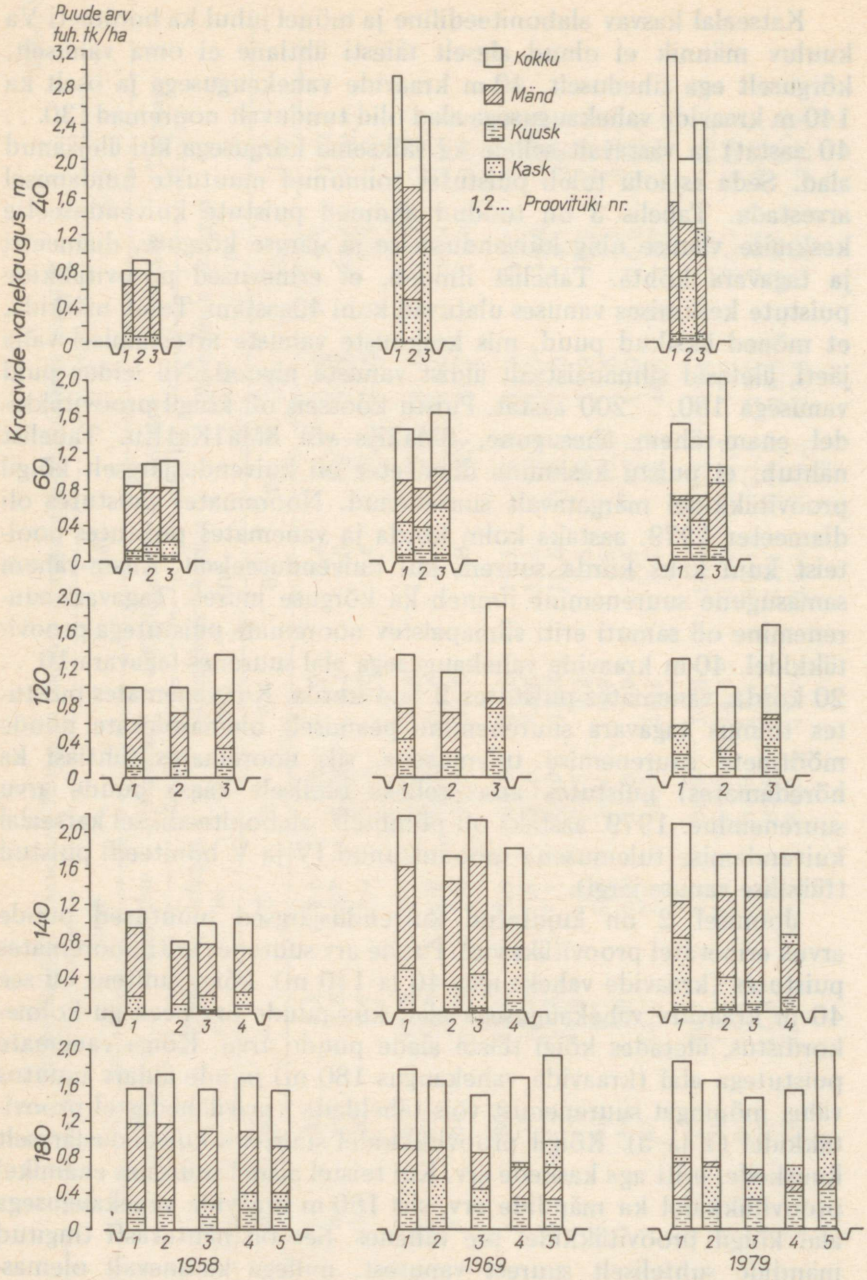
Proovitükkide diameeter, kõrgus ja tagavara erinevatel mõõdistamise aastatel

Kraavide vahekaugus m	Prtk. nr.	1958				1969			1979		
		Vanus a.	Keskmine		Tagavara tm/ha	Keskmine		Tagavara tm/ha	Keskmine		Tagavara tm/ha
			diameeter cm	kõrgus m		diameeter cm	kõrgus m		diameeter cm	kõrgus m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40	1	32	5,1	3,5	6,6	7,9	6,4	51,6	11,9	9,7	142,7
	2	43	6,0	3,7	10,2	8,4	5,5	53,1	12,6	10,8	128,8
	3	32	6,4	4,3	10,1	8,3	6,4	53,8	13,3	9,8	140,4
60	1	67	11,6	7,0	51,1	13,6	10,2	99,0	17,6	12,9	169,0
	2	70	10,8	6,8	50,3	13,0	9,3	94,8	16,6	13,2	168,4
	3	63	12,2	6,8	40,4	12,6	9,8	92,7	15,7	11,3	161,9
120	1	65	13,4	9,5	64,6	13,3	10,1	94,2	17,5	13,7	161,3
	2	75	12,4	8,5	51,6	14,6	12,1	95,7	18,7	15,0	159,9
	3	73	11,6	7,2	58,0	14,2	10,5	116,1	18,5	14,1	207,6
140	1	42	7,9	5,5	24,6	9,2	6,8	59,8	13,3	9,8	137,1
	2	50	8,7	5,4	20,4	8,8	6,8	48,1	11,5	9,1	112,5
	3	44	7,3	4,5	16,9	7,9	6,5	52,6	11,9	10,9	112,8
	4	58	12,0	7,5	52,8	12,1	8,7	82,7	16,4	11,7	165,2
180	1	77	10,1	6,8	50,0	14,0	10,4	103,0	17,1	14,0	173,6
	2	78	11,2	7,8	66,0	14,3	11,5	107,9	17,1	14,1	165,2
	3	80	10,6	9,4	53,9	13,7	10,4	91,6	16,0	13,4	120,1
	4	79	11,3	8,5	62,5	15,1	12,1	103,6	18,6	15,0	165,8
	5	78	13,2	9,1	84,5	17,0	12,1	148,4	19,8	15,7	225,0

Katsealal kasvav alaboniteediline ja mõnel juhul ka boniteeti Va kuuluv männik ei olnud algselt täiesti ühtlane ei oma vanuselt, kõrguselt ega tiheduselt. 40-m kraavide vahekaugusega ja osalt ka 140-m kraavide vahekaugusega alad olid tunduvalt nooremad (30. . . 40 aastat) ja vastavalt sellele ka väiksema kõrgusega kui ülejäänud alad. Seda asjaolu tuleb puistutes toimunud muutuste hindamisel arvestada. Tabelis 3 on toodud andmed puistute kuivenduseelse keskmise vanuse ning kuivenduseelse ja -järgse kõrguse, diameetri ja tagavara kohta. Tabelist ilmneb, et erinevused proovitükkide puistute keskmises vanuses ulatuvad kuni 40aastani. Tuleb märkida, et mõned üksikud puud, mis keskmiste vanuste arvestamisel välja jäeti, ületasid silmapaistvalt üldist vanuste nivood. Nii leidus puid vanusega 180. . .200 aastat. Puistu koosseis oli kõigil proovitükkidel enam-vähem ühesugune, 8Mä2Ks või 8Mä1Ks1Ku. Tabelist nähtub, et puistu keskmine diameeter oli kuivendusjärgselt kõigil proovitükkidel märgatavalt suurenenud. Nooremates puistutes oli diameeter 1979. aastaks kolm korda ja vanemates puistutes poolteist kuni kaks korda suurem kui kuivenduseelselt. Enam-vähem samasugune suurenemine ilmneb ka kõrguse juures. Tagavara suurenemine oli samuti eriti silmapaistev nooremate puistutega proovitükkidel. 40-m kraavide vahekaugusega alal suurenes tagavara 10. . . 20 korda, vanemates puistutes 2. . .4 korda. Kui vanemates puistutes toimus tagavara suurenemine peamiselt olemasolevate puude mõõtmete suurenemise tulemusena, siis nooremates (ühtlasi ka hõredamates) puistutes aitas selleks oluliselt kaasa puude arvu suurenemine. 1979. aastaks oli põhiliselt alaboniteedilisel katsealal kuivendamise tulemusena moodustunud IV ja V boniteedi puistud (füüsilise vanuse järgi).

Joonisel 2 on kujutatud kuivendusjärgsed muutused puude arvus erinevatel proovitükkidel. Puude arv suurenes eriti nooremates puistutes (kraavide vahekaugus 40 ja 140 m), kõige suurem oli see 40 m kraavide vahekaugusega alal, kus puude arv peaaegu kolmekordistus, ületades kõigi teiste alade puude arvu. Kõige vanemate puistutega alal (kraavide vahekaugus 180 m) puude üldarv muutus vähe, mõningat suurenemist võis täheldada kraavilähedastel proovitükkidel (1 ja 5). Kõigil proovitükkidel suurenes kuivendusjärgselt kuuskede, eriti aga kaskede arv. Kui teistel aladel suurenes enamikel proovitükkidel ka mändide arv, siis 180-m kraavide vahekaugusega alal kõigil proovitükkidel see vähenes. See on nähtavasti tingitud mändide suhteliselt suurest vanusest, millega kaasnevalt olemasolevate mändide väljalangemine ületab nende loodusliku juurdetuleku.

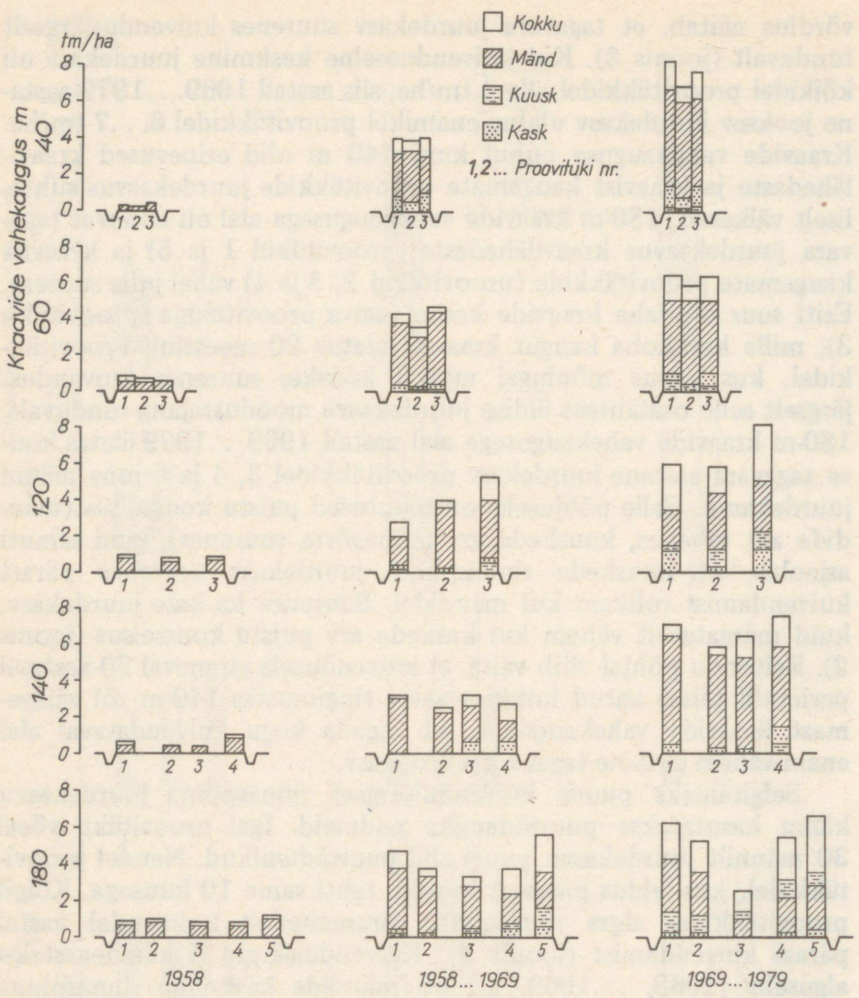
1958., 1969. ja 1979. aasta proovitükkide kluppimise andmete



Joonis 2. Muutused puude arvus kuivendusjärgselt erinevatel proovitükkidel (tuh. tk./ha).

võrdlus näitab, et tagavara juurdekasv suurenes kuivendusjärgselt tunduvalt (joonis 3). Kui kuivenduseelne keskmine juurdekasv oli kõikidel proovitükkidel alla 1 tm/ha, siis aastail 1969. . .1979 aastane jooksev juurdekasv ulatus enamikel proovitükkidel 6. . .7 tm/ha. Kraavide vahekauguse puhul kuni 140 m olid erinevused kraavilähedaste ja kraavist kaugemate proovitükkide juurdekasvus suhteliselt väikesed. 180-m kraavide vahekaugusega alal oli erinevus tagavara juurdekasvus kraavilähedaste (proovitükid 1 ja 5) ja kraavist kaugemate proovitükkide (proovitükid 2, 3 ja 4) vahel juba suurem. Eriti suur oli vahe kraavide keskel asuva proovitükiga (proovitükk 3), mille keskkoha kaugus kraavist ulatus 90 meetrini. Proovitükkidel, kus leidus mõningal määral kuuske, suurenes kuivendusjärgselt selle osatähtsus üldise juurdekasvu moodustajana tunduvalt. 180-m kraavide vahekaugusega alal aastail 1969. . .1979 ületas kuuse tagavara aastane juurdekasv proovitükkidel 3, 4 ja 5 juba männi juurdekasvu. Selle põhjuseks on muutused puistu koosseisus (mändide arv väheneb, kuuskede arv mõnevõrra suurenes), kuid samuti asjaolus, et kuuskede rinnaspinna juurdekasv suurenes pärast kuivendamist rohkem kui mändidel. Suurenes ka kase juurdekasv, kuid märgatavalt vähem kui kaskede arv puistu koosseisus (joonis 2). Eeltoodu põhjal võib väita, et kuivendusele järgneval 20-aastasel perioodil piisas antud konkreetsetes tingimustes 140-m või väiksemast kraavide vahekaugusest, et tagada kogu kuivendataval alal enam-vähem ühtlane tagavara juurdekasv.

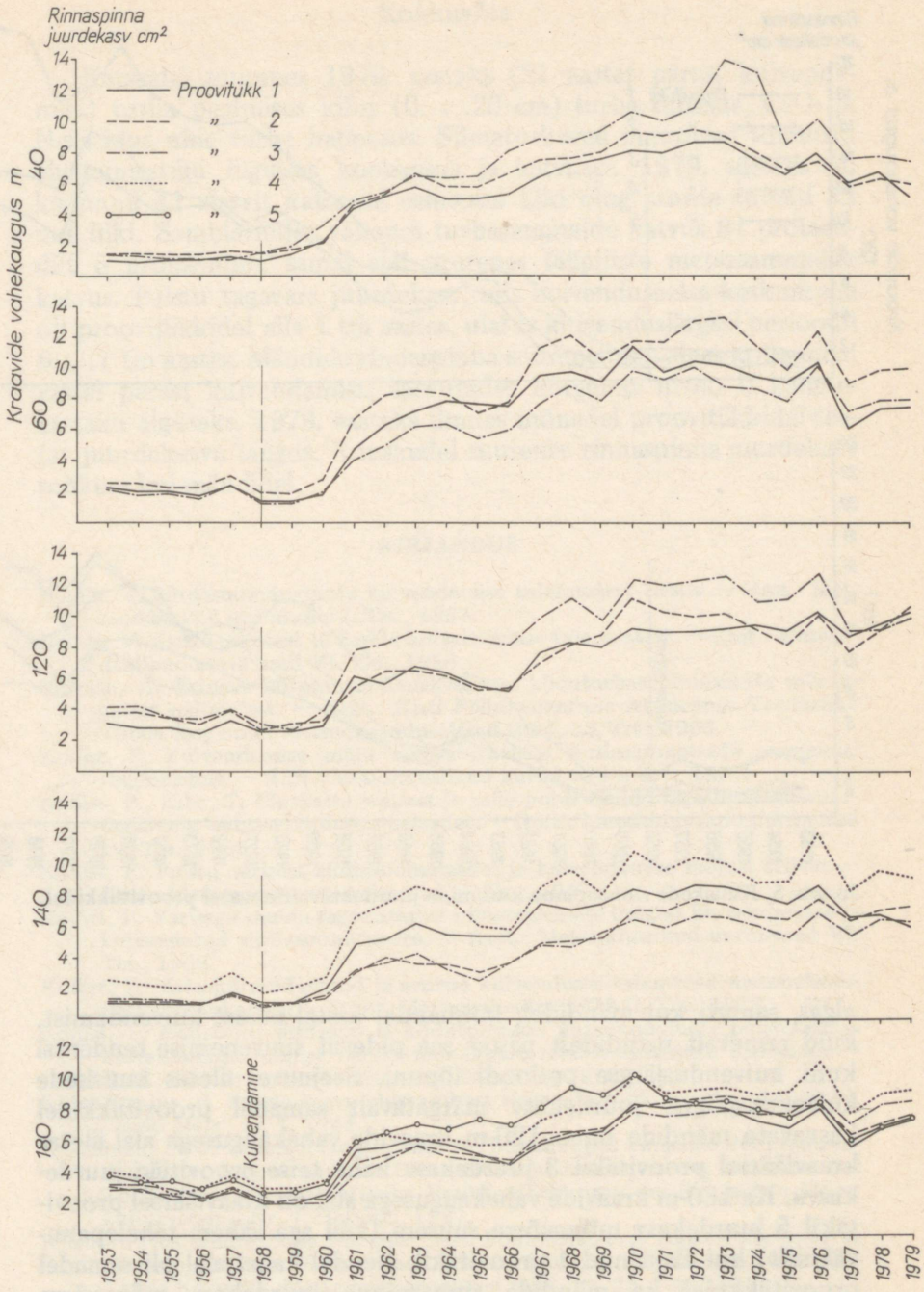
Selgitamaks puude kuivendusjärgset rinnaspinna juurdekasvu käiku kasutatakse puursüdamike andmeid. Igal proovitükil võeti 30 männilt juurdekasvu puuri abil puursüdamikud. Nendel proovitükkidel, kus leidus piisavalt kuuski, tehti sama 10 kuusega. Kõigil proovitükkidel algas rinnaspinna suurenemine kolmandal aastal pärast kuivendamist (joonis 4). Kuivendusjärgse II kümneaastaku alguseks (1968. . .1969. a.) oli mändide keskmine rinnaspinna juurdekasv saavutanud kõrgnivoo, püsides edasi enam-vähem samal tasemel kuni kümneaastaku lõpuni, näidates intensiivselt kuivendatud aladel (kraavide vahekaugus 40 ja 60 m) siiski teatavat languse tendentsi. Selle üheks põhjuseks võib olla asjaolu, et kraavid olid kuivendamisest peale remontimata ning seetõttu 20 aastat pärast kuivendamist oli nende sügavus tunduvalt vähenenud. Üldiselt oli kuivendusjärgne mändide rinnaspinna juurdekasv kraavilähedastel proovitükkidel mõnevõrra suurem kui kraavist kaugematel. Mõnedel aladel ilmnes see selgesti (kraavide vahekaugus 140 m), teistel ainult ühe kraavilähedase proovitüki puhul (kraavide vahekaugus 40 ja 120 ja 180 m) ning 60 m kraavide vahekaugusega alal ei ilmnenud üldse. Mändide rinnaspinna juurdekasv oli väiksemate kraavivahe-



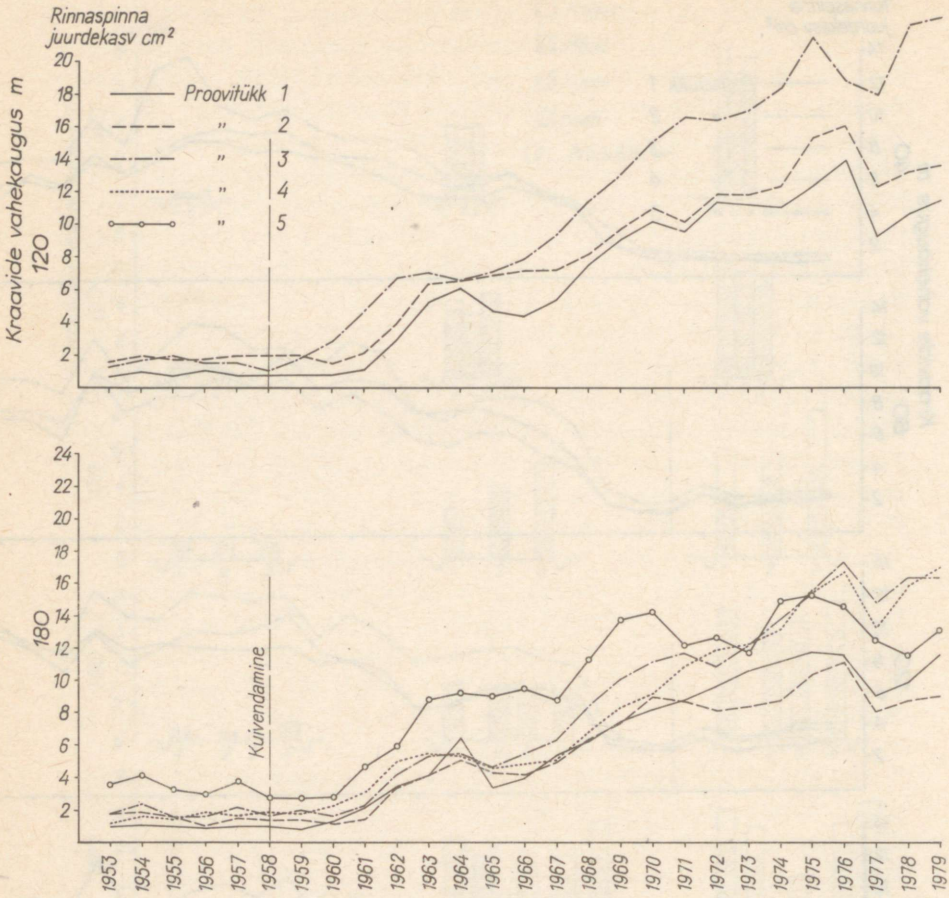
Joonis 3. Tagavara juurdekasv erinevatel proovitükkidel enne ja pärast kuivendamist.

kaugustega (40, 60 ja 120 m) aladel mõnevõrra suurem kui suuremate kraavivahekaugustega (140 ja 180 m) aladel.

Kuuskede rinnaspinna juurdekasvu määrati 120 ja 180 m kraavide vahekaugusega aladel. Kuivendamise ajal kõikus puuritud kuuskede vanus põhiliselt 60. . .80 aasta vahel. Kuuskede rinnaspinna juurdekasv kuivenduseelsel 5-aastasel perioodil oli enam-vähem võrdne mändide juurdekasvuga (joonis 5). Juurdekasvu suurenemine



Joonis 4. Mändide rinnaspinna keskmine juurdekasv erinevatel proovitükkidel.



Joonis 5. Kuuskede rinnaspinna keskmine juurdekasv erinevatel proovitükkidel.

algas, samuti kui mändidel, kolmandal aastal pärast kuivendamist, kuid erinevalt mändidest näitas see pidevat suurenemise tendentsi kuni kuivendusjärgse perioodi lõpuni. Seejuures ületas kuuskede kuivendusjärgne juurdekasv märgatavalt samadel proovitükkidel kasvavate mändide oma. 120-m kraavide vahekaugusega alal ületas kraaviäärsel proovitükil 3 juurdekasv kahe teise proovitüki juurdekasvu. Ka 180-m kraavide vahekaugusega alal oli kraaviäärsel proovitükil 5 juurdekasv mõnevõrra suurem (küll aga vähem tähelepanuväärselt) kui ülejäänud 4 proovitükil. Nendel kahel alal oli samadel proovitükkidel ka mändide rinnaspinna juurdekasv mõnevõrra suurem kui teistel proovitükkidel.

Kokkuvõte

Katsealal suurenes 1979. aastaks (21 aastat pärast kuivendamist) turba pealmises kihis (0. . .20 cm) turba tuhasus, CaO- ja N-sisaldus ning turba happesus. Silmatorkavad muutused toimusid alustaimestiku liigilises koosseisus ja katvuses. 1979. aastaks oli kadunud 41 algselt katsealal esinenud liiki ning juurde tulnud 32 uut liiki. Samblarindes vähenes turbasammalde katvus 84 protsendilt 5 protsendini, samal ajal suurenes tüüpiliste metsasammalde katvus. Puistu tagavara juurdekasv, mis kuivenduseelse keskmisena oli proovitükkidel alla 1 tm aastas, ulatus kuivendusjärgsel perioodil 6. . .7 tm aastas. Mändide rinnaspinna suurenemine algas kolmandal aastal pärast kuivendamist, saavutades kõrgeima nivoo II kümneaastaku alguseks. 1979. aastaks ilmnes mõnedel proovitükkidel teatav juurdekasvu langus. Kuuskedel suurenes rinnaspinna juurdekasv rohkem kui mändidel.

KIRJANDUS

Hainla, V. Siirdesoomännikute kuivendamise tulemustest Eestis. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused I. Trt., 1957.

Hainla, V. Sanglepikutest ja nende kuivendamise tulemustest. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused VI. Tln., 1968.

Jürimäe, A. Erineva kuivendusintensiivsusega kõduturbasookuusikute mõningatest näitajatest. — Rmt.: Eesti Põllumajanduse Akadeemia Teaduslike Tööde Kogumik. Metsamajandusalased tööd. 33, Trt., 1963.

Kollist, P. Kuivendamise mõju sügavaturbaliste siirdesoometsade uuenemistingimustele. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused I. Trt., 1957.

Kollist, P., Kibe, T. Eluskatte varisest ja selle poolt mulda tagastatavast mineraalainete hulgast siirdesoometsades. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused IV. Tln., 1965.

Kollist, P. Puistu varisest siirdesoometsades ja kuivendamise mõjust sellele. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused V. Tln., 1967.

Kollist, P. Varisega mulda tagastatavast mineraalainete hulgast kuivendamata ja kuivendatud siirdesoometsades. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused VI. Tln., 1968.

Kollist, P. Metsakuivendusfond ja seniste kuivenduste tulemused massandmestiku analüüsi alusel. — Rmt.: Metsamajandus 1972 II. Tln., 1973.

Kollist, P. Madalsoo, siirdesoo ja kõduturbasoo kasvukohatüübi puistutest ja kuivendamise mõjust nende tootlikkusele takseereraldiste andmetel. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XIV. Tln., 1979.

Kosenkranius, H. Puude kasvu elustumisest metsa- ja sookuivenduse tagajärjel. "Eesti Mets" nr. 1, 1944.

Kotilainen, M. J. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Finnischen Moorkulturvereins. Nr. 7. Helsinki, 1927.

Krigul, T. Kuivendustööde tulemusi Eesti Põllumajanduse Akadeemia õppe- ja katsemajandis. — Rmt.: Eesti Põllumajanduse Akadeemia Teaduslike Tööde Kogumik. Metsamajandusalased tööd. Nr. 23. Trt., 1962.

Luik, J. Maaparandus ja selle mõju puude juurdekasvu peale. Trt., 1926.

Lukkala, O. J. Über den Aziditätsgrad der Moore und die Wirkung der Entwässerung auf Denselben. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja, 13. Helsinki, 1929.
Lõhmus, E. Metsakoosluste kvantitatiivse sarnasuse hindamisest. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XI. Tln., 1974.
Riisberg, R. Kuivendusmõju metsa juurdekasvule mitmesuguseil sootüüpidel. "Eesti Mets" nr. 7, 1934.
Valk. U. Eesti rabamännikute kuivendamise tulemustest. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused VI. Tln., 1968.

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ТОРФЕ, ЖИВОМ НАПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ И НАСАЖДЕНИИ ПЕРЕХОДНОГО БОЛОТА ПОСЛЕ ОСУШЕНИЯ /ПО ДАННЫМ СТАЦИОНАРНОГО ОПЫТНОГО УЧАСТКА/

П. КОЛЛИСТ

Резюме

В работе используются данные опытного участка, заложенного в 1958 г. в Веневереском лесничестве. Опытный участок располагался на типичном переходном болоте с хилым сосняком. Болото осушалось в 1958 г. таким образом, что на опытном участке образовались площади с расстоянием между канавами 40, 60, 120, 140 и 180 м, где было заложено 18 пробных площадок. Кроме того, рассматриваются изменения, происшедшие в живом напочвенном покрове и древостое после осушения к 1969 и 1979 гг., и изменения в содержании питательных веществ в торфе к 1979 г.

К 1979 г. в верхнем слое торфа /0—20 см/ значительно увеличились зольность торфа, содержание CaO и N, а также кислотность торфа /уменьшилось значение pH_{KCl}/. Значительные изменения произошли также в видовом составе и покрытии живого напочвенного покрова. К 1979 г. исчез 41 первоначально встречавшийся на опытном участке вид и прибавилось 32 новых вида. Значительными были и изменения в покрытии. В моховом ярусе покрытие сфагнумов снизилось с 84 % до 5 %, в то же время увеличилось покрытие типичных лесных мхов. Для выражения охвата изменений, происшедших в живом напочвенном покрове разных пробных площадок, использовали формулу Серенсена /рис. 1/. Средние диаметр и высота насаждения увеличились к 1979 г. в 1,5. . .3 раза /в молодых насаждениях больше, чем в старых/. В молодых насаждениях значительно увеличилось число деревьев. Запас древесины увеличился в молодых насаждениях в 10. . .20 раз /помимо увеличения размеров деревьев этому способствовало увеличение числа деревьев/, в старых насаждениях — в 2. . .4 раза. Прирост запаса, который до осушения составлял на пробных площадках в среднем 1 $м^3$ в год, достигал в период после осушения 6. . .7 $м^3$ в год. Увеличение поперечного сечения деревьев началось на третьем году после осушения, достигнув максимального уровня к началу второго десятилетия. К 1979 г. на некоторых пробных площадках отмечалось определенное снижение прироста. У елей прирост площади поперечного сечения был больше, чем у сосен.

ÜBER ENTWÄSSERUNGSFOLGENDE ÄNDERUNGEN IN TORFBODEN, BODEVEGETATION UND BAUMBESTAND DES ÜBERGANGSMOORES NACH ERGEBNISSEN VON EINER STATIONÄREN VERSUCHSFLÄCHE

P. KOLLIST

Zusammenfassung

In dem Artikel werden auf einer im Jahre 1958 in der Oberförsterei Venevere angelegten Versuchsfläche gemachte Beobachtungen ausgewertet. Die Versuchsfläche lag in einem mit den Kiefern bewachsenen typischen Übergangsmoor. Diese Versuchsfläche wurde 1958 entwäßert, wobei einzelne Flächen mit Grabenentfernungen von 40, 60, 120, 140 und 180 m entstanden. Insgesamt waren es 18 Probeflächen. Diese standen in den Jahren 1958, 1969 und 1979 unter Kontrolle. In dem vorliegendem Artikel werden die in der Bodenvegetation und in dem Bestand bis 1969 und 1979 stattgefundenen Änderungen, sowie die bis 1979 in dem Nährstoffgehalt des Torfes festgestellten Veränderungen dargestellt.

Bis zum Jahr 1979 nahmen der Aschengehalt, der CaO und N-Gehalt in der oberen Schicht des Torfes (0—20 cm) zu, der pH_{KCl}-Wert verringerte sich. Auch in dem Artbestand und dem Deckungsgrad der Bodenvegetation traten auffallende Änderungen ein. Von den anfangs auf der Versuchsfläche festgestellten Arten waren bis zum Jahr 1979 volle 41 Arten verschwunden, während aber 32 neue Arten ihre Stelle eingenommen hatten. Bedeutende Veränderungen traten auch in dem Deckungsgrad ein. So verringerte sich der Deckungsgrad der Torfmoose in der Moosdecke von 84 % bis auf 5 %, während aber sich der Deckungsgrad der typischen Waldmoose vergrößerte. Zur Charakterisierung der Größe der in der Bodenvegetation eingetretenen Veränderungen eignete sich die Formel Sørensens (Abb. 1). Der mittlere Diameter und die Höhe des Bestandes vergrößerten sich bis zum Jahr 1979 um das 1,5. . .3 fache (in den jüngeren Beständen mehr als in den älteren). Die Zahl der Bäume nahm in den jüngeren Beständen beträchtlich zu. Der Vorrat vergrößerte sich in den jüngeren Beständen 10. . .20 mal (außer der Zunahme in den Dimensionen der Bäume spielte auch die Zunahme an Bäumenanzahl eine wichtige Rolle), und in den älteren Beständen 2. . .4 mal. Der Zuwachs des Vorrates, der vor der Entwäßerung der Versuchsflächen im Mittel weniger als 1 Festmeter im Jahr betrug, war in der Periode nach der Entwässerung 6. . .7 Festmeter im Jahr. Der Zuwachs der Stammgrundfläche der Bäume begann im dritten Jahr nach der Entwäßerung und erreichte den höchsten Stand zu Beginn des zweiten Jahrzehnts. Bis zum Jahr 1979 war auf einigen Versuchsflächen eine gewisse Abnahme des Zuwachses eingetreten. Die Fichten wiesen einen größeren Zuwachs der Stammgrundfläche auf als die Kiefern.

EESTI SOOMETSADE TOOTLIKKUSE SUURENDAMISE VÕIMALUSI

U. VALK

Eesti asub soode tekkeks ja arenguks soodsas kliimas. Viimase mandrijää taganemisest olid möödunud vaid mõned aastatuhanded, kui Eestimaal ümmarguselt 9000. . .10 000 aastat tagasi tekkisid esimesed sood. Arvestades sellest ajast on soode arv ja pindala kasvanud pidevalt, ületades nüüd 908 000 ha, mis moodustab Eesti NSV territooriumist ligi 20 %. Ka tänapäeval on kliimatingimused turba ladestumiseks soodsad ja soode pindala kasvaks igal aastal sadade hektarite võrra, kui seda ei pidurdaks antropogeenne tegevus.

Soode pindalalt on Eesti NSV teiste liiduvabariikide hulgas Vene NFSV, Valgevene ja Ukraina NSV järel neljas. Kui aga arvestada soode protsenti kogu vabariigi territooriumist ja turbavaru ühe elaniku kohta, siis on Eesti NSV Nõukogude Liidus esikohal.

Eesti NSV riiklikust metsafondist asub soomullal ümmarguselt 1/3. Metsamajanditele kuuluvatest turvasmuldadest on ligi 3/5 kaetud metsaga, ülejäänud 2/5 (enamasti rabad) kuuluvad lage- ja puissoode hulka. Riigimetsadest kasvab soomullal 22,1 %.

Eesti ordineeritud metsakasvukohatüüpide klassifikatsioonis (Lõhmus, 1982, 1984) eristatakse soomuldadel 10 kasvukohatüüpi, millest 4 asuvad looduslikel soodel (lodu, madalsoo, siirdesoo, raba), 4 kuivendatud soodel, kus kuivenduse mõju lühikese kestuse või nõrga intensiivsuse tõttu valitseb endiselt sootaimestik (kuivendatud lodu, kuivendatud madalsoo, kuivendatud siirdesoo, kuivendatud raba) ja 2 pikka aega kuivendatud soodel – kõdusoodel, kus mullaviljakuse tugeva tõusu tõttu on alustaimestikus soodele iseloomulikud taimed valdavalt asendunud mineraalmaataimedega (mustika-kõdusoo, jänesekapsa-kõdusoo kasvukohatüüp).

Looduslikes soodes on tingimused metsa kasvuks halvad. Suhteliselt kõige paremad on nad lodu kasvukohatüübis liikuva ja toitesooladerikka põhjavee tõttu. Lodukaasik (hõlmab lodumetsade pindalast 3/5), -mustlepik ja -kuusik kuuluvad tavaliselt II. . .III

(harvem IV) boniteediklassi. Madalsoo metsakasvukohatüübis, kus põhjavesi on vähem liikuv ja kevadised ning sügisesed üleujutused kestavad vähem aega kui lodus, on levinud IV. . .Va boniteedi sookaasikud (madalsoometsadest 4/5) ja männikud. Siirdesoo kasvukohatüübis valitsevad V. . .Va boniteedi männikud (siirdesoometsadest 3/4) ja sookaasikud, raba kasvukohatüübis V. . .Va boniteedi männikud.

Juba ammu on teada, et looduslikes soodes mulla madal viljakus ja puistute väike tootlikkus on põhjustatud liigveest. Vanad kirjalikud andmed kinnitavad Eestis sajandeid kestnud püüdu tõsta soomuldade viljakust ja seal kasvavate metsade tootlikkust kuivenduse teel (Luce, 1815; Helffreich, 1874; Ostwald, 1878; Sõggel, 1896; Sivers, 1903; Karma, 1959). Esimesed kraavid kaevati süsteemitult, peamiselt madalsoodesse reljeefi madalamasse ossa pinnavee ärajuhtimiseks. Kraavivõrk oli hõre, mitteküllaldase hooldamise tõttu paljud kraavid peatselt amortiseerusid, kuid vaatamata sellele, oli nende kaevamisest saadud kasu puistu kasvule ilmne.

Teateid kuivendamise soodsast mõjust soometsadele hakkas avaldama Tartus ilmunud nädalaleht "Baltische Wochenschrift". Üks esimesi selles ilmunud teadusliku kallakuga artikleid, millest selgub kuivenduse soodne mõju puude kasvule, on Lätimaal töötanud metsateadlaselt E. Ostwaldilt (1878). Samas nädalalehes ilmus Riia linna metsaülema Fritsche (1878) tolle aja kohta üsna arukas artikkel, milles soovitatakse asuda soometsade laialdasele kuivendamisele ja metsateede ehitamisele, rabad aga ümbritseda piirdekraavidega. Metsakuivendustööde soodsad tulemused ja nende propageerimine kirjasõnas põhjustasid järgnevatel aastatel metsakuivendustöö mahu märgatava suurenemise.

Soometsa kuivenduse tasuvuse küsimused leidsid meil laiemat tutvustamist sajandivahetusel toimunud IV Balti põllumajandusnäitusel, kus metsaülem Knersch esitas eksponaate Õisu metsade edukast kuivendamisest. Neist nähtus, et 17 aastat kestnud kraavituse mõjul oli soomänniku tootlikkus kahekordistunud (Walbe, 1900). 1905. a. arutati metsakuivenduse tasuvust Balti Metsaseltsis. Knerschi ettekandest selgus, et 2. . .5 aastat kestnud kuivenduse tulemusena oli Audru mõisa soometsade tootlikkus tõusnud sedavõrd, et kuivendamise kulutused olid end tasunud (Forstabend . . ., 1905).

Kuigi juba käesoleva sajandi alguseks oli teada, et soometsade kuivendamine on kasulik, jäi tingituna käsitsitööst kraavivõrk hõredaks ja metsakuivendustöö maht võrreldes vajadusega tagasihoidlikuks. Tänapäeval on eelmisel sajandil kuivendatud soometsad ena-

masti raiutud ja soodele rajatud uus, eelmisest tõhusam kuivendusvõrk.

Soometsade kuivendustööd said võimsa hoo ja uue kvaliteedi senisest tihedama ja süsteemikindla kraavivõrgu rajamisega pärast 1950. aastat, mil Tamsalus asutati Masin-Metsakuivendusjaam ning seega avanes esmakordselt võimalus töid laialdaselt mehhaniseerida. Ekskavaatorite kasutuselevõtmisega kraavide kaevamisel suurenes metsakuivendustööde maht võrreldes labidatööga ligi 10 korda. 1. jaan. 1982. a. seisuga oli Eesti NSV-s metsamaid kuivendatud 360 000 ha, sellest liigniiskeid mineraalmaid 202 000 ha ja soid 158 000 ha. Kuivendatud soomuldadest on kaetud metsaga 124 000 ha, ülejäänud 34 000 ha kuuluvad lage- või puissoode hulka ja nad metsastatakse. Edaspidi on kavas kuivendada veel 250 000. . . 260 000 ha, millest 1/3 asub turvasmullal ja 2/3 liigniiskel mineraalmullal.

Koos metsakuivendustööde mahu ja kvaliteedi tõusuga intensiivistusid käesoleva sajandi teisel poolel ka teaduslikud uurimistööd kuivendustulemuste mõju selgitamiseks puistu kasvukäigule. Uurimisobjektideks on seni olnud üsna ammu (enne 1950. aastat) kuivendatud metsamaad, kus kraavivõrk on mitu korda hõredam (kraavide vahekaugus 300. . .500 m) ja selle hooldamine halvem kui see on nüüd. Kuivenduse efektiivsust on vähendanud veel asjaolu, et uuritud puistutest valdav osa on kasvanud kuivendatud mullal vaid osa oma elueast. Teatavasti saab hinnata kuivenduse mõju objektiivselt vaid siis, kui võrreldakse omavahel kahte metsapõlve, millest üks on üles kasvanud enne kuivendamist, teine aga samal kohal pärast kuivendamist, kusjuures kuivendusvõrk on olnud püsivalt korras. Puistu, mis on kasvanud osa aega (enne kuivendamist) liigniiskel mullal, ei ole nii tootlik kui kogu aeg kuivendatud mullal kasvanud niisama vana puistu.

Eestis tehtud uurimistööde tulemustest nähtub, et vaatamata metsade kuivendamise efektiivsust vähendanud eelnimetatud põhjustele, on kraavitamise soodne mõju soometsade tootlikkuse tõusule olnud tugev (Luik, 1926; Mathiesen, 1927; Kosenkranius, 1929; Riisberg, 1934; Joamets, 1953; Hainla, 1956, 1957, 1965, 1967; Krigul, 1962, 1971; Kollist, 1962, 1972. 1973, 1979; Valk, 1968a; Valk, Kollist, 1980; Lõhmus, 1981, 1982). Madal- ja siirdesoo metsakasvukohatüübis on kuivendamise tulemusena tõusnud männi, kuuse ja arukase puistute tootlikkus raieringi jooskul keskmiselt 100. . .200 tm/ha, tagavara aastane juurdekasv keskmiselt 1. . .2 tm/ha, boniteet 2,1 klassi. Pikka aega kestnud kuivendamise mõjul tekkinud kõdusoos võime leida männi ja arukase enamusega puistuid, mille hektari tagavara ulatub üle 300 tm. Kõdusookuusi-

kutes võib puistu tagavara kõrge täiuse korral ületada 500 tm/ha, keskmine juurdekasv aga 6 tm/ha (Lõhmus, 1982).

Tehtud uurimistööde üldistusest nähtub, et männikute tootlikkus kuivendatud madalsoo-, siirdesoo- ja rabamullal on 2. . .3 korda suurem kui kuivendamata soodes; mida paremini on soomännik kasvanud enne kuivendamist, seda enam on tõusnud kuivendamise tulemusena puidu juurdekasv. Seepärast on kasulikum kuivendada suurema tootlikkusega madalsoo- ja siirdesoomännikuid kui väikese tagavaraga rabamännikuid.

Meie ja meie lõunanaabrite lätlaste kogumuste põhjal ei ole otstarbekohane äsja kuivendatud soodel männikuid raiuda isegi siis, kui nad on vanad; liigvee kadumise järel võib selliste puistute kasv paraneda ja nende tootlikkus oluliselt tõusta.

Soomes ja NSV Liidu Euroopa-osa loodepiirkonnas tehtud paljude uurimistööde tulemustest selgub, et mida intensiivsem on olnud kuivendus, seda enam on suurenenud soometsas puidu juurdekasv. Kraavi ääres paiknevad puistud on tootlikumad kui kraavist eemal asuvad puistud (Hainla, 1957; Buśs, Sabo, 1959; Valk, 1968b, 1973; Seppälä, 1972; Heikurainen, Laine, 1976; Kaunisto, 1977; Смирнов, 1982; Письмеров и др., 1982; Елпатьевский и др., 1983 jt.). V. Konstantinovi andmetel on NSV Liidu Euroopa-osa loodepiirkonnas intensiivselt kuivendatud maal männikute ja kuusikute tootlikkus 20-aastaselt ümmarguselt 150 tm/ha, 40-aastaselt 250 tm/ha ja 80-aastaselt 400 tm/ha; 60 aasta eest kuivendatud puistute tootlikkus on nõrga kuivendusastme puhul 60. . .120 tm/ha kohta madalam kui tugeva kuivendusastme puhul (Константинов, 1983). Soomes tehtud uurimustest selgub, et mida väiksem on kraavide vahekaugus, seda suurem on puistu tagavara, kusjuures kraavide vahekauguse vähenemisel tõuseb puistu tootlikkus seda rohkem, mida madalam on soomulla viljakus (Seppälä, 1972).

Kui vähendada Eesti soometsades kuivenduskraavide vahekaugust (viimasel ajal on see olnud 1,2. . .1,3 m sügavuste kraavide puhul 100. . .200 m), siis kahtlemata tõuseks puidu täiendav juurdekasv, sest meie kuivendusvõrk ei taga mitte alati põhjavee keskmise taseme jäämist puude kasvuks optimaalsele sügavusele kogu kuivendamiseks ette nähtud maa-alal.

Siiski on diskuteeritav, kas alati tasub kuivendada meie turvasmuldi oluliselt tihedama kraavivõrguga ja rakendada Soomes kasutatavat kuivendussüsteemi, kus arvestatuna 1 ha kohta tuleb kraave ümmarguselt kolm korda rohkem kui meil. Soomes on 0,6. . .0,9 m sügavuste kraavide vahekaugus madalsoos 35. . .60 m, siirdesoos 30. . .50 m ja rabas 25. . .35 m, NSV Liidus aga 1,3 m sügavustel

kraavidel vastavalt 170. . .240 m, 150. . .190 m ja 90. . .100 m (Елпатьевский и др., 1978). Olulisemad vastuväited meil Soome kuivendussüsteemi rakendamiseks on järgmised: 1) tihedama kraavivõrgu puhul väheneb tootva metsamaa pindala ja suureneb trassiraie maht; puidu produktsiooni kadu võrdse tihedusega kraavivõrgu puhul on meil suurem kui Soomes, sest meie metsad on lõunapoolsema geograafilise asukoha tõttu üldiselt tihedamad ja tootlikumad; 2) kraavivõrgu tiheduse tõustes kasvavad ka selle rajamise ja hooldamise kulud; 3) NSV Liidu ja Soome metsakuivenduse mehhanismid ei ole ühesugused, meie ekskavaatorid on kohasemad suuremate parameetritega kraavide kaevamiseks; 4) koos kraavide kaevamisega on otstarbekohane kraavidest saadud pinnase baasil ehitada ka metsatee või sõidetav muldvall; nende ehitamise kulud on sügavamate kraavide puhul väiksemad kui madalate kraavide puhul. Liikumistingimuste parandamine on ilmtingimata vajalik. Metsast, mida pole võimalik ekspluateerida, on vähe kasu.

E. Sabo (1983) leidis arvutuslikul teel, et NSV Liidu soometsade tootlikkuse maksimaalse tõusu tagavad 1 m sügavused kraavid, mille vahekaugus sõltuvalt konkreetsetest looduslikest tingimustest on 40. . .80 m. Kui aga tahetakse saavutada suurimat ökonoomsust, siis tuleks valida kraavide vahekaugus 2 korda suurem, s. o. 80. . . 160 m. Võib arvata, et ülalmärgitu kehtib üldjoontes ka Eesti madal- ja siirdesoometsade kuivendamise kohta juhul, kui neil kasvatatakse mändi või arukaske. Andmed Läti NSV-st (Залитис, 1983) ja esialgsed andmed ka meilt näitavad, et soomuldadel kuuse kasvatamise puhul peaks kraavivõrk olema mitu korda tihedam kui männi puhul, sest kuusk nõuab tugevamat kuivendamist.

Võimalusi puistute tootlikkuse tõstmiseks kuivendusvõrgu parema hooldamise ja kraavitusvõrgu tiheduse tõstmise teel leidub meie varasemal perioodil kuivendatud soometsades piisavalt. Laiemas ulatuses on olemasolevat kraavivõrku otstarbekohane tihendada siis, kui meil on lõpetatud (ümmarguselt 10 aasta pärast) liigniiskete metsade kuivendamise esimene ring ja alustatakse valikuliselt vanade ja vähemefektiivsete kuivendussüsteemide rekonstrueerimist. Kraavide hooldamist, mis seisneb setete ja võsa likvideerimises tuleb teha viivitamatult vastavalt vajadusele. Kraavide ummistumise järel langeb kuivendamise soodne mõju puistu kasvule järsult. M. Sepa andmetel tekib meil vajadus võsa eemaldamiseks, sõltuvalt konkreetsetest tingimustest, 3. . .7 aasta tagant ja kraavide puhastamiseks setetest 5. . .10 aasta tagant. Kui kraave puhastatakse ühekopalise ekskavaatoriga, siis võib seda teha 10 või vahel veelgi enama aasta järel (Валк, Коллист, Сепп, 1983). Eesti Metsainstituudis tehtud E. Lõhmuse uurimustest selgub, et kuivendamise ja

selle tulemusel tekkinud metsakoosluse loomupärase võime tõttu tõsta järk-järgult mulla pindmises kihis toiteelementide varu, võivad lagedad sood muutuda aastasadade jooksul püsivalt soodsa veerežiimi korral I boniteedi metsamaaks. Samasuunalisele seisukohale on jõudnud Lätimaalt kogutud andmete põhjal K. Bušs ja P. Zalitis, kes märgivad, et isegi 150 aastat kestnud kuivendus ei ole oma soodsat mõju ammendanud, vaid otse vastupidi — kuivendatud metsamaal on puistu kasv pidevalt paranenud (Буш, Залитис, 1983).

Kuivendamise intensiivsuse suurendamise ja kuivendussüsteemide senisest parema hooldamise kõrval on soometsade kuivendamise rentaabluse tõstmise teiseks oluliseks reserviks õige peapuuliigi valik. Tuleb arvestada, et kuivendatud eutroofsel ja eu-mesotroofsel soomullal tekib intensiivse ja püsiva kuivenduse korral jänesekapsa-kõdusoo tüüp, kus kõige sobivamaks puuliigiks on kuusk, mille boniteediklass on männi omast 0,4 astme võrra kõrgem (Kollist, 1979) ja tootlikkus 1,5 korda suurem (Bus, 1980). Muidugi kasvavad siin küllalt hästi ka mänd ja arukask.

Kuivendatud lodumetsas on kõige kõrgem boniteet sanglepal. Intensiivselt kuivendatud aladel ei ole kuusk sanglepast halvem, tema tagavara juurdekasv on olnud sanglepa omaga enam-vähem võrdne (Kollist, 1972). Mida kestvam on olnud kuivenduse mõju, seda enam on paranenud kuuse kasv ja tõusnud tema osatähtsus puistu koosseisus. Silmas pidades eespool märgitut, võib vastavalt konkreetsetele tingimustele kuivendatud lodus peapuuliigiks valida kuuse, sanglepa, kuid ka arukase. Arukaske on otstarbekohane kasvatada siis, kui teda on tekkinud looduslikust külvist sedavõrd piisavalt, et vajadus kultuuri rajamiseks puudub. Kui aga orienteerutakse metsa kultiveerimisele, tuleks peapuuliigina eelistada kuuske kui perspektiivset ja majanduslikult tähtsat metsapuud.

Kõdusoometsa ja kuivendatud madalsoometsa raiestike looduslikule uuenemisele kuuse, männi või arukasega loota ei tasu. Kogemused näitavad, et nendele aladele levib kiiresti vähetootlik sookask. Soodes kasvavad sookasepuistud, mis on kuivendusvõrguga enam-vähem ühevanused, ei ole kraavitamisele nimetamisväärselt reageerinud ja tavaliselt kuuluvad nad endiselt IV. . .V boniteediklassi, seevastu arukased võivad saavutada samades tingimustes I või II boniteediklassi. Kuivendatud soodel kasvavad sookaasikud tuleb raiuda või rekonstrueerida nii, et nad asenduksid aja jooksul kuuse, männi või arukase puistutega. Selle tulemusena suureneks puidu aastane juurdekasv 1. . .2 tm/ha.

Tulemusrikkaks on meil osutunud kuivendatud madalsool kasvavate sookaasikute rekonstrueerimine kuusega koridormeetodil. Kuusk on hiliskülmahell, mistõttu lagedatel kuivendatud soo-

del, kus hiliskülmad on tugevamad ja sagedasemad kui teistes metsakasvukohatüüpides, kuused sageli põõsastuvad ja põevad külmakahjustusi kaua. R. Narise (1984) mõõtmistest selgus, et Väätsa katsemetskonnas olid 5. . .6 m kõrgusesse sookaasikusse 19 aasta eest rajatud kuuse koridorkultuurid (2 m laiused koridorid raiuti 5-m vahedega) ligi 6 korda kõrgemad lagedatele kuivendatud soodele rajatud niisama vanadest kuusekultuuridest.

Koridorkultuurides sookaseribad likvideeritakse. Väätsa metskonnas tehakse seda ajaliselt kahes järgus: esimene kord siis, kui kuused vajavad rohkem valgust ja on sedavõrd kõrged, et hiliskülmad nende kasvu enam oluliselt ei pidurda ja teine kord umbes 10 aastat hiljem vastavalt vajadusele. Läti metsateadlased K. Buss ja P. Zalitis (Буш, Залитис, 1983) ei pea kase manulust kuivendatud sookuusikutes soovitavaks, sest see vähendab puidu tagavara, selle kaubalisust ja puistu tormikindlust. Nende soovitus kasvatada potentsiaalselt viljakatel kuivendatud muldadel okaspuid puhtpuistuna väärib ka meil rakendamist senisest enam. Läti uurijatega lähedasel seisukohal on prof. L. Heikurainen (1982). Tema uurimustest selgus, et kase manulus vähendab kuivendatud kuusikute tagavara kogu Soomemaal ja männikute tagavara Põhja-Soomes; Lõuna-Soomes esines aga vastupidine nähe — männikus tõusis koos kase osatähtsusega ka puistu tagavara.

Käesoleval ajal on nii meil kui ka NSV Liidu teistes piirkondades kuivendatud eu- ja mesotroofsetele turvasmuldadele kuuse kultiveerimist hoogustanud tugevad põdrakahjustused männile, aga ka lehisele (Багаева и др., 1982). Eestis on kuivendatud soomuldadele rajatud 1. . .3 m kõrgustes männikultuurides põdrarüüste üsna tavaline, selliste kultuuride kasvupilt on troostitu ja neid nähes tuleb paratamatult arvamus, et põdrast kahjustatud kultuuridest tootlikke puistuid ei kasva. See arvamus ei pruugi aga osutada alati paikapidavaks. Näib, et seal, kus muld on väheviljakas, ei ole kuivendatud soodel männi asendamine kuusega õigustatud. Põdrakahjustuse mõju männipuistu edasisele kasvukäigule prognoositakse halvemaks kui see tegelikult on. Tähelepanekud näitavad, et 10. . .15 aasta eest põdrast intensiivselt kahjustatud männikultuuride kasvupilt on aja jooksul paranenud arvatust rohkem. Võib arvata, et keskealistes ja vanemates puistutes leidub kunagisest põdrakahjustusest vaid vähemärgatavaid jälgi. Kuivendatud soomullale peapuuliigi valikul tuleb lähtuda mitte sedavõrd põdrast, kelle arvukus on reguleeritav, vaid eeskätt siiski mullastikutingimustest. Kui turvasmuld on väheviljakas ja suhteliselt nõrgemini kuivendatud, tuleb sellele kultiveerida mändi; kuusk sobib intensiivselt kuivendatud viljakale mullale. Tuleb arvestada, et

vanemas eas hakkab kuusikute täius ja tootlikkus esijoones tormiheite, kuid ka haiguste ja kahjustuste tõttu rohkem langema kui männikutes.

Sügavatel turvasmuldadel on meil, samuti ka mujal NSV Liidus, maapind metsakultiveerimiseks valmistatud ette künniviiludena (Пятецкий и др., 1976; Елпатьевский и др., 1978; Ионин, 1982 jt.). Nüüd, mil meie esimesed künniviiludele rajatud kultuurid on juba ligi kolmekümneaastased, on tekkinud kahtlus sellise maapinna ettevalmistamise viisi otstarbekuses. Küllalt kõrgetele künniviiludele rajatud kultuuride hooldamist ja nendes liikumist raskendab ebatasane maapind; kunagi tulevikus võib siin kasvavat metsa tabada tormiheide, sest puude juured on levinud vaid piki künniviilu kahes suunas, mistõttu nende tormikindlus ei saa olla nii suur kui tasasel maal kasvaval puistul. Põhimõtteliselt ongi õigem alandada soodes liiga kõrget pinnaveetaset kraavivõrgu tiheduse suurendamisega, jättes maapinna rajatavas metsas enam-vähem tasaseks.

Arvukad andmed kirjandusest kinnitavad, et kuivendatud soodel on võimalik parandada puude kasvu ja tõsta soometsade tootlikkust väetamise teel (Binns, 1974; Heikurainen, 1967, 1983; Huikari, Paavilainen, 1972; Jensen, Huikari, Palenius, 1967; Ипатьев, Блинцова, 1982; Медведева, Матюшкин, 1982; Мойко и др., 1976; Паавилайнен, 1983; Победов, Какорко, 1974).

Eestis alustati soometsade katselist väetamist 1967. a., enne seda olid rajatud katsealad Rae ja Rääma lagerabade metsastamiseks. Et väetuskatsete esialgsed tulemused osutusid lootustandvaiks, juurutati kuivendatud soometsade väetamine ka tootmisse. Käesolevaks ajaks on Eesti NSV-s väetatud kuivendatud soometsi ümmarguselt 10 000 ha. Seni meil tehtud uurimistööde põhjal (Kollist, Valk, 1982; Reinberg, Polli, 1973; Valk, 1982; Valk jt., 1977 jt.) on veel vara teha lõplikke järeldusi ja üldistusi väetamise mõju kohta. Andmeid selleks on vähe, väetamise mõju kestus mitmetel katsealadel veel lühike ja saadud tulemuste hajuvus suur. Uurimistööde esialgsetest tulemustest nähtub, et pikka aega kuivendatud madalsoo-, siirdesoo- ja kõdusoometsas (sõltuvalt puuliigist, puistu vanusest, väetise liigist, konkreetsetest kasvukohatingimustest jm.) on saadud väetamise tulemusena puidu täiendavat juurdekasvu kuni 5 tm/ha aastas. Põhilise efekti on andnud PK-väetised, kusjuures väetamise soodne mõju on alanud juba esimesel või teisel, saavutanud maksimumi kolmandal-neljandal aastal ja kestnud enam-vähem samal tasemel juba 15 aastat. Selle aja jooksul on saadud puidu täiendavat juurdekasvu sõltuvalt katsevariandist kokku 20. . .40 tm/ha, kusjuures väetamise soodne mõju puidu

juurdekasvule kestab. Kuusele on väetamine mõjunud tugevamini kui männile.

Värskelt kuivendatud viljakatel turvasmuldadel kasvavate männikute väetamisest on olnud vähe kasu. Väetamise mõju võrreldes kuivendamise mõjuga on olnud nõrk või puudunud hoopiski. Saunametsa katsealal, mis asub 0,3. . .0,9 m paksuse turbakihiga siirdesoomännikus, oli puistu aastane juurdekasv enne kuivendamist 0,5. . .0,9 tm/ha, 20 aastat pärast kuivendamist väetamata maal 7,1. . .7,5 tm/ha ja 14 aasta eest väetatud maal 7,1. . .8,9 tm/ha. Männi tagavara aasta keskmine juurdekasv on 14 aasta eest toimunud väetamise mõjul tõusnud 0. . .1,4 tm/ha ja väetamise tulemusena on saadud lisapuitu 0. . .20 tm/ha.

Oligotroofsetel turvasmuldadel kasvavate keskealiste ja vanemate männikute väetamise tulemus ei ole sõltunud kuivendamise mõju kestusest. NP-ja NPK-väetiste kombinatsioonid on andnud siin võrdseid tulemusi. Väetamise soodne mõju on alanud 1. . .2. aastal, saavutanud maksimumi 3. . .4. aastal ja pärast seda on hakanud kiiresti langema. Juhul kui väetamist lämmastikuga ei korrata, on selle mõju 6. . .7 aasta pärast hoopiski kadunud. Kuivendatud rabamänniku väetamise tulemusena on saadud puidu täiendavat juurdekasvu sõltuvalt väetisvariandist ja konkreetsetest tingimustest ühtekokku 4. . .20 tm/ha.

Lagerabade metsastamisel on NP- ja NPK-väetiste kasutamine osutunud tõhusaks nii männile, kuusele kui kasele. Kuusk, mis looduslikus rabas puudub, on saavutanud Rae raba 20. . .25 aastastes katsekultuurides korduva väetamise puhul I. . .II boniteediklassi (Valk, 1982).

Kuivendatud soodel kasvavate puistute kasvukäigu järgi otsustades on nende tagavara keskmist juurdekasvu võimalik tõsta raievanuse alandamise teel. P. Kollisti (1979) uurimistulemused näitavad, et kõikides sootüüpides on pärast nende kuivendamist männi-, kuuse- ja kasepuistute tagavara juurdekasv kõige suurem 40. . .50 aastaselt, puistu edasisel vananemisel hakkab juurdekasv üsna oluliselt langema. Puistu raievanuse alandamine suurendaks puidu tagavara keskmist juurdekasvu, kuid vähendaks jämeda tarbematerjali hulka. Kui aga peetakse vajalikuks saada jämedat tarbematerjali, siis raievanust siiski alandada ei ole õige. Raievanuse alandamine on kuusel enam põhjendatud kui männil, sest vanemas eas langeb kuusikute täius, tootlikkus ja puidu kvaliteet rohkem kui männikutes.

KIRJANDUS

Binns, W. O. Silviculture on drained areas — fertilization. — In: The coordinators' papers and discussions of the International Symposium of Forest Drainage. Helsinki, 1974.

Bus, K. K. Metsätalouden harjoittamisen perusteet Latvian SNTL:n ojitusalueilla. — Silva Fennica, 1980, vol. 14, N 2.

Buss, K., Sabo, E. D. Mõnede Läti NSV metsatüüpide kuivendamise intensiivsusest ja ökonoomilisest efektiivsusest. — Rmt.: Metsakuivenduse küsimusi. Trt., 1959.

Forstabend des Vereins Baltischer Forstwirte am 22. Jan. 1905. — Baltische Wochenschrift, 1905, Nr. 42.

Fritsche. Über Kultur und Entwässerung unserer Wälder. — Baltische Wochenschrift, 1878, Nr. 38, 39.

Hainla, V. Siirdesoomännikute kuivendamise tulemustest Eestis. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused I. Trt., 1957.

Hainla, V. Kasepuistutest kuivendatud soodel. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused IV. Tln., 1965.

Hainla, V. Kuusepuistutest kuivendatud soodel. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused V. Tln., 1967.

Heikurainen, L. The effects of manuring on organic solis. — In: Colloquium on Forest Fertilization. Jyväskylä/Finland, 1967.

Heikurainen, L. Ojitusalueiden taimustojen kehityksestä vuosina 1964. . .68 toimeenpannun suometsäkilpailun koealojen valossa. — Silva Fennica, 1982, vol. 16, N 3.

Heikurainen, L. Duration of fertilizing effect on oligotrophic pine bogs in Finland. — In: Proceedings of the International Symposium on Forest Drainage. Tln., 1983.

Heikurainen, L., Laine, J. Effect of fertilization, drainage and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. — Acta Forestalia Fennica 150. 1976.

Helffreich, C. Über Entwässerungen in Estland. — Baltische Wochenschrift, 1874, Nr. 5/6.

Huikari, O., Paavilainen, E. Metsän lannoitus. Helsinki, 1972.

Jensen, W., Huikari, O. Palenius, I. Influence of fertilization on finnisch softwood grown on swamp on yield and quality of pulp. — In: Colloquium of Forest Fertilization. Jyväskylä/Finland, 1967.

Karma, O. Jooni maaparanduse arengust Eestis kuni 1917. aastani. Tln., 1959.

Kaunisto, S. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. — Folia Forestalia, 1977, N 317.

Kollist, P. Aru- ja sookasest kuivendatud soodel. — Teaduslik-tehniline kogumik "Maaparanduse ja metsakuivenduse küsimusi". Tln., 1962.

Kollist, P. Lodumetsadest ja seniste kuivenduste mõjust nende tootlikkusele takseereralduste andmetel. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused IX. Tln., 1972.

Kollist, P. Metsakuivendusfond ja seniste kuivenduste tulemused massandmestiku analüüsi alusel. — Teaduslik-tehniline kogumik "Metsamajandus 1972. II". Tln., 1973.

Kollist, P. Madalsoo, siirdesoo ja kõduturbasoo kasvukohatüübi puistutest ja kuivendamise mõjust nende tootlikkusele takseereraldiste andmetel. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XIV. Tln., 1979.

Kollist, P., Valk, U. Mineraalväetiste mõju puidu juurdekasvule kuivendatud soometsades. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XVII. Tln., 1982.

Kosenkranius, H. Soometsadest Ida-Virumaal. — Eesti Mets, 1929, nr. 9.

Krigul, T. Kuivendustööde tulemusi Eesti Põllumajanduse Akadeemia õppe- ja

katsemetsamajandis. — Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik 23. Trt., 1962.
Krigul, T. Kuivendustöödest ja teedest Kastre-Peravalla metsades. — Eesti Loodus, 1971, nr. 1.
Luce, J. W. L. Das Meliorationsmagazin. Im: Beschreibung der wohlthätigen Anstalten in der Provinz Oesel. Riga, 1815.
Luik, J. Maaparandus ja selle mõju puude juurdekasvu peale. Trt., 1926.
Lõhmus, E. Anthropogenous forest site types on drained peatlands. — In: Anthropogenous changes in the plant cover of Estonia. Trt., 1981.
Lõhmus, E. Kõdusoometsade geneesist, klassifitseerimisest ja diagnostikast. — Teaduslik-tehniline kogumik "Metsamajandus". Tln., 1982.
Lõhmus, E. Eesti metsakasvukohatüübid. Tln., 1984.
Mathiesen, A. Ülikooli õppemetskond. Trt., 1927.
Naris, R. Kuivendatud soode metsastamise tulemused Väätsa metskonnas. Trt., 1984. Diplomitöö. Käsikiri EPA metsakasvatuse kateedris.
Ostwald. Über den Einfluss der Entwässerung versumpfter Orte auf den Baumwuchs. — Baltische Wochenschrift, 1878, N. 15, 16/17.
Reinberg, U., Polli, M. Väetamise ja kuivendamise mõju keskealiste siirdesoomännikute kasvule. — Teaduslik-tehniline kogumik "Metsamajandus 1972. II". Tln., 1973.
Riisberg, R. Kuivendusmõju metsa juurdekasvule mitmesuguseil sootüüpidel. — Eesti Mets, 1934, nr. 7.
Sabo, E. D. Choice of draining rates under the new requirements of forest hydroamelioration. — In: Proceedings of the International Symposium on Forest Drainage. Tln., 1983.
Seppäla, K. Ditch spacing as a regulator of post-drainage stand development in spruce and in pine swamps. — Acta Forestalia Fennica 125. 1972.
Sivers, M. Die forstlichen Verhältnisse der Baltischen Provinzen. Riga, 1903.
Sõggel, J. Soometsade paremale järjele seadmisest. — Põllumees, 1896, nr. 4.
Valk, U. Eesti rabad ja nende kasutamise perspektiivid metsamajanduses. Tln., 1968a.
Valk, U. Eesti rabamännikute kuivendamise tulemustest. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused VI. Tln., 1968b.
Valk, U. Tiheda kraavivõrguga kuivendamise eelistest sügava turbaga soodes. — EMI MUL "Informatsioonileht", 1973, nr. 7.
Valk, U. Mineraalväetiste mõju metsakultuuride kasvule kuivendatud soodes. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XVII. Tln., 1982.
Valk, U., Kollist, P. Eräitä metsäojituksen ja ojitusalueiden metsätalouden harjoittamisen kysymyksiä Eestin SNT:ssä. — Silva Fennica, 1980, vol. 14, N 2.
Valk, U., Tälli, P., Pikk, J., Seemen, H. Väetamise mõju puidu kasvule siirdesoomännikus hinnatuna erinevate uurimismeetoditega. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XIII. Tln., 1977.
Walbe, A. Die Forstwirtschaft auf der IV Baltischen landwirtschaftlichen Zentralausstellung. — Baltische Wochenschrift, 1900, Nr. 24.

Багаева М. В., Багаев С. Н., Смирнов С. П. Лесокультурное освоение осушенных земель. — В кн.: Гидролесомелиорация и рациональное природопользование. Тезисы докладов. Л., 1982.
Буш К. К., Залитис П. П. Гидролесомелиорация в Латвийской ССР. — В кн.: Повышение продуктивности заболоченных лесов. Л., 1983.
Валк У. А., Коллист П. И., Сепп М. Х. Характерные черты гидролесомелиорации в Эстонской ССР. — В кн.: Повышение продуктивности заболоченных лесов. Л., 1983.
Елпатьевский М. М., Кирюшкин В. Н., Константинов В. К. Лесохозяйственное освоение болот. М., 1978.
Елпатьевский М. П., Рябинина Л. А., Сухорукова Л. И. Лесоосушение по

методу А. Д. Дубаха. — В кн.: Повышение продуктивности заболоченных лесов. Л., 1983.
Залитис П. П. Основы рационального лесоосушения в Латвийской ССР. Рига, 1983.
Ионин И. В. К вопросу о повторной подкормке культур сосны на осушенных болотах. — В кн.: Гидролесомелиорация и рациональное природопользование. Тезисы докладов. Л., 1982.
Ипатьев В. А., Блинцова В. И. Комлексная мелиорация болотных лесов Белоруссии. — В кн.: Гидролесомелиорация и рациональное природопользование. Тезисы докладов. Л., 1982.
Константинов В. К. Научные основы эксплуатации и совершенствования осушительных систем в лесном хозяйстве. — В кн.: Повышение продуктивности заболоченных лесов. Л., 1983.
Медведева В. М., Матюшкин В. А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на рост и естественное возобновление насаждений на осушенных землях. — В кн.: Гидролесомелиорация и рациональное природопользование. Тезисы докладов. Л., 1982.
Мойко М. Ф., Акимова Е. Д., Данилина Т. Г. Влияние минеральных удобрений на рост сосны обыкновенной на осушенных болотах. — В кн.: Осушение и освоение заболоченных земель в нечерноземной зоне РСФСР. Сборник научных трудов Лениигр. НИИЛХ, вып. 24. Л., 1976.
Паавилайнен Э. Применение минеральных удобрений в лесу. М., 1983.
Письмеров А. В., Воробей П. М., Письмерова Р. С. Лесоводственная эффективность гидролесомелиорации в Костромской и Ивановской областях. — В кн.: Гидролесомелиорация и рациональное природопользование. Тезисы докладов. Л., 1982.
Победов В. С., Какорко П. В. Применение удобрений при создании лесных культур на осушенных переходных болотах в БССР. — В кн.: Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. /Материалы научно-координационного совещания 1974 г., г. Гомель./ Минск, 1974.
Пятецкий Г. Е., Ионин И. В., Жарова Л. П. Лесохозяйственное освоение осушенных болот. Петрозаводск, 1976.
Смирнов А. П. Влияние интенсивности осушения верхового болота на плодородие почвы и рост сосны. — В кн.: Гидролесомелиорация и рациональное природопользование. Тезисы докладов. Л., 1982.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ ЭСТОНИИ

У. ВАЛК

Резюме

1/3 гослесфонда Эстонской ССР находится на болотных почвах, из которых округленно 60 % покрыто лесом. Болотные леса составляют 22,1 % от всех государственных лесов. Плодородие естественных болотных почв и производительность произрастающих на них насаждений низкие. Производительность болотных сосняков повысилась в результате осушения в 2. . .3 раза. Чем продолжительнее и интенсивнее влияние

осушения, тем больше производительность насаждений сосны, ели и березы бородавчатой. Насаждения березы пушистой на осушение не реагировали или реагировали мало, вследствие этого их следует заменить насаждениями ели, сосны и реже березы бородавчатой. Хорошие результаты дала реконструкция насаждений березы пушистой елью, высаженной в прорубленные в березняках коридоры. Ели, высаженные в коридоры, страдали от поздних заморозков меньше и их состояние лучше, чем состояние елей, высаженных на открытом осушенном болоте. В приканавной зоне еловые культуры в коридорах росли лучше, чем на участке, удаленном от канавы.

В завивимости от конкретных условий местопроизрастания класс бонитета 20. . .25-летних еловых культур, заложенных на глубокой торфяной почве, колеблется в пределах Ia. . .V класса. Бонитет 20. . . 25-летних сосновых культур, произрастающих в таких же условиях, равен II. . .III. Состояние сосновых культур, поврежденных в молодом возрасте лосями, совершенно удовлетворительное. Очевидно из них сформируются высокопроизводительные насаждения, поэтому неправильно, учитывая повреждения культур лосем, отказываться от культивирования сосны на осушенных болотных почвах там, где условия местопроизрастания для выращивания ели неблагоприятные.

Влияние удобрения на прирост древесины в осушенных болотных лесах было различным и зависело от продолжительности осушения и трофности торфа. От удобрения сосняков на низинных и переходных болотах, осушенных недавно, в большинстве случаев было мало пользы. В осушенных в течение продолжительного времени низинно-болотных, переходно-болотных и перегнойно-болотных лесах получен, в зависимости от конкретных условий местопроизрастания, комбинаций использованных удобрений и прочего, дополнительный прирост древесины 20. . .40 $м^3$/га. В сосняках, произрастающих на осушенных олиготрофных почвах, удобрение всегда оказывало сначала положительное влияние независимо от продолжительности осушения. Влияние удобрения продолжается обычно 6. . .7 лет, дополнительный прирост древесины составил всего 4. . .20 $м^3$/га.

Производительность осушенных болотных лесов Эстонии можно повысить уменьшением расстояния между канавами, лучшим уходом за осушительной сетью, выращиванием подходящей для местопроизрастания древесной породы, удобрением осушенных болотных лесов и снижением возраста рубки насаждений, что особенно важно в отношении ели.

POSSIBILITIES OF RAISING ESTONIAN PEATLAND FOREST PRODUCTIVITY

U. VALK

Summary

Of the total Estonian SSR forest lands, one-third are situated on peat-soil, of which approximately 60 % are covered by forests. Of all the state forest lands, 22.1 % are peatland forests.

The fertility of peatsoils and the productivity of the forests growing there is low. Drainage has considerably increased the fertility of peatland forests. The longer and more intensive the influence of drainage, the higher the productivity of pine, spruce and common birch stands. Drainage has had no positive influence upon white birch stands, hence they have been replaced by spruce, pine and infrequently, common birch forests. Reconstruction of white birch forests by those of spruce have produced favourable results. Profitability of drainage and productivity of forests can be raised further by raising drainage intensiveness, better care of the state of repair of ditches, cultivating tree species suitable to site factors, fertilization of drained peatland forests, decreasing the felling age of forests and various other silvicultural measures.

О ВЛИЯНИИ УДОБРЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ

Л. РАЙД

Воздействие удобрения на горизонт лесной подстилки проявляется уже на первом году. В результате удобрения уменьшается кислотность подстилки, количество водорастворимых форм кальция увеличивается в 6. . .8 раз, а водорастворимых форм магния — в 2. . .3 раза. Уменьшение кислотности благоприятствует образованию аммонийного и нитратного азота /Морозова, Куликова, Данилевич, 1971/.

Пополнение запасов азота в почве помощи удобрения — эффективная мера интенсификации биологических процессов в почве и повышения производительности насаждений. По данным Р. Шлейниса и А. Рагуотиса /1979/, количество аммонифицирующих микроорганизмов увеличилось в лесной подстилке под влиянием полного удобрения на 22 % по сравнению с контрольным вариантом.

Однако в литературе отсутствуют данные о продолжительности влияния удобрений на свойства лесной подстилки.

Для заполнения этого пробела на двух опытных участках — Сааре I /брусничниковый тип местопроизрастания/ и Ярвселья II /черничниковый тип местопроизрастания/ — через десять лет после удобрения изучали свойства лесной подстилки на неудобренном участке и на участке, где было внесено полное удобрение.

В каждом варианте свойства подстилки изучали на десяти пробных квадратах площадью 0,25 м^2, где мощность подстилки измеряли через каждые 10 см по подгоризонтам. В подгоризонтах определили также содержание влаги в подстилке и объемный вес и взяли пробы для химического анализа. В каждой пробе подстилки определили pH_{H_2O}, лактатнорастворимые P_2O_5 и K_2O, содержание общего азота, фосфора и калия и зольность подстилки.

Накопление лесной подстилки происходит неравномерно даже в одном и том насаждении; на делянках с хвойными деревьями запас подстилки всегда больше, чем на делянках с лиственными деревьями. Количество подстилки максималь-

Таблица 1

Свойства лесной подстилки на удобренном и неудобренном участках черничникового типа местопроизрастания

Свойства подстилки	A_o'			A_o''		
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %
			Контрольный вариант			
Запас подстилки т/га	33,4±3,03	28,7	9,1	40,4±7,64	59,8	18,9
Мощность см	4,1±0,11	52,5	2,6	4,3±0,19	89,5	4,4
Объемный вес г/см^3	0,09±0,006	21,6	6,9	0,11±0,007	19,2	6,1
pH_{H_2O}	3,7±0,05	4,9	1,5	3,4±0,05	4,4	1,4
Лактатнорастворимый P_2O_5 мг/100 г	34,3±3,22	29,7	9,4	19,0±3,50	58,3	18,4
Лактатнорастворимый K_2O мг/100 г	73,0±6,17	26,7	8,5	45,4±5,49	38,2	12,1
Общий N %	1,21±0,05	13,6	4,3	1,02±0,06	18,3	5,8
— " — P %	0,07±0,007	29,3	9,3	0,06±0,006	30,0	9,5
— " — K %	0,05±0,003	18,8	6,0	0,04±0,003	23,5	7,5
Зольность %	10,2±2,37	73,4	23,2	19,5±3,78	61,3	19,4
			NPK -вариант			
Запас подстилки т/га	27,8±2,83	28,8	10,2	34,9±3,20	25,9	9,2
Мощность см	2,8±0,10	66,6	3,6	3,3±0,08	43,3	2,4
Объемный вес г/см^3	0,11±0,013	33,0	11,6	0,15±0,011	20,5	7,3
pH_{H_2O}	3,6±0,09	6,6	2,5	3,4±0,04	3,4	1,3
Лактатнорастворимый P_2O_5 мг/100 г	35,3±3,18	25,5	9,0	16,3±2,15	37,4	13,2
Лактатнорастворимый K_2O мг/100 г	66,7±5,02	21,3	7,5	33,9±2,97	24,7	8,7
Общий N %	1,18±0,07	16,9	6,0	0,87±0,07	23,0	8,2
— " — P %	0,08±0,005	17,5	6,3	0,04±0,002	16,5	5,8
— " — K %	0,05±0,004	22,0	7,8	0,03±0,001	12,3	4,3
Зольность %	7,1±0,72	28,9	10,2	24,9±4,08	46,4	16,4

ное вокруг ствола, а минимальное — посреди окон и в средней части крон /Ведрова, 1980; Карпачевский, 1979/.

Данные о свойствах лесной подстилки типично-среднеподзолистых почв на опытном участке черничникового типа местопроизрастания приведены в таблице 1.

Через десять лет после удобрения мощность лесной подстилки была на неудобренном участке больше, чем на удобренном участке, соответственно 8,4 и 6,1 см. Мощности подгоризонтов подстилки составляют на удобренном участке 68 и 77 %, мощность всего горизонта подстилки — 73 % от мощности подстилки контрольного варианта. Меньшая мощность подстилки в удобренных вариантах является результатом интенсификации микробиологических процессов после удобрения и лучшего разложения подстилки вследствие этого. Разложение подстилки максимальное на

границе подстилки и находящегося под ней минерального горизонта. То, что в удобренном насаждении лесная подстилка разложилась лучше, чем в неудобренном насаждении, доказывает и больший объемный вес подстилки в удобренном насаждении. Так, объемный вес верхнего слоя горизонта подстилки в неудобренном насаждении составляет 0,09 г/см^3, в нижнем слое 0,11 г/см^3; в варианте, где внесено полное удобрение, объемный вес равен соответственно 0,11 и 0,15 г/см^3. Объемный вес нижнего горизонта подстилки в неудобренном и удобренном сосняке-черничнике при 99-процентной достоверности различается существенно, чего нельзя сказать о верхнем слое подстики.

Одной из причин медленного разложения подстилки является широкий диапазон отношения C : N. Для ускорения разложения подстилки следует уравнять отношение C и N путем внесения органических или минеральных удобрений так, чтобы отношение C : N в разлагаемом материале было меньше, чем 25 : 1 /Бондарь, 1973, 1974/.

От мощности, обьемного веса и степени разложения подстилки зависит запас подстилки на 1 гектаре. В неудобренном варианте опытного участка черничникового типа местопроизрастания запас лесной подстилки составлял 73,8 т/га; в варианте, где было внесено полное удобрение, 62,7 т/га. Различие в количестве подстилки между удобренными и неудобренными вариантами было 11,1 т/га, различие это существенное. Запас лесной подстилки в черничниковом типе местопроизрастания, рассчитанный по отдельным квадратам на 1 га, сильно варьирует. Прежде всего это обусловлено кочковатостью. Поскольку квадраты расположены по определенной схеме, то в зависимости от их расположения по отношению к кочкам и кронам запас подстилки был очень различным. Особенно большим запас подстилки был в микроуглублениях между кочками, а также вблизи стволов. В одном из квадратов, расположенном в микроуглублении контрольного варианта, в нижнем разложившемся слое подстилки было такое количество, что в расчете на 1 га составило 95 т, в то же время на ровной площади между стволами соответствующее количество подстилки было только 16,8 т, среднее количество подстилки десяти изученных квадратов было 40,4 т/га. Тем самым запас подстилки на микроделянках одного и того же насаждения может различаться более чем в 5 раз. В общем, варьирование нижнего разложившегося слоя подстилки больше, чем верхнего. В определенной степени это обусловлено и некоторой субъективностью при выделении нижних горизонтов подстилки. Варьирование запаса подстилки было в неудобренном варианте больше, чем удобренном.

Уменьшение запаса подстилки на удобренной площади отмечено и в работах Е. Костылевой /1978/.

По литературным данным /Горбачев, Сорокин и др., 1979/, на следующий год после внесения азота увеличивается содержание азота в почве, а в вариантах, где был внесен фосфор, увеличивается содержание фосфора. Отдельно внесенные фосфорное и калийное удобрения уменьшали содержание азота в почве. Биологическая активность почвы увеличилась существенно в N-, NP- и NPK-вариантах, особенно это было заметно при внесении карбамида. K- и PK-удобрение существенного влияния на биологическую активность почвы не оказало.

По данным Р. Шлейниса и Л. Славенене /1976/, суперфосфат увеличивает содержание подвижного фосфора в верхнем горизонте почвы уже в год внесения, но тонкий слой подстилки не удерживает удобрения на более долгий срок. На втором и третьем году после удобрения содержание подвижного P_2O_5 увеличилось уже на глубине 20 см в почве.

В литературе нет данных о том, как долго удерживаются питательные вещества, введенные в почву удобрениями, в горизонте подстилки или в горизонтах, расположенных непосредственно под подстилкой.

В черничниковом типе местопроизрастания через десять лет после удобрения существенных различий в содержании питательных веществ в горизонте подстилки между удобренным и неудобренным вариантами не наблюдалось, за исключением содержаний общего фосфора и общего калия в нижнем слое подстилки, которые были на удобренном участке значительно меньше.

Среднее 10 определений дает относительно агрохимических показателей подстилки точность определения между 5 и 10 %. Относительно мало варьирует pH подстилки /коэффициент варьирования 3. . .7 %/. В неудобренном насаждении pH_{H_2O} верхнего слоя подстилки был 3,7, в удобренном варианте — 3,6, в нижнем слое подстилки в обоих случаях 3,4. На основании десяти определений содержание подвижных питательных элементов, а также содержание общего азота в неудобренных и удобренных насаждениях приблизительно равны. Например, в верхнем слое подстилки неудобренного насаждения содержалось 34,3 мг/100 г P_2O_5 и 1,21 % общего азота, в удобренном насаждении соответственно 35,3 мг/100 г и 1,18 %.

В пределах одного и того же насаждения и одной и той же делянки содержание подвижных питательных элементов сильно варьирует в зависимости от места взятия пробы. В неудобренном сосняке-черничнике содержание лактатнораст-

воримого P_2O_5 варьировало в верхнем слое подстилки в пределах 17. . .48 и в нижнем слое в пределах 8. . .47 мг/100 г, коэффициент вариации был соответственно 29,7 и 58,3 %. В варианте, где было внесено полное удобрение, варьирование лактатнорастворимого P_2O_5 было несколько меньше, коэффициент вариации соответственно 25,5 и 37,4 %. Вероятно, варьирование содержания подвижных питательных элементов связано не столько с удобрением насаждения, сколько с подобием или различием микроделянок. Чем равномернее насаждение, тем меньше варьируют и свойства горизонта подстилки.

При сравнении содержания питательных элементов в верхнем и нижнем горизонтах подстилки выяснилось, что содержание питательных веществ в нижнем слое подстилки значительно меньше. Хотя содержание питательных веществ в верхнем слое подстилки больше, чем в нижнем, имеющийся там запас питательных веществ из-за меньшего объемного веса и мощности названного горизонта меньше, чем в нижнем горизонте.

Мощность верхнего слоя горизонта подстилки типично-слабоподзолистых почв в брусничниковом типе местопроизрастания была в неудобренном варианте 2,7 см, а мощность нижнего слоя — 2,3 см. Тем самым средняя мощность подстилки в неудобренном варианте брусничникового типа местопроизрастания была 5,0 см (таблица 2/, что составляет 60 % от соответствующего показателя черничникового типа местопроизрастания.

Мощность верхнего слоя подстилки в удобренном сосняке-брусничнике была практически такой же, как и в неудобренном варианте, т.е. 2,8 см, но в нижнем слое уже значительно меньше — 1,8 см. В результате того, что мощность нижнего слоя меньше, меньше и мощность всего горизонта подстилки в удобренном насаждении. Очевидно, такое строение горизонта подстилки объясняется режимом влажности. В относительно сухих условиях брусничникового типа местопроизрастания процессы разложения в верхнем просохшем слое подстилки в результате удобрения не интенсифицировались. Это подтверждает и объемный вес, который в верхнем слое подстилки как в удобренном, так и неудобренном варианте одинаков /0,09 г/см^3/. В нижнем, более влажном слое, объемный вес подстилки был на удобренном участке больше, что находится в соответствии как с мощностью, так и степенью разложения подстилки. Мощность горизонта подстилки удобренного сосняка-брусничника составляет 92 % от мощности горизонта подстилки неудобренного насаждения.

Запас подстилки (т/га) в удобренном и неудобренном

Таблица 2

Свойства лесной подстилки на неудобренном и удобренном участках в брусничниковом типе местопроизрастания

Свойства подстилки	A_o'			A_o''		
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %
	Контрольный вариант					
Запас подстилки т/га	23,4 ±2,43	32,9	10,4	26,8 ±3,22	38,0	12,0
Мощность см	2,7 ±0,07	51,1	2,5	2,3 ±0,07	65,4	3,2
Объемный вес г/см^3	0,09±0,005	17,8	5,6	0,13±0,014	33,8	10,7
pH_{H_2O}	4,0 ±0,06	4,4	1,4	3,9 ±0,13	10,5	3,3
Лактатнорастворимый P_2O_5 мг/100 г	25,9 ±2,16	26,4	8,3	10,8 ±1,63	47,6	15,0
Лактатнорастворимый K_2O мг/100 г	52,2 ±5,58	33,8	10,7	30,3 ±3,78	39,5	12,5
Общий N %	1,20±0,03	8,8	2,8	0,91±0,04	12,5	4,0
— " — P %	0,06±0,01	55,0	17,3	0,04±0,005	40,0	12,8
— " — K %	0,04±0,004	27,5	8,8	0,03±0,004	36,7	11,7
Зольность %	10,4 ±0,90	27,2	8,6	27,5 ±3,73	42,9	13,6
	NPK-вариант					
Запас подстилки т/га	26,6 ±3,38	40,2	12,7	23,2 ±2,14	29,2	9,2
Мощность см	2,8 ±0,08	56,5	1,8	1,8 ±0,06	67,3	3,3
Объемный вес г/см^3	0,09±0,005	17,8	5,6	0,14±0,012	26,4	8,6
pH_{H_2O}	3,9 ±0,13	10,6	3,4	3,6 ±0,12	10,6	3,4
Лактатнорастворимый P_2O_5 мг/100 г	19,5 ±1,45	23,6	7,5	10,0 ±1,76	55,6	17,6
Лактатнорастворимый K_2O мг/100 г	39,0 ±2,89	23,4	7,4	22,0 ±2,33	33,5	10,6
Общий N %	1,33±0,05	12,6	4,0	0,79±0,05	21,5	6,8
— " — P %	0,11±0,003	9,5	3,0	0,07±0,004	17,9	5,7
— " — K %	0,03±0,002	15,7	5,0	0,02±0,002	23,5	7,5
Зольность %	12,8 ±1,84	45,6	14,4	33,3 ±2,39	22,7	7,2

насаждении брусничникового типа местопроизрастания практически одинаков — соответственно 50,2 и 49,8 т/га.

По данным М. Вайчиса и В. Онюнаса (1977), между режимом влажности почвы и мощностью подстилки существует положительная связь. Особенно четко эта связь проявляется на очень бедных или бедных питательными веществами подзолистых почвах.

При разложении подстилки увеличивается ее кислотность и зольность. Например, в неудобренном варианте брусничникового типа местопроизрастания зольность подстилки увеличилась в результате разложения с 10,4 % (в A_o^I-горизонте) до 27,5 % (в A_o^{II}-горизонте).

Содержащееся в подстилке количество питательных ве-

ществ не является определяющим с точки зрения плодородия почвы. Для деревьев значение имеют те питательные вещества, которые попадают в почву из подстилки при ее разложении. Содержащиеся в лесной подстилке азот и фосфор находятся в большой степени в составе труднорастворимых органических и минеральных соединений, которые не усвояемы растениями. Удобрение содействует превращению запасов азота в усвояемые в грубом гумусе в связи с минерализацией последнего.

Также и по данным В. Шумакова и Т. Аршиновой (1981) основной запас азота находится в почве в виде органического вещества, и только небольшая часть его находится в виде растворимых минеральных соединений, которые усваиваются растениями непосредственно. Количество питательных веществ, переходящих в усваиваемую растениями форму, зависит от жизнедеятельности почвенных микроорганизмов.

Основные усвояемые формы азота находятся в лесных почвах в виде аммонийного азота. По данным некоторых авторов (Победов, Лебедев, 1979), нитратный азот в лесных почвах практически отсутствует.

Согласно Н. Федорецу (1979), нитратного азота больше всего в черничной подстилке (1,6. . .1,8 мг/100 г) и меньше всего в брусничной.

Через десять лет после удобрения в брусничниковом типе местопроизрастания на удобренном и неудобренном участках агрохимические свойства лесной подстилки были практически одинаковыми. pH_{H_2O} неудобренной лесной подстилки в брусничниковом типе местопроизрастания был в верхнем слое 3,9, в нижнем слое 3,6, на удобренном участке соответственно 4,0 и 3,9, тем самым немного нейтральнее.

Содержание лактатнорастворимых P_2O_5 и K_2O в верхнем слое лесной подстилки при 95-процентной достоверности на удобренном участке было меньше, чем на неудобренном. Это же относится и к содержанию общего калия. Содержание же общего азота и фосфора было, наоборот, больше на удобренном участке. Возможно, что это связано с более интенсивным потреблением подвижных питательных элементов в удобренном варианте, где жизнедеятельность корней и микроорганизмов более интенсивна.

Также и в нижнем слое лесной подстилки содержание лактатнорастворимых P_2O_5 и K_2O, общего азота и калия на удобренном участке было меньше, а содержание общего фосфора больше, чем на неудобренном участке.

Отсутствие связи между продуктивностью насаждений и содержанием питательных элементов не дает основания ориентироваться на эти данные при оценке питания насаждений.

Более высокое содержание общего фосфора на удобренном участке указывает на то обстоятельство, что часть фосфорного удобрения перешла в состав труднорастворимых соединений. Кроме того, фосфорные соединения (по сравнению с азотными и калийными соединениями) в почве гораздо устойчивее и хуже поддаются вымыванию.

По данным Р. Шлейниса и Л. Славенене (1976), фосфор, внесенный с удобрениями, распределяется между всеми минеральными формами фосфора. Больше всего удобрения переходит в состав труднорастворимых Al-фосфатов, меньше — состав Fe-фосфатов и еще меньше в состав легкорастворимых фосфатов. Чем больше доза суперфосфата, тем больше удобрения остается в легкорастворимой форме.

Низкое содержание прочих питательных элементов в лесной подстилке удобренного участка объясняется более интенсивным потреблением этих элементов как травянистым покровом, так и самим насаждением, кроме того, эти элементы вымываются в более глубокие горизонты.

В заключение можно отметить, что через десять лет после удобрения мощность лесной подстилки на удобренном участке брусничниковых и черничниковых типов местопроизрастания была значительно меньше ($t>3$), чем в неудобренном насаждении.

Меньшая мощность подстилки в удобренном насаждении обусловлена интенсификацией микробиологических процессов в результате удобрения, интенсификация этих процессов содействовала разложению подстилки. То, что в удобренном насаждении подстилка разложилась лучше, чем в неудобренном насаждении, подтверждает и объемный вес подстилки.

Через десять лет после удобрения не отмечено существенного различия в содержании питательных веществ в удобренной и неудобренной лесной подстилке.

ЛИТЕРАТУРА

Бондарь И. П. О возможности использования данных отношения C : N в подстилке сосняков для расчета доз внесения азотных удобрений. — В кн.: Научные труды УСХА. Лесовозобновление и защитное лесоразведение. Вып. 94. II том. Киев, 1973.

Бондарь И. П. Разложение опада сосны обыкновенной в зависимости от соотношения между углеродом и азотом. — В кн.: Научные труды УСХА. Интенсификация лесного хозяйства в Полесье и лесостепи Украинской ССР. Вып. 131. Киев, 1974.

Вайчис М. В., Онюнас В. М. Типы лесных подстилок и их связь с почвами и лесами в южной Прибалтике. — Почвоведение, 1977, № 2.

Ведрова Э. Ф. Влияние сосновых насаждений на свойства почв. Новосибирск, 1980.

Горбачев В. Н., Сорокин Н. Д., Кулагина М. А., Огородников А. В. Опыт применения минеральных удобрений в лесных биогеоценозах южной тайги. — В кн.: Экспериментальная биогеоценология и агроценозы. Тезисы докладов Всесоюзного совещания, Ростов-на-Дону, 13—15 июня 1979 г. М., 1979.

Карпачевский Л. О. Особенности распределения подстилки в некоторых лесах подмосковья. — Лесоведение, 1979, № 2.

Костылева Е. В. Влияние удобрений на свойства лесных подстилок. — В сб.: Восстановление леса на северо-западе РСФСР. Л., 1978.

Морозова Р. М., Куликова В. К., Данилевич В. М. Влияние удобрений на изменение химических свойств почв ельника черничного. — В сб.: Удобрения и гербициды в лесном хозяйстве европейского севера СССР. Л., 1971.

Победов В. С., Лебедев Е. А. Изменение азотного режима лесных почв под влиянием удобрений. — Агрохимия, 1979, № 5.

Федорец М. Г. Формы азотных соединений в почвах сосновых лесов. — В сб.: Плодородие почв сосновых лесов Карелии. Петрозаводск, 1979.

Шлейнис Р. И., Рагуотис А. Д. Лесоводственная и экологическая эффективность минеральных удобрений в еловых насаждениях. — В сб.: Формирование эталонных насаждений. Каунас-Гирионис, 1979.

Шлейнис Р. И., Славенене Л. В. Влияние фосфорных удобрений на превращение фосфатов в песчаных почвах сосновых боров Литовской ССР. — Почвоведение, 1976, № 7.

Шумаков В. С., Аршинова Т. И. О плодородии почв лесных питомников. — Лесное хозяйство, 1981, № 3.

VÄETAMISE MÕJUST METSAKÕDU OMADUSTELE

L. RAID

Kokkuvõte

Kümme aastat pärast väetamist oli metsakõdu tüsedus pohla ja mustika kasvukohatüübi väetatud alal väiksem kui väetamata puistus. Pohla kasvukohatüübi katseala väetamata variandis oli kõdu tüsedus keskmiselt 5,0 cm, täisväetisega väetatud puistus 4,6 cm ehk 92 %. Mustika kasvukohatüübi katsealal on vastavad arvud 8,4 ja 6,1 cm. Seega moodustab mustikamännikus väetatud metsakõdu tüsedus 73 % väetamata puistu kõdu tüsedusest. Nii pohla- kui ka mustikamännikus on kõdukihi tüseduse erinevus väetatud ja väetamata katsevariandi vahel statistiliselt oluline ($t > 3$).

Võib arvata, et kõdu väiksem tüsedus väetatud puistus on tingitud väetamise tagajärjel intensiivistunud mikrobioloogilistest protsessidest, mille tagajärjel suurenes kõdu lagunemine. Et väetatud puistus on kõdu paremini lagunenud kui väetamata puistus, seda tõestab ka kõdu mahukaal. Mustika kasvukohatüübi väetamata puistus oli kõdu pealmise kihi mahukaal 0,09 g/cm^3, alumises kihis 0,11 g/cm^3, väetatud puistus vastavalt 0,11 ja 0,15 g/cm^3. Pohla kasvukohatüübis oli kõdu pealmise kihi mahukaal nii väetamata kui ka väetatud puistus ühesugune (0,09 g/cm^3), alumises kihis väetatud puistus suurem (vastavalt 0,13 ja 0,14 g/cm^3).

Kümme aastat pärast väetamist ei täheldatud olulist erinevust väetatud ja väetamata puistu kõdu toitainetesisalduses.

INFLUENCE OF FERTILIZATION ON FOREST LITTER CHARACTERISTICS

L. RAID

Summary

Ten years subsequent to fertilization, the thickness of forest litter in Vaccinium and Myrtillus site types was less in fertilized area than that in unfertilized stands. Whereas in the unfertilized part of the Vaccinium site type experimental area the thickness of the litter was, on an average, 5.0 cm, that in the stand fertilized with complete fertilizers was 4.6 cm, i. e. 92 %. Corresponding figures in Myrtillus site type experimental area was 8.4 and 6.1 cm. Thus, in Myrtillus pine-stands, the thickness of fertilized forest litter is 73 % of that of unfertilized litter. The difference, therefore, in the thickness of the litter layer in fertilized and unfertilized experimental areas in Vaccinium and Myrtillus pine-stands is statistically significant ($t > 3$).

It may be presumed that less thickness of the litter in fertilized stands was caused, subsequent to fertilization, on account of intensified microbiological processes as a result of which decomposition of litter increased. The fact that litter in fertilized stands was better decomposed than in unfertilized stands, was confirmed by the bulk density of the litter. The bulk density of the upper litter layer of the unfertilized Myrtillus site type stand was 0.09 g/cm^3, that of the lower layer 0.11 g/cm^3 and in the fertilized stand it was 0.11 and 0.15 g/cm^3 respectively. Whereas in Vaccinium site type the bulk density of the upper litter layer was similar in both unfertilized and fertilized stands (0.09 g/cm^3), in the lower layer of the fertilized stand it was larger (0,13 and 0,14 g/cm^3 respectively).

Ten years subsequent to fertilization, no significant differences were noticed in the nutrient contents of the litter of either fertilized or unfertilized stands.

VÄETAMISE MÕJUST POHLA- JA MUSTIKA-MÄNNIKUTE ALUSTAIMESTIKULE

H. SEEMEN

Alustaimestik kuulub olulise komponendina metsa ökosüsteemi koosseisu. Tema mõju metsale võib avalduda nii positiivselt kui negatiivselt. Metsa alustaimestik tarvitab märkimisväärse osa mullas leiduvatest toitainetest (Уайльд, 1969; Шутов, Бельков, Мартынов, 1972; Бельков, Мартынов, Омельяненко, 1974). Kuna alustaimestiku juurestik paikneb pindmises mullakihis, siis on mineraalväetistega mulda viidud toitained puhma-, rohu- ja samblarinde liikidele hästi kättesaadavad. Seetõttu võib taimkate kujuneda puudele tõsiseks konkurendiks mineraalväetiste kasutamisel (Шумаков, 1971; Сацениекс, Капост, 1975; Казимиров, Куликова, 1977; Аршинова, 1980).

Põhjendatud väetussüsteemide väljatöötamisel on vajalik tunda mineraalväetiste mõju metsa alustaimestikule, kuna vastasel juhul võib metsa väetamise loodetud efekt jääda saamata. Alustaimestiku uurimise vajalikkust rõhutatakse ka mujal läbiviidud töödes (Коржицкий, 1975; The effect . . ., 1976; Ронконен, Куликова, 1977; Черноусов, Серый, Бахвалов, 1978; Савельеў, Рахцеенка, 1979; Листов, 1980). Eesti NSV-s on väetamise mõju metsa alustaimestikule uurinud M. Veermets (1975) ja P. Tälli (Tälli, 1976; Tälli, Veermets, 1979; 1982).

Metoodika

Mineraalväetiste mõju selgitamiseks metsa alustaimestikule analüüsiti taimkatet Audru, Kubja, Kuuste, Saare, Tudulinna, Vanaveski ja Vastseliina metskondade ja EPA Järvselja õppe-katsemetsamajandi metsaväetamise alalistel katsealadel. Pohlamännikutes paiknes 9 ja mustikamännikutes 3 katseala pindalaga vastavalt 15,4 ja 6,4 ha.

Metsa väetamisega kaasnevaid alustaimestiku muutusi selgitati

väetatud ja kontrollproovitükkide alustaimestiku geobotaaniliste analüüside võrdlemise teel. Igal proovitükil võeti kaks 4 m^2 suurust püsiruutu. Taimkatte püsiruut jagati neljaks analüüsiruuduks (à 1 m^2). Seega saadi ühe väetisvariandi (3 proovitükki) kohta 24 1 m^2 suurust analüüsiruutu. V. Sukatševi (Сукачев, 1930) järgi on selline ruutude arv küllaldane männimetsades taimkatte iseloomustamiseks. Igal analüüsiruudul registreeriti kõik puhma-, rohu- ja samblarinde liigid, hinnati nende vitaalsust ja katvust. Katvuse määramisel kasutati visuaalset hindamist protsentskaala abil. Pohlamännikutes tehti 1192 ja mustikamännikutes 696 taimkatteanalüüsi.

Väetamise mõju puhma-, rohu- ja samblarindele pohlamännikutes

Väetamisjärgseid taimkatte muutusi uuriti II. . .III boniteedi pohlamännikutes, milliste vanus oli 46. . .122 aastat, täius 0,4. . . 0,8. Puistud kasvasid happelistel nõrgalt leetunud leedemuldadel, milliste toitainetesisaldus oli üldiselt madal.

Alustaimestiku muutusi selgitati 1. . .8 aasta möödumisel väetamisest järgmistel katsevariantidel: O (kontroll), $N_{100}P_{100}K_{100}$, $N_{150}P_{150}K_{150}$, $N_{200}P_{200}$, $N_{200}P_{100}$, $N_{100}P_{100}$, N_{100}, N_{200}, N_{300} ja N_{500}.

Andmed puhma-, rohu- ja samblarinde katvuse kohta väetamata ja väetatud puistutes on esitatud tabelis 1.

Vaatleme esmalt alustaimestikku väetamata puistutes. Puhmarinde moodustasid 2. . .5 liiki, andes rinde katvuseks 4,9. . .15,5 %, mis moodustus peamiselt kanarbiku (*Calluna vulgaris*), pohla (*Rhododoccum vitis-idaea*) ja mustika (*Vaccinium myrtillus*) arvel. Rohurinne oli liigivaene (1. . .4 liiki) ja madala katvusega — 0,1. . . 1,3 %. Sagedamini esinesid karvane piiphein (*Luzula pilosa*) ja paluhärghein (*Melampyrum pratense*). Samblarinde katvus väetamata puistutes moodustas 70. . .100 %. Peamised katvust moodustavad liigid olid palusammal (*Pleurozium schreberi*), lainjas kaksikhammas (*Dicranum undulatum*) ja laanik (*Hylocomium splendens*). Samblarindesse kuulusid ka mõned põdrasamblikud, kuid nende katvus ei ületanud 4,3 %.

Jälgides puhmarinde katvuse muutusi väetatud puistutes selgub, et esimesel kahel aastal pärast väetamist oli puhmaste katvus märgatavalt suurenenud N_{100}-, $N_{200}P_{100}$- ja N_{200}-variantides. Kui kahel esimesel väetisvariandil oli puhmaste katvus suurenenud 1,6. . .1,7 korda, siis lämmastikväetise suure doosi kasutamisel (N_{200}) koguni 2,6. . .4,1 korda. Seevastu puhmaste katvus täisväetisvariandis oli

Tabel 1

Mineraalväetiste mõju alustaimestiku katvusele pohlamännikutes

Väetamisest möödunud periood, aastates	Katsevariant	Katvus, %		
		Puhmarinne	Rohurinne	Samblarinne
1	0	10,4	1,3	70,7
	$N_{100}P_{100}K_{100}$	7,2	0,2	51,9
	$N_{200}P_{200}$	2,4	—	60,6
	$N_{200}P_{100}$	16,5	1,2	46,6
	$N_{100}P_{100}$	9,4	1,5	63,1
	N_{200}	27,5	5,3	65,2
2	0	9,2	0,6	84,0
	$N_{100}P_{100}K_{100}$	6,2	0,2	63,9
	$N_{200}P_{200}$	6,5	0,1	46,0
	$N_{200}P_{100}$	15,8	3,7	52,2
	$N_{100}P_{100}$	10,5	1,3	68,0
	N_{100}	14,5	—	68,0
	N_{200}	38,0	5,0	44,9
3	0	12,2	0,3	70,3
	$N_{100}P_{100}K_{100}$	14,9	0,2	59,1
	$N_{100}P_{100}$	8,5	0,1	48,9
	N_{100}	10,0	—	58,5
4	0	14,2	0,4	82,2
	$N_{100}P_{100}K_{100}$	16,8	1,0	61,7
5	0	15,5	0,8	90,9
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	26,5	2,3	77,4
	$N_{100}P_{100}$	16,1	1,8	62,1
	N_{300}	14,1	2,4	54,4
	N_{500}	11,7	6,2	31,6
6	0	11,0	0,1	71,5
	$N_{200}P_{200}$	7,7	0,1	69,1
	$N_{100}P_{100}$	7,4	0,1	92,8
7	0	4,9	0,1	100,0
	$N_{100}P_{100}K_{100}$	8,3	0,9	91,2
8	0	13,0	0,1	95,8
	$N_{100}P_{100}K_{100}$	27,9	0,3	82,3

Tabel 2

Tähtsamate puhma- ja samblarinde liikide katvus (%) ja esinemissagedus (%) pohlamännikutes väetamata ja väetatud variantide keskmisena

Rinne, liik	Väetamata		Väetatud		
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V %	% kontrollist
			Katvus		
Puhmarinne	11,3±1,17	29,2	14,1±1,79	61,0	124,8
Calluna vulgaris	0,7±0,49	196,6	1,1±0,39	165,1	157,1
Rhodococcum vitis-idaea	7,7±0,66	24,5	9,2±0,86	45,0	119,5
Vaccinium myrtillus	2,8±1,03	97,6	3,8±1,52	189,6	135,7
Rohurinne	0,5±0,15	91,7	1,5±0,39	126,9	300,0
Samblarinne	83,2±4,18	14,2	61,8±3,07*	23,8	74,3
Dicranum undulatum	16,9±2,24	37,4	9,3±0,94*	48,4	55,0
Hylocomium splendens	7,6±2,35	87,2	7,3±1,89	124,8	96,1
Pleurozium schreberi	54,5±5,79	30,1	40,0±3,43	41,1	73,4
			Esinemissagedus		
Calluna vulgaris	33,1±6,81	58,2	30,4±4,12	65,0	91,8
Rhodococcum vitis-idaea	80,3±4,02	14,2	81,8±4,47	26,2	101,9
Vaccinium myrtillus	45,9±9,48	54,7	32,6±7,37	106,0	71,0
Dicranum undulatum	98,1±0,78	2,3	90,8±2,10	11,1	92,6
Hylocomium splendens	41,3±7,98	54,6	39,9±6,64	79,8	96,6
Pleurozium schreberi	99,8±0,21	0,6	96,4±2,02	10,0	96,6

* oluliselt erinev $B > 0,95$ juures

kahel esimesel väetamisjärgsel aastal madalam kui väetamata puistus. Alates kolmandast aastast puhmaste katvus suurenes ja kuue järgnenud aasta kestel ületas väetamata puhmarinde katvust 1,2. . . 2,1 korda.

Puhmarinde katvus kõikide väetatud puistute keskmisena suurenes väetamisjärgsel perioodil 25 % võrra (tabel 2). Seejuures kanarbiku katvus tõusis 1,6 korda, mustika katvus 1,4 ja pohla katvus 1,2 korda. Kuid materjali suur varieeruvus (väetamata puistutes 24,5. . .196,6 %, väetatud puistutes 45,0. . .189,6 %) ei võimalda mainitud küllaltki suuri katvuse erinevusi pidada statistiliselt olulisteks.

Asjaolule, et kanarbik omastab suurel hulgal mineraalväetistega antud toitaineid, on juhitud tähelepanu mitmes uurimuses. Nii võib kanarbiku lämmastikutarbimine isegi ületada selle elemendi omastamist puude poolt (Казимиров, Куликова, Морозова, 1974; Коржицкий, 1975; Казимиров, Куликова, 1977). Karjalas tehtud väetuskatsetel leiti, et viie väetamisjärgse aasta kestel suurenes alustaimestiku katvus 2. . .3,5 korda, seda peamiselt kanarbiku arvel. Maksimaalselt arenes kanarbik variantides N_{120} ja N_{120}

TRÜ Raamatukogu

$P_{240}K_{120}$. Kanarbiku maapealse osa mass suurenes kontrolliga võrreldes 1,6. . .3,6 korda (Ронконен, Куликова, 1977).

Väetamise mõju rohurindele oli raske hinnata rohttaimede äärmiselt madala katvuse ja ebakorrapärase esinemise tõttu. Mõningat rohttaimede katvuse tõusu võis täheldada suurte lämmastikukoguste (N_{200}. . .N_{500}) kasutamisel viie väetamisjärgse aasta kestel. Esimesel kahel väetamisjärgsel aastal toimus katvuse suurenemine peamiselt võnk-kastevarre (*Deschampsia flexuosa*), lambaaruheina (*Festuca ovina*) ja palu-härgheina arvel, viiendaks aastaks lisandusid metskastik (*Calamagrostis arundinacea*), ahtalehine põdrakanep (*Chamaenerion angustifolium*), harilik vaarikas (*Rubus idaeus*) ja väike oblikas (*Rumex acetosella*).

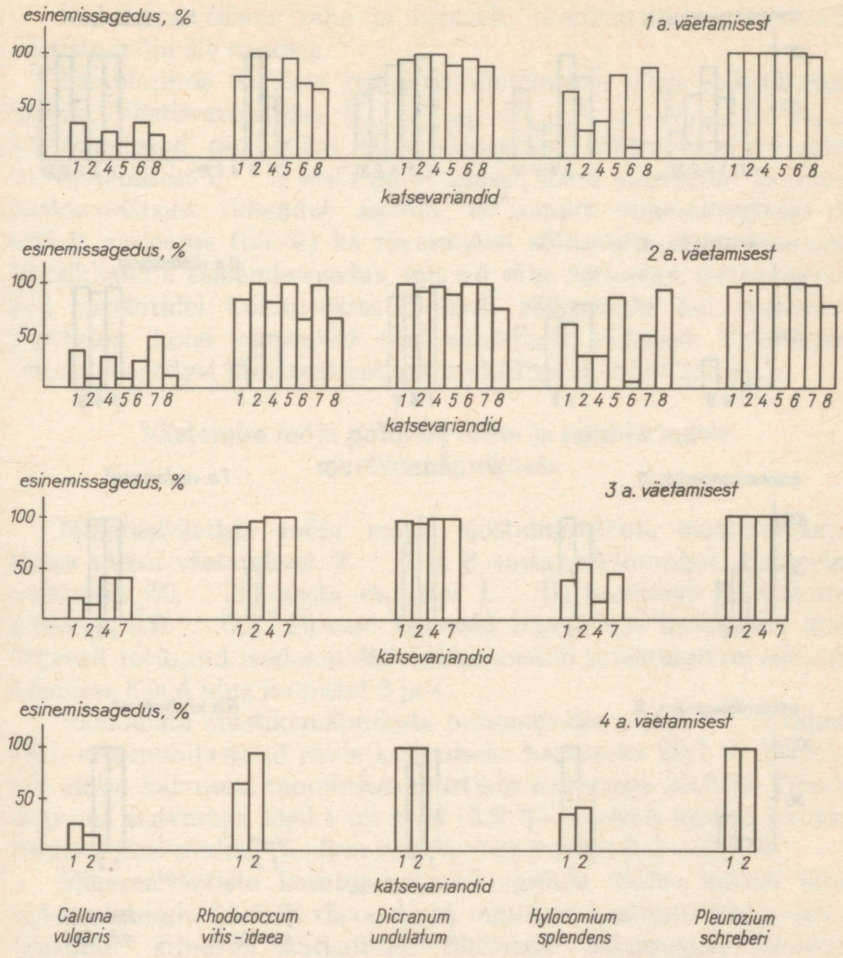
Võnk-kastevarre vohavust pärast väetamist märgib E. Ohenoja (1978). Kaaliumväetiste mõjul puhmarindes olulisi muutusi ei ilmnenud väetamisest kahe aasta möödumisel (Савельеў, Рахцеенка, 1979). 80 aasta vanuse pohlamänniku väetamine ammooniumsalpeetriga (100 kg/ha N) soodustas aga taimkatte arenemist. Eriti hakkas vohama varem rõhutud kastik (Черноусов, Серый, Бахвалов, 1978).

Väetamise mõju metsa alustaimestikule ilmnes kõige selgemini samblarinde puhul. Nagu tulemused näitasid, osutus sammalde katvus 1. . .8. väetamisjärgsel aastal kõikidel väetisvariantidel (v. a. $N_{100}P_{100}$-variant 6. aastal) väiksemaks samblarinde katvusest väetamata puistutes. Kui esimesel aastal pärast väetamist üksikute väetiseliikide kahjustav toime sammalde katvusele ei avaldunud ühesuunaliselt, siis järgnenud aastate tulemuste põhjal võib järeldada, et kõige hävitavamalt mõjusid sammaldele suured lämmastikukogused. Väetisvariantidel, kuhu oli külvatud lämmastikväetisi normiga 200. . .500 kg/ha toimeaines, moodustas sammalde katvus 35. . .62 % väetamata puistute samblarinde katvusest.

Kirjanduses märgitakse kloorisisaldavate kaaliumväetiste kahjustavat toimet sammaldele. Väetamisel kaaliumkloriidiga 120 kg/ha ja sülviniidiga 120 ja 240 kg/ha vähenes sammalde katvus 1,4. . . 2,5 korda, sammalde mass 1,2. . .13,3 korda (Савельеў, Рахцеенка, 1979).

Väetatud puistutes tervikuna vähenes samblarinde katvus väetamisjärgsel perioodil ligemale 26 % võrra (tabel 2). Tähtsamatest liikidest lainja kaksikhamba katvus vähenes 45 %, palusambla katvus 27 % ja laaniku katvus 4 % võrra. Seejuures samblarinde katvuse vähenemine tervikuna ja liikidest lainja kaksikhamba katvuse vähenemine olid statistiliselt olulised.

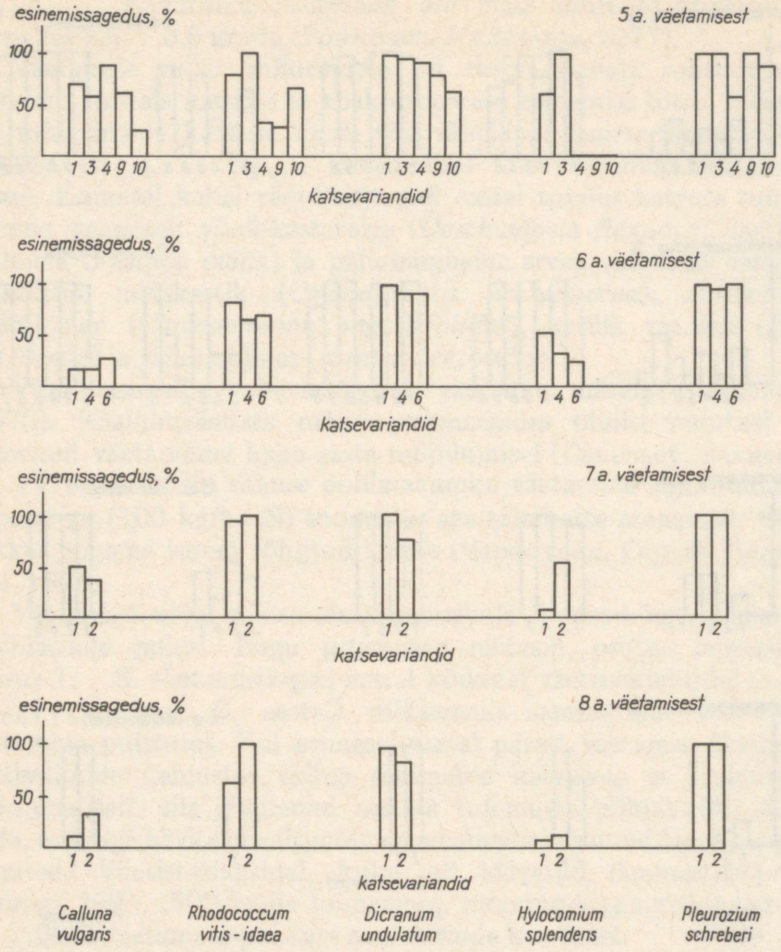
Tähtsamate metsa alustaimestikuliikide esinemissagedused väetamata ja väetatud variantide keskmisena on esitatud tabelis 2,



Joonis 1. Peamiste puhma- ja samblarinde liikide esinemissagedus pohlamännikutes väetamisest 1. . .4 aasta möödumisel. Katsevariandid: *1* — O; *2* — $N_{100}P_{100}K_{100}$; *4* — $N_{100}P_{100}$; *5* — $N_{200}P_{100}$; *6* — $N_{200}P_{200}$; *7* — N_{100}; *8* — N_{200}.

esinemissagedused väetisvariantide ja väetamisjärgsete aastate lõikes joonistel 1 ja 2.

Peamiste puhmarinde liikide esinemissagedused väetamata puistutes olid järgmised: kanarbik 33,1 %, pohl 80,3 % ja mustikas 45,9 %. Seaduspäraseid esinemissageduse muutusi pärast väetamist



Joonis 2. Peamiste puhma- ja samblarinde liikide esinemissagedus pohlamännikutes väetamisest 5. . .8 aasta möödumisel. Katsevariandid: *1* — O; *2* — $N_{100}P_{100}K_{100}$; *3* — $N_{150}P_{150}K_{150}$; *4* — $N_{100}P_{100}$; *6* — $N_{200}P_{200}$; *9* — N_{300}; *10* — N_{500}.

ei ilmnenud. Täheldada võis tendentsi kanarbiku esinemissageduse vähenemisele ja pohla esinemissageduse tõusule täismineraalväetise kasutamisel. Kuigi mustika esinemissagedus üldiselt vähenes väetatud puistutes, näib olevat selle peamiseks põhjuseks liigi puudumine real katsevariantidel, kuna mustikas esineb pohla kasvukohatüübi katsealadel hajusalt.

Rohttaimi esines vähe ja hajusalt, seetõttu ei saa otsustada väetiste mõju üle nendele.

Samblarinde liikidest reageeris väetamisele kõige reljeefsemalt laanik. Väetisvariantides $N_{200}P_{200}$, $N_{100}P_{100}$, N_{300} ja N_{500} oli nimetatud samblaliigi esinemissageduse vähenemine märgatav ka väetamisest 5. . .6 aasta möödumisel. Kuid nimetatud järelduse usaldusväärsust vähendab asjaolu, et laaniku esinemissagedus oli küllalt varieeruv (55 %) ka väetamisest sõltumata. Seevastu lainja kaksikhamba esinemissagedus, mis oli vähe varieeruv, osutus väetatud variantidel kokkuvõttes oluliselt väiksemaks kui väetamata puistutes, kuigi muutused olid suhteliselt väikesed. Palusambla esinemissagedust mineraalväetised praktiliselt ei mõjutanud.

Väetamise mõju puhma-, rohu- ja samblarindele mustikamännikutes

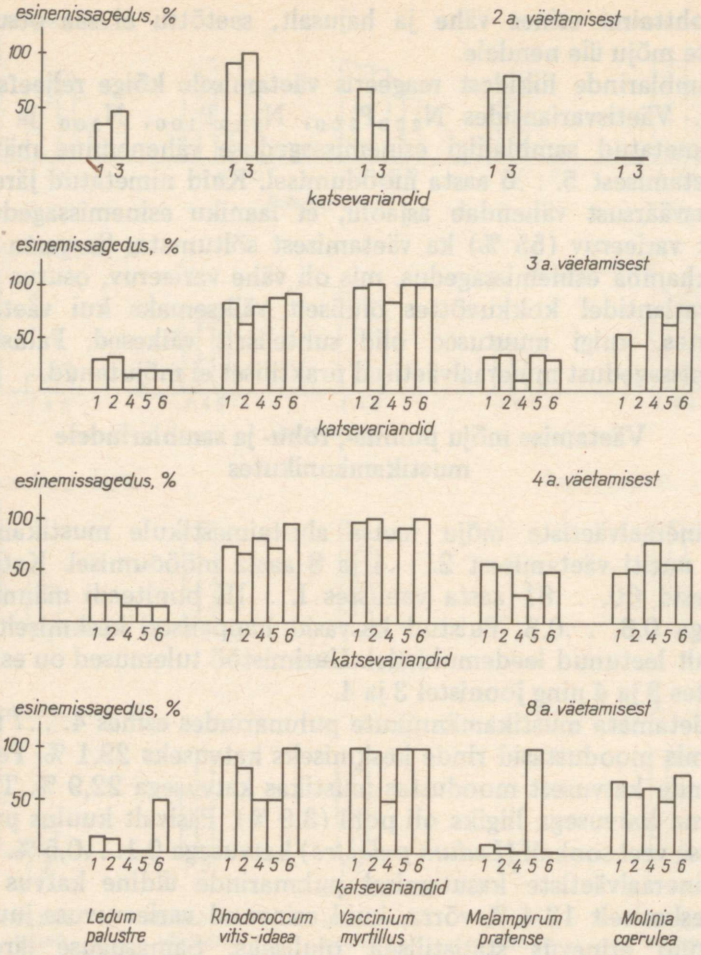
Mineraalväetiste mõju metsa alustaimestikule mustikamännikutes uuriti väetamisest 2. . .4 ja 8 aasta möödumisel. Katsealad paiknesid 60. . .81 aasta vanustes I. . .III boniteedi männikutes täiusega 0,6. . .0,8. Puistud kasvasid happelistel keskmiselt kuni tugevalt leetunud leedemuldadel. Uurimistöö tulemused on esitatud tabelites 3 ja 4 ning joonistel 3 ja 4.

Väetamata mustikamännikute puhmarindes esines 4. . .7 taimeliiki, mis moodustasid rinde keskmiseks katvuseks 29,1 %. Peamise osa rinde katvusest moodustas mustikas katvusega 22,9 %. Teiseks suurema katvusega liigiks oli pohl (3,9 %). Püsivalt kuulus puhmarindesse veel sookail (*Ledum palustre*) katvusega 0,1. . .0,5 %.

Mineraalväetiste kasutamisel puhmarinde üldine katvus vähenes keskmiselt 13,4 % võrra, kuid esinenud varieeruvuse juures ei osutunud erinevus statistiliselt oluliseks. Samasuguse järelduse võis teha ka puhmarinde peamiste komponentide pohla ja mustika katvuse muutumise kohta pärast väetamist.

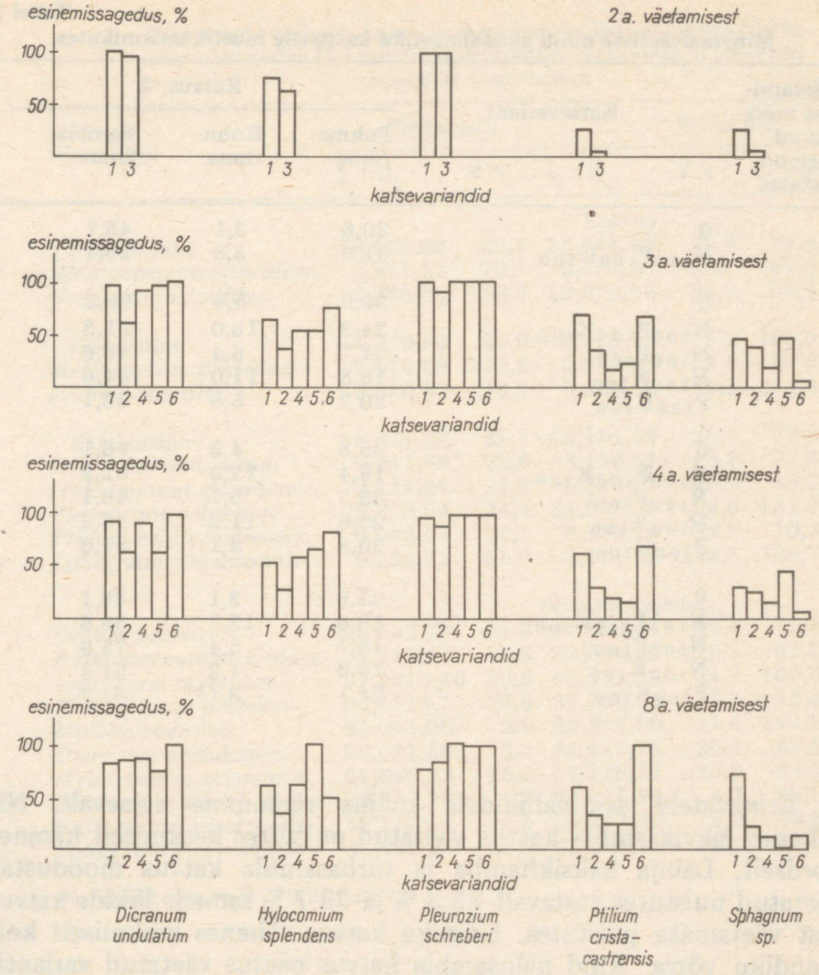
Rohurinde keskmine katvus väetamata variantides oli 4,3 %, mille moodustasid 3. . .7 rohttaime. Püsivamate komponentidena kuulusid rohurindesse karvane piiphein, palu-härghein ja harilik sinihelmikas (*Molinia coerulea*). Väetamisest 2. . .4 aasta möödumisel rohurinde keskmine katvus tõusis 1,9 korda, seda hariliku sinihelmika katvuse kahekordistumise arvel. Kõige soodsam näis olevat täismineraalväetise mõju, mida oli märgata veel väetamisest 8 aasta möödumisel. P. Tälli (1976) andmetel sinihelmika katvus täisväetisega väetamise korral suurenes kontrollvariandiga võrreldes kuni kolm korda.

Samblarinde moodustasid väetamata mustikamännikutes pea-



Joonis 3. Peamiste puhma- ja rohurinde liikide esinemissagedus mustikamännikutes väetamisest 2. . .4 ja 8 aasta möödusmisel. Katsevariandid: *1* — O; *2* — $N_{100}P_{100}K_{100}$; *3* — $N_{150}P_{100}K_{100}$; *4* — $N_{100}P_{100}$; *5* — $N_{100}K_{100}$; *6* — $P_{100}K_{100}$.

miselt lainjas kaksikhammas, laanik, palusammal, lehviksammal (*Ptilium crista-castrensis*) ja turbasammal (*Sphagnum girgensohnii*). Samblarinde keskmine katvus oli 58,3 % varieeruvusega 21,7 %. Ligemale poole samblarinde üldkatvusest moodustas palusammal katvusega 25,8 %.



Joonis 4. Peamiste samblarinde liikide esinemissagedus mustikamännikutes väetamisest 2. . .4 ja 8 aasta möödumisel. Katsevariandid: *1* — O; *2* — $N_{100}P_{100}K_{100}$; *3* — $N_{150}P_{100}K_{100}$; *4* — $N_{100}P_{100}$; *5* — $N_{100}K_{100}$; *6* — $P_{100}K_{100}$.

Vaadeldes väetamise mõju samblarinde katvusele näeme, et esimestel väetamisjärgsetel aastatel (2. . .4) see vähenes 17,5 % võrra. Seejuures väetiskombinatsioonid, mille koostisse kuulus lämmastik, mõjusid sammaldele hävitavamalt kui fosfor- ja kaaliumväetised.

Tabel 3

Mineraalväetiste mõju alustaimestiku katvusele mustikamännikutes

Väetamisest möödunud periood, aastates	Katsevariant	Katvus, %		
		Puhmarinne	Rohurinne	Samblarinne
	0	20,6	3,1	43,7
2	$N_{150}P_{100}K_{100}$	31,6	3,8	20,4
	0	30,9	5,4	65,2
3	$N_{100}P_{100}K_{100}$	24,3	13,0	51,3
	$N_{100}P_{100}$	31,7	6,4	46,6
	$N_{100}K_{100}$	18,8	11,0	44,6
	$P_{100}K_{100}$	20,9	5,8	63,1
	0	35,8	4,3	66,1
4	$N_{100}P_{100}K_{100}$	19,4	12,0	51,9
	$N_{100}P_{100}$	33,5	5,7	46,1
	$N_{100}K_{100}$	25,6	11,2	48,2
	$P_{100}K_{100}$	20,8	3,1	61,0
	0	23,6	3,1	86,1
8	$N_{100}P_{100}K_{100}$	19,0	12,5	59,6
	$N_{100}P_{100}$	15,7	5,4	75,9
	$N_{100}K_{100}$	18,9	1,3	91,4
	$P_{100}K_{100}$	24,1	3,1	81,7

Erinevatele samblaliikidele mõjus väetamine erinevalt. Nii vähenes lehviksambla katvus väetatud puistutes keskmiselt kümnekordselt. Lainja kaksikhamba ja turbasambla katvus moodustas väetatud puistutes vastavalt 33,3 % ja 33,7 % samade liikide katvusest väetamata puistutes. Laaniku katvus vähenes keskmiselt kolmandiku võrra. Kuid palusambla katvus osutus väetatud variantides 32 % võrra suuremaks vastava liigi katvusest kontrollvariantides. Saadud tulemused sammalde väetamisjärgse katvuse muutuste osas on aga materjali suure varieeruvuse tõttu vähe usaldusväärsed.

Andmed puhma-, rohu- ja samblarinde liikide esinemissageduse kohta on esitatud tabelis 4 ja joonistel 3 ja 4. Peamistest puhmarinde liikidest oli esinemissagedus sookailul 28,5 %, pohlal 82,7 % ja mustikal 87,5 %. Kindlasuunalisi muutusi nende liikide esinemissageduses väetamisjärgsel perioodil ei täheldatud; kord vastav näitaja suurenes, teisal vähenes. Ilma kindla seaduspärasuseta muutus väetamisjärgsel perioodil ka palu-härgheina esinemissagedus. Seevastu sinihelmika puhul ilmnes 3. . .4 väetamisjärgsel aastal tendents esinemissageduse suurenemisele, mis moodustas keskmiselt

Tabel 4

Tähtsamate puhma-, rohu- ja samblarinde liikide katvus (%) ja esinemissagedus (%) mustikamännikutes väetamata ja väetatud variantide keskmisena

Rinne, liik	Väetamata		Väetatud		
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V %	% kontrollist
			Katvus		
Puhmarinne	29,1±4,48	26,7	25,2±1,92	22,9	86,6
Rhododoccum vitis-idaea	3,9±1,61	70,7	3,4±1,05	93,1	87,2
Vaccinium myrtillus	22,9±5,76	43,6	19,6±2,26	34,6	85,6
Rohurinne	4,3±0,66	27,0	8,0±1,26	47,3	186,0
Melampyrum pratense	0,8±0,58	121,4	0,2±0,04	66,1	25,0
Molinia coerulea	3,5±0,50	20,2	7,5±1,23	46,8	214,3
Samblarinne	58,3±7,32	21,7	48,1±4,09	25,5	82,5
Dicranum undulatum	9,3±1,69	31,6	3,1±0,51	48,7	33,3
Hylocomium splendens	9,1±1,27	24,2	5,8±0,97	49,9	63,7
Pleurozium schreberi	25,8±3,64	24,4	34,0±3,35	29,6	131,8
Ptilium crista-castrensis	2,9±0,58	34,1	0,3±0,10*	92,5	10,3
Sphagnum girgensohnii	9,2±2,71	51,2	3,1±1,29	123,8	33,7
			Esinemissagedus		
Ledum palustre	28,5±2,49	15,2	21,6±3,41	47,4	75,8
Rhododoccum vitis-idaea	82,7±5,41	11,3	82,0±4,39	16,1	99,2
Vaccinium myrtillus	87,5±10,40	20,6	88,0±7,24	24,7	100,6
Melampyrum pratense	52,1±10,7	35,6	37,7±6,76	53,7	72,4
Molinia coerulea	51,0±1,00	2,8	63,3±4,80	21,4	124,1
Dicranum undulatum	96,5±1,88	3,4	84,5±5,75	20,4	87,6
Hylocomium splendens	64,6±6,03	16,2	57,7±5,77	30,0	89,3
Pleurozium schreberi	99,3±0,70	1,2	97,9±1,39	4,2	98,6
Ptilium crista-castrensis	52,1±13,7	45,4	31,5±7,65	72,9	60,5
Sphagnum girgensohnii	33,4±5,56	28,8	22,9±5,61	73,5	68,6

*oluliselt erinev B > 0,95 juures

25 %. Kuid väetamisest 8 aasta möödumisel oli sinihelmika esinemissagedus töödeldud puistutes langenud kontrollvariandi tasemest madalamale.

Väetamata puistute samblarindes esinesid kõige väiksema sagedusega turbasammal (33,4 %) ja lehviksammal (52,1 %). Ühtlasi oli väetamisjärgne esinemissageduse langus nimetatud liikidel suhteliselt kõige suurem, vastavalt 31,4 ja 39,5 %. Ka väetamisest 8 aasta möödumisel oli nende sammalde esinemissagedus märgatavalt väiksem kui kontrollil. Lainja kaksikhamba ja laaniku esinemissagedus vähenes nelja väetamisjärgse aasta keskmisena 11. . .12 %, kusjuures võis täheldada täisväetise tugevamat negatiivset toimet ülejäänud väetiskombinatsioonidega võrreldes. Palusambla esinemis-

sagedus väetatud puistutes üldiselt ei vähenenud, 8 aasta möödumisel väetamisest oli see väetatud variantides koguni suurem kui kontrollil. Saadud tulemuste hindamisel tuleb arvestada asjaolu, et kirjeldatud esinemissageduse muutused olid materjali suurest varieeruvusest tulenevalt statistiliselt mitteolulised.

Kokkuvõte

Kasutatud metoodika mineraalväetiste mõju hindamiseks metsa alustaimestikule andis erinevaid tulemusi puhma-, rohu- ja samblarinde puhul. Tingituna puhmaste ja rohttaimede ebakorrapärasest paiknemisest puurinde all, andis kasutatud prooviruutude arv (24 väetisvariandil) süstemaatilise paigutuse juures sedavõrd varieeruvad tulemused, et väetatud ja väetamata variantide vahelised katvuse ja esinemissageduse suhteliselt suured erinevused osutusid statistiliselt mitteolulisteks. Paremaid tulemusi andis kasutatud meetod samblarinde väetamisjärgsete muutuste selgitamisel, seda eriti pohla kasvukohatüübis, kus samblarinne oli peaaegu pidev. Eespool-öeldut arvestades ei tule alustaimestiku väetamisjärgsete muutuste käsitlemisel tehtud järeldusi tõlgendada üldistavalt, vaid kui tendentsi viitamaks ühele või teisele nähtusele.

Väetatud pohlamännikutes suurenes puhmarinde katvus 8 väetamisjärgse aasta kestel keskmiselt 25 % võrra. Peamistest liikidest kanarbiku katvus tõusis 1,6 korda, mustika katvus 1,4 korda ja pohla katvus 1,2 korda. Mustika kasvukohatüübis nii puhmarinde üldine katvus kui ka rinde peamiste komponentide katvus vähenesid 13. . .14 % võrra.

Rohurinne oli suhteliselt liigivaene ja madala katvusega mõlemas vaadeldud kasvukohatüübis. Pohlamännikutes võis täheldada rohttaimede katvuse tõusu suurte lämmastikukoguste (N_{200}. . .N_{500}) kasutamisel. Rohurindesse lisandusid metskastik, ahtalehine põdrakanep, harilik vaarikas ja väike oblikas. Mustikamännikutes tõusis väetamisjärgselt rohurinde katvus sinihelmika katvuse kahekordistumise arvel.

Puhma- ja rohurinde liikide esinemissagedused muutusid üldiselt kindla seaduspärasuseta. Mustikamännikutes ilmnes tendents sinihelmika esinemissageduse suurenemisele 3. . .4 väetamisjärgsel aastal.

Väetamise mõju metsa alustaimestikule ilmnes kõige selgemini samblarinde puhul. Väetatud pohlamännikutes vähenes samblarinde katvus 26 % võrra, väetatud mustikamännikutes 18 % võrra. Seejuures väetiskombinatsioonid, mille koostisse kuulus lämmastik

(eriti doosid N_{200}. . .N_{500}), mõjusid sammaldele hävitavamalt kui fosfor- ja kaaliumväetised. Liikidest osutusid väetiste suhtes tundlikumateks lehviksammal ja turbasammal – nende liikide katvus ja esinemissagedus vähenesid oluliselt (katvus vastavalt 90 % ja 66 %, esinemissagedus 40 % ja 31 %). Ka lainja kaksikhamba ja laaniku katvus vähenes väetatud puistutes (vastavalt 45. . .67 % ja 4. . .36 %), kuid esinemissagedus muutus vähe. Kõige vastupidavam väetisele oli palusammal; tema esinemissagedust väetamine praktiliselt ei mõjutanud, katvus töödeldud pohlamännikutes küll vähenes (27 %), kuid mustikamännikutes, vastupidi, kasvas (32 %).

KIRJANDUS

The effect of fertilization on a pine forest ecosystem in an industrial region. III. Herbs. Auth.: M. Gusikowa, E. Latôcha, E. Pancer-Kotejowa, K. Zarzycki. — In: Ekologia polska, 1976, vol. XXIV, N 3.

Tälli, P. Mineraalväetiste mõju mustikamänniku alustaimestikule. — Metsamajandus II, 1976.

Tälli, P., Veermets, M. Pohlamännikute alustaimestiku muutumisest mineraalväetiste toimel. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XIV. Tln., 1979.

Tälli, P., Veermets, M. Rabamännikute alustaimestiku muutumisest mineraalväetiste toimel. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XVII. Tln., 1982.

Veermets, M. Väetamise mõjust mõnede Eesti NSV metsatüübirühmade alustaimestikule. Diplomitöö. Trt., 1975.

Аршинова Г. И. Влияние удобрений на изменение состава и массы напочвенного покрова в сосняках южного Подмосковья. — В сб.: Пути и методы лесорастительной оценки почв и повышения их продуктивности. Тезисы докладов Всесоюзного совещания. М., 1980.

Бельков В. П., Мартынов А. Н., Омельяненко А. Я. Регулирование травяного покрова в лесу. М., 1974.

Казимиров Н. И., Куликова В. К., Морозова Р. М. Применение удобрений в лесах Карелии. Петрозаводск, 1974.

Казимиров Н. И., Куликова В. К. Некоторые итоги исследований по применению удобрений в лесах Карелии. — В сб.: Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Материалы второго координационного совещания. Тарту, 1977.

Коржицкий В. Д. Влияние верескового покрова в сосняках в связи с применением азотных удобрений. — Уч. зап. Петрозаводск. ун-та, 1975, т. 22, № 3.

Листов А. А. Сосняки лишайниковые Европейского Севера. — Лесное хозяйство, 1980, № 1.

Ронконен Н. И., Куликова В. К. Влияние удобрений на развитие напочвенного покрова. — В сб.: Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере. Петрозаводск, 1977.

Савельеў В. В., Рахцеенка Л. І. Уплыў калійных угнаенняў на живое наглебавае покрыва ў сасняку імшыстым. — Весці АН БССР. Сер. біял. н., 1979, № 4.

Сацениекс Р. Я., Капост В. Я. Минеральные удобрения в лесном хюзяйстве Латвии. — Лесное хозяйство, 1975, № 10.

Сукачев В. Н. Руководство к исследованию типов лесов. М.-Л., 1930.

Уайльд С. А. Влияние сорной растительности на прирост лесных насаждений. — Лесоведение, 1969, № 1.

Черноусов В. И., Серый В. С., Бахвалов Ю. М. Применение азотных удобрений в сосняке-брусничнике. — Лесное хозяйство, 1978, № 6.
Шумаков В. С. Применение минеральных удобрений в лесах. — Лесоведение, 1971, № 4.
Шутов И. В., Бельков В. П., Мартынов А. Н. Перспективы ускоренного выращивания древесины в таежной зоне. — Лесное хозяйство, 1972, № 7.

О ВЛИЯНИИ УДОБРЕНИЯ НА ЖИВОЙ НАПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ СОСНЯКОВ-БРУСНИЧНИКОВ И СОСНЯКОВ-ЧЕРНИЧНИКОВ

Х. СЭЭМЕН

Резюме

В удобренных сосняках-брусничниках покрытие кустарничкового яруса увеличилось за 8 лет после удобрения в среднем на 25 %. Из главных видов покрытие вереска повысилось в 1,6 раза, покрытие черники в 1,4 раза и покрытие брусники в 1,2 раза. В черничном типе местопроизрастания как общее покрытие кустарничкового яруса, так и покрытие основных компонентов яруса уменьшились на 13. . .14 %.

В сосняках-брусничниках отмечалось увеличение покрытия травянистых растений при применении больших доз азота (N_{200}. . .N_{500}). Травянистый ярус пополнился вейником тростниковидным, хаменерионом узколистным, малиной обыкновенной и щавелем воробьиным. В сосняках-черничниках после внесения удобрений покрытие травянистого яруса увеличилось за счет удвоения покрытия молинии голубой.

Влияние удобрения на живой напочвенный покров леса проявилось отчетливее всего в моховом ярусе. В удобренных сосняках-брусничниках покрытие мохового яруса уменьшилось на 26 %, а в удобренных сосняках-черничниках — на 18 %. Причем комбинации удобрений, в состав которых входил азот (особенно дозы N_{200}. . .N_{500}), влияли на мхи губительнее, чем фосфорные и калийные удобрения. Из видов в отношении удобрений самыми чувствительными оказались сфагнум и птилиум гребенчатый, покрытие которых уменьшилось соответственно на 66 % и 90 %. Также существенно уменьшилось в удобренных насаждениях покрытие дикранума многоножкового и гилокомиума блестящего (соответственно на 45. . .67 % и 4. . .36 %). Покрытие плевроциума Шребера в удобренных сосняках-брусничниках уменьшилось на 27 %, а в сосняках-черничниках увеличилось на 32 %.

INFLUENCE OF FERTILIZATION UPON GROUND COVER OF RHODOCOCCUM VITIS-IDAEA AND VACCINIUM MYRTILLUS SITE-TYPE PINE STANDS

H. SEEMEN

Summary

In fertilized *Rhodococcum vitis-idaea* site-type pine stands, the shrub-layer cover increased, on an average, by 25 % in 8 years subsequent to fertilization. From amongst the principal species, the *Calluna vulgaris* cover increased by 1.6 times, the *Vaccinium myrtillus* cover by 1.4 times and the *Rhodococcum vitis-idaea* cover by 1.2 times. In *Vaccinium myrtillus* site-type, the general shrub-layer cover as well as the cover of the principal components of the layer decreased by 13 — 14 %.

In *Rhodococcum vitis-idaea* site-type pine stands, an increase in the herbaceous plant cover was noticed on use of large rates of nitrogen (N_{200}-N_{500}). The herb layer was supplemented by *Calamagrostis arundinacea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Rubus idaeus*, *Rumex acetosella*. In *Vaccinium myrtillus* site-type pine stands, the increase in the herb layer was on account of doubling of *Molinia coerulea* cover.

The influence of fertilization upon the ground cover of the forest was most clearly noticed in case of moss layer. In fertilized *Rhodococcum vitis-idaea* site-type pine stands, the moss-layer cover was decreased by 26 %, whereas in fertilized *Vaccinium myrtillus* site-type pine stands by 18 %, where fertilizers containing nitrogen (especially doses N_{200}-N_{500}) had a more devastating effect than those containing phosphorous and potassium. From amongst the moss species, the most sensitive to fertilizers were *Sphagnum* sp. and *Ptilium crista-castrensis*, the covers of which decreased by 66 % and 90 % respectively. The covers of *Dicranum undulatum* and *Hylocomium splendens* also decreased substantially (45—67 % and 4—36 % respectively) in fertilized stands. Whereas *Pleurozium schreberi* cover decreased (27 %) in fertilized *Rhodococcum vitis-idaea* site-type pine stands, it increased (32 %) in *Vaccinium myrtillus* site-type pine stands.

JÕHVIKA VÄETAMISKATSETE TULEMUSTEST TANIPALU SOOS

U. VALK, P. PETERSON

Viimasel ajal on Nõukogude Liidus rajatud mitmeid katsealasid väetiste mõju selgitamiseks jõhvikasaagile (Буткус, 1966; Буткус, Будрюнене, Рипа, 1980; Баранова, Черкасов, 1980; Прокшин, 1980; Черкасов, 1980, 1981; Дъяконова, Горбунов, 1983 jt.). Eesti NSV-s rajati esimesed taolised tootmiskatsed 1970-ndate aastate algul.

EPA Järvselja õppe-katsemetsamajandi piires asuv Ahunapalu (Peravalla) soo kv. 11 väetati lennukilt pulbrilise superfosfaadiga annusega 300 kg/ha 1973. aasta juunis; sama soo kõrval asuv kvartal jäeti väetamata. Tingimused jõhvika viljumiseks ja marjasaak enne väetamist olid mõlemal kvartalil enam-vähem ühesugused. 1974. aasta septembris, s. o. aasta pärast väetamist, saadi Eesti Metsainstituudi metsaparanduse labori hinnangul marjasaagiks Ahunapalu soo väetatud alal 29 kg/ha ja väetamata alal 340 kg/ha. Samadel soo-osadel korrati jõhvikasaagi määramist ka järgmisel ja ülejärgmisel aastal, rakendades selleks Arhangelski Metsa- ja Metsakeemia Instituudi poolt soovitatud metoodikat, mis võimaldab määrata marjasaaki 10 % täpsusega (Рекомендации . . ., 1975). Keskmiseks marjasaagiks saadi 1975. aastal väetatud soos 5 kg/ha ja väetamata soos 49 kg/ha; 1976. aastal (s. o. kolme aasta pärast) väetatud soos 84 kg/ha ja väetamata soos 149 kg/ha. Andmed 1975. ja 1976. aastal korjatud marjade suuruse ja massi kohta on toodud tabelis 1.

Toodud andmetest nähtub, et väetamisjärgsetel aastatel oli jõhvikasaak Ahunapalu soos superfosfaadiga väetatud alal väiksem, marjad väiksemad ja kergemad kui väetamata alal. Kuna siiski jäi kahtlus, et väetis, külvatuna lennukilt, ei langenud ühtlaselt ja täpselt, mistõttu väetamiseks ettenähtud maa-alast võis osa jääda väetamata, teine osa aga saada väetist ettenähtud normist mitu korda

Tabel 1

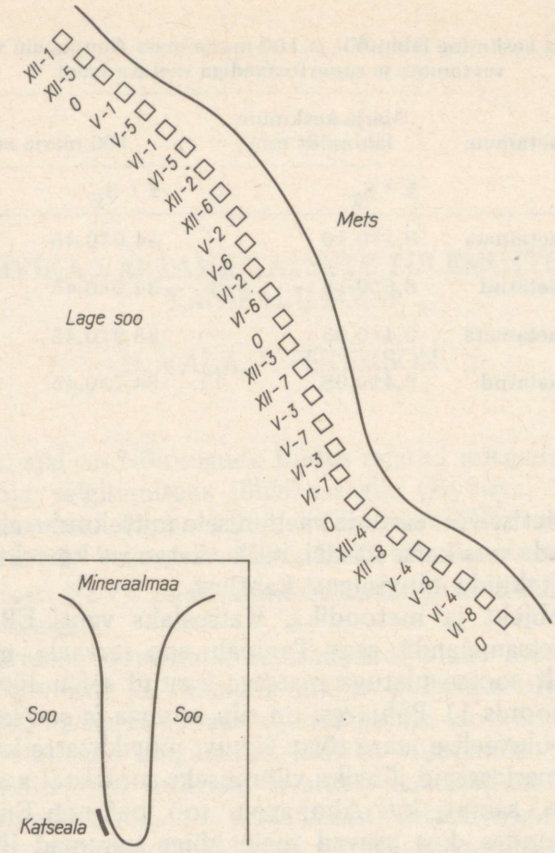
Marja keskmine läbimõõt ja 100 marja mass Ahunapalu soos väetamata ja superfosfaadiga väetatud alal

Aasta	Väetamine	Marja keskmine läbimõõt mm		100 marja mass g	
		$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	t
1975	Väetamata	9,1±0,10	—	44,0±0,45	—
	Väetatud	8,6±0,18	2	34,0±0,45	16
1976	Väetamata	9,4±0,05	—	38,9±0,45	—
	Väetatud	8,4±0,08	11	34,7±0,45	7

rohkem ja väetist võis sattuda väetamisele mittekuuluvale soo-osale, otsustati rajada uus katse käsitsi, mille väetamise korrektsuse suhtes ei saa hiljem tekkida mingisugust kahtlust.

Uurimisobjekt ja metoodika. Katsealaks valiti EPA Järvselja õppe-katsemetsamajandis asuv Tanipalu soo servaala, mis paikneb mineraalmaalt soosse ulatuva metsaga kaetud seljandiku lõpuosast lääne pool (joonis 1). Põhjavesi on siin arumaa ja soo kokkupuutealal oleva vooluveelise märe tõttu liikuv, jõhvikavarte katvus ühtlaselt suur ja marjasaagid jõhvika viljumiseks soodsatel aastatel head. Tanipalu soo, samuti kui Ahunapalu soo, paikneb Emajõe alamjooksu piirkonnas, kus asuvad meie kõige paremad jõhvikasood.

Tanipalu soosse jõhvika väetamiskatse rajamisega alustas Eesti Metsainstituut 1974. aasta hilissügisel. Vaiadega tähistati iga 5 m tagant 28 katselappi mõõtmetega 10 x 10 m, mis asusid reas rööbiti soo servaga sellest kuni 50 m kaugusel. Katseala kattis jõhvikavartest läbi põimitud tihe turbasamblavaip. Turbasammalde katvus oli 99. . .100 %, jõhvikal 25. . .30 %, tupp-villpeal ja hanevitsal 5. . .10 %; vähesel määral kasvas mudatarna, pudeltarna, küüvitsat, rabakat ja ümaralehist huulheina. Katselapid väetati käsitsi granuleeritud superfosfaadiga 1975. aastal. Kasutati järgmisi katsevariante, mis kõik rajati neljas korduses: 1 — väetamata; 2 — superfosfaati 900 kg/ha, külvati 25. mail, mil jõhvikatel olid selgesti nähtavad õienupud; 3 — superfosfaati 300 kg/ha, külvati 25. mail; 4 — superfosfaati 900 kg/ha, külvati 16. juunil jõhvikate õitsemise ajal; 5 — superfosfaati 300 kg/ha, külvati 16. juunil; 6 — superfosfaati 900 kg/ha, külvati 18. detsembril 25. . .30 cm paksusele lumikattele ja 7 — superfosfaati 300 kg/ha, külvati 18. detsembril.



Joonis 1. Tanipalu soo katseala skeem. *O* — väetamata, *V* — väetatud 22. mail 1975, *VI* — väetatud 16. juunil 1975, *XII* — väetatud 18. detsembril 1975, *1. . .4* — superfosfaati 300 kg/ha, *5. . .8* superfosfaati 900 kg/ha.

Marjad korjati katsealalt aastatel 1975. . .1981 enne üldsusele lubatud jõhvika korjamisaja algust.

1975. aastal korjati igalt katselapilt kõik marjad, kusjuures lapp jagati neljaks 25 m^2 suuruseks osaks. Nii saadi igalt katselapilt neli ja igalt katsevariandilt 16 marjapartiid, mis hiljem kaaluti ja mõõdeti. Kuna selline viis osutus ülemäära aeganõudvaks ja marjapartiide arv jäi statistilisteks arvutusteks väikeseks, korjati alates 1976. aastast jõhvikad 1 m^2 suuruste lappide kaupa. Igalt katse-

lapilt korjati marjad 25-lt ruudult, mille tulemusena iga katsevariandi kohta saadi 100 marjapartiid. Nende massi alusel arvutati jõhvika hektarisaak iga katsevariandi kohta.

100 marja massi määramiseks kaaluti 0,1 g täpsusega iga katselapi kohta 10 marjapartiid, kusjuures igas partiis oli 100 juhuslikult valitud marja. Iga katsevariandi kohta tuli 40 kaalutist. Keskmise marja läbimõõdu leidmiseks loeti marjade arv 30 cm pikkusel rennil, selliseid mõõtmisi tehti iga katselapi kohta 10 (iga katsevariandi kohta 40). Saadud andmestiku põhjal arvutati 100 marja keskmine mass ja marja keskmine läbimõõt.

Väetamise mõju selgitamiseks jõhvikate säilivusele täideti katsevariantide kaupa klaaspurgid jõhvikatega. Igalt katsevariandilt säilitati kaks marjapartiid, üks kuivalt, teine veeshoituna. Purgid suleti kilega ja hoiti keldris järgmise aasta kevadeni, mil määrati riknenud marjade protsent.

Marjade keemiline koostis (veesisaldus, mahla kuivainesisaldus, tiitritav happesus, monosahhariidid, sahharoos, askorbiinhape, pektiinained) määrati 1975., 1976., 1977. ja 1978. aastal Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi Polli Katsebaasis, kusjuures igas katsevariandis analüüsiti 3 marjapartiid ja arvutati nende keskmine.

Väetamise mõju marja suurusele ja massile. Superfosfaadiga väetamise mõju jõhvikamarja suurusele näitavad tabelis 2 toodud andmed. Esimestel väetamisjärgsetel aastatel oli väetise mõju jõhvikale enamasti negatiivne, pärast seda aga 1. . .3 aasta vältel positiivne. 1975. ja 1976. aastal oli marja keskmine läbimõõt kontrollvariandil enamasti oluliselt suurem, järgneva 1. . .3 aasta jooksul aga väiksem kui enamikel väetusvariantidel. Superfosfaadi suurema annuse (900 kg/ha) halvav mõju marja kasvule oli esimestel aastatel tugevam ja järgmistel aastatel soodustav mõju nõrgem kui väiksema annuse (300 kg/ha) mõju. Kevadisel väetamisel (22. mai) ei olnud suvise (16. juuni) ega talvise (18. detsember) ees mingisuguseid eeliseid; pigem oli see suurema väetise annuse puhul vastupidine, kevadine väetamine pidurdas esialgu marja kasvu enam kui hilisem väetamine.

Superfosfaadiga väetamise mõju jõhvikamarja keskmisele massile (tabel 3, joonis 2) oli enam-vähem samalaadne kui marja keskmisele läbimõõdule. Väetatud katselappidel oli marja mass väetamise aasta sügisel oluliselt väiksem kui kontrollvariandil, kusjuures suurema väetise annuse korral vähenes marja mass rohkem kui väiksema annuse korral. Järgmisel, 1976. aastal oli väetamise negatiivne mõju marja massile kadunud ja asendumas positiivse mõjuga. 1977. ja 1978. aastal oli keskmine mari enamikel väetus-

Marja keskmine läbimõõt (mm) Tanipalu soos väetamata ja

Aasta	Väetamata		Väetamise aeg ja 22. mai 1975			
			900		300	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%
1975	9,4±0,15	100	8,1±0,13*	86	8,9±0,09*	95
1976	10,1±0,04	100	9,8±0,04*	97	10,0±0,06	99
1977	10,0±0,08	100	10,2±0,04**	102	10,5±0,05**	105
1978	10,3±0,12	100	10,7±0,06**	104	10,7±0,09**	104
1979	10,2±0,05	100	10,1±0,09	99	10,5±0,13**	103
1980	10,2±0,13	100	10,0±0,06	98	10,1±0,10	99
1981	10,0±0,09	100	9,9±0,10	99	10,1±0,24	101

* Kontrollvariandist oluliselt väiksem B > 0,95 juures
** Kontrollvariandist oluliselt suurem B > 0,95 juures
[1] Väetati pärast marjade korjamist

100 marja keskmine mass (g) Tanipalu soos väetamata ja

Aasta	Väetamata		Väetamise aeg ja 22. mai 1975			
			900		300	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%
1975	42,3±1,41	100	28,7±0,90*	68	34,3±0,59*	81
1976	50,0±0,46	100	51,9±0,78	104	52,6±1, 29	105
1977	51,2±0,90	100	54,7±0,43**	107	57,1±0,89**	112
1978	57,1±1,10	100	58,6±1,27	103	64,1±1,41**	112
1979	43,3±2,07	100	42,9±2,10	99	39,3±2,54	91
1980	48,8±0,33	100	49,5±1,06	101	51,8±1,28**	106
1981	46,2±1,36	100	50,8±0,74**	110	51,3±1,00**	111

* Kontrollvariandist oluliselt väiksem B > 0,95 juures
** Kontrollvariandist oluliselt suurem B > 0,95 juures
[1] Väetati pärast marjade korjamist

variantidel oluliselt raskem kui kontrollvariandil; superfosfaadi väiksem annus (300 kg/ha) mõjus marja massi tõusule rohkem kui suurem annus (900 kg/ha). Väetise võrdse annuse korral mõjus jõhvikate väetamine nende õitsemise ajal (16. juunil) marja kasvule soodsamalt kui väetamine kuu aega varem (22. mai), mil jõhvikad

Tabel 2

superfosfaadiga väetatud alal aastatel 1975. . .1981

annus kg/ha

16. juuni 1975				18. detsember 1975			
900		300		900		300	
$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%
8,5±0,15*	90	9,3±0,19	99	9,4±0,15[1]	100	9,3±0,20[1]	99
9,6±0,06*	95	10,6±0,02**	105	9,5±0,09*	94	9,6±0.02*	95
10,7±0,10**	107	11,0±0,17**	110	10,6±0,06**	106	10,1±0,17	101
11,1±0,12**	108	11,3±0,13**	110	10,5±0,10	102	10,6±0,10	103
10,2±0,11	100	10,6±0,09**	104	10,4±0,07**	102	10,0±0,09	98
10,1±0,13	99	10,6±0,17	104	10,2±0,08	100	10,0±0,21	98
10,1±0,13	101	10,5±0,15**	105	10,2±0,09	102	10,9±0,30**	109

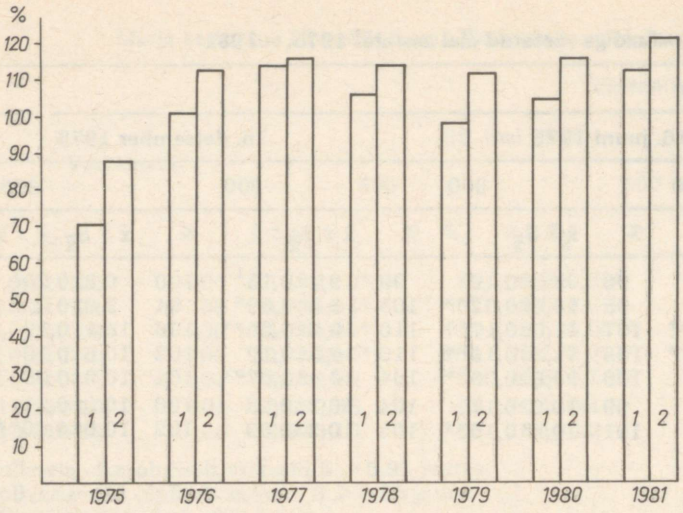
Tabel 3

superfosfaadiga väetatud alal aastatel 1975. . .1981

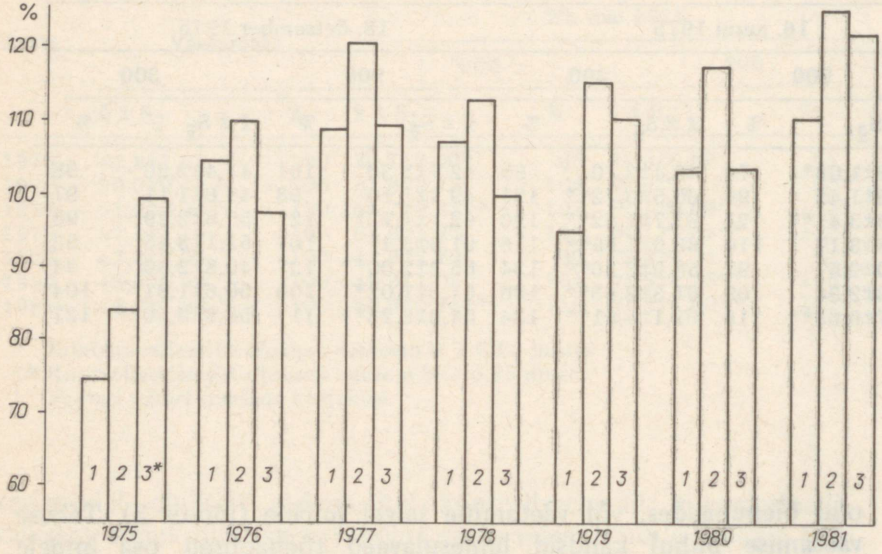
annus kg/ha

16. juuni 1975				18. detsember 1975			
900		300		900		300	
$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%
30,8±1,08*	73	40,4±2,10	95	42,7±1,30[1]	101	41,4±2,20[1]	98
49,6±1,42	99	60,5±0,72**	121	49,1±1,10	98	48,6±1,11	97
61,9±3,41**	121	61,7±1,82**	120	62,1±1,13**	121	50,8±2,29	98
62,8±3,17	110	66,0±1,55**	116	61,0±3,47	107	53,1±3,45	93
42,0±2,57	97	58,0±2,30**	134	55,2±2,00**	127	40,8±2,86	94
53,3±2,34	109	61,3±2,63**	126	51,3±1,02**	105	50,6±1,81	104
53,7±0,63**	116	62,1±5,01**	134	54,0±2,23**	117	58,8±3,50**	127

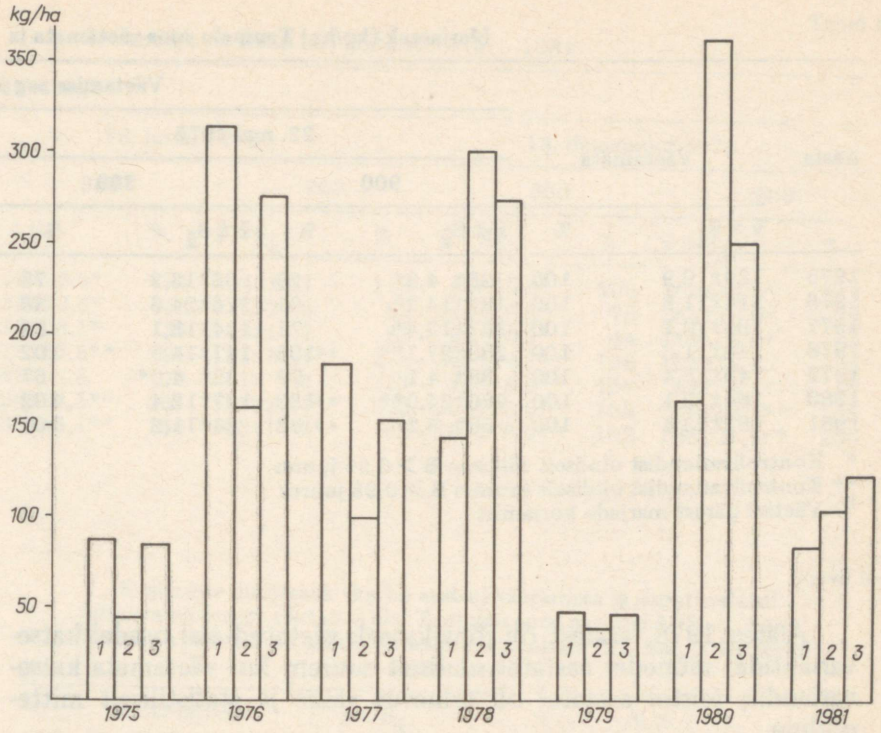
olid õiepungades, või väetamine talvel lumele (joonis 3). Talvise väetamise puhul kandsid lumesulaveed tõenäoliselt osa lumele külvatud väetisest minema. Jõhvika viljumiseks soodsatel aastatel, mil marjasaak oli suurem (1976, 1978, 1980) olid ka marjad raskemad kui madalama saagikusega aastatel.



Joonis 2. 100 marja mass (%-des kontrollist) Tanipalu soos superfosfaadi erineva annusega väetatud aladel. Andmed on kahe väetamisaja (22. mai ja 16. juuni) keskmised. *1* — 900 kg/ha, *2* — 300 kg/ha.



Joonis 3. 100 marja mass (%-des kontrollist) Tanipalu soos superfosfaadiga eri aegadel väetatud katsevariantidel. Andmed on kahe väetisannuse (300 ja 900 kg/ha) keskmised. *1* — väetatud 22. mail, *2* — 16. juunil, *3* — 18. detsembril. * saak korjati enne väetamist.



Joonis 4. Marjasaak (kg/ha) Tanipalu soos väetamata ja superfosfaadi erineva annusega väetatud aladel aastatel 1975. . .1981. Andmed väetatud ala kohta on kahe väetamisaja (22. mai ja 16. juuni) keskmised. *1* — väetamata, *2* — 900 kg/ha, *3* — 300 kg/ha.

Väetamise mõju marjasaagile. Jõhvika hektarisaak sõltub marjade arvust ja kesmise marja massist. Vaatamata sellele, et 1975. aasta mais ja juunis väetatud katsevariantidel olid marjad 1976. ja 1977. aastal keskmiselt 11 % raskemad (joonis 2, tabel 3), jäi jõhvikasaak neil variantidel 12. . .62 % madalamaks kui väetamata katsevariandil. Tõenäoliselt mõjus superfosfaadiga väetamine õiepungade moodustamisele ja viljumisele pärssivalt, mistõttu aastatel 1975. . .1977 oli väetatud soos enamikel katsevariantidel marju vähem ja marjasaak jäi oluliselt kehvemaks kui väetamata soos. Superfosfaadi suurema annuse (900 kg/ha) korral langes marjasaak rohkem kui väiksema annuse (300 kg/ha) puhul (tabel 4, joonis 4).

Marjasaak (kg/ha) Tanipalu soos väetamata ja

Aasta	Väetamata		Väetamise aeg ja 22. mai 1975			
			900		300	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%
1975	89± 9,9	100	26± 4,8*	29	66±13,2	75
1976	314±11,8	100	191±14,2*	61	276±24,6	88
1977	184±10,1	100	131±13,4*	71	154±18,1	83
1978	144±11,3	100	283±27,7**	196	147±14,9	102
1979	48± 5,4	100	38± 4,1	79	32± 4,0*	67
1980	164±12,1	100	296±24,0**	180	167±12,4	102
1981	83±13.4	100	68± 8,2	82	84±11,2	101

* Kontrollvariandist oluliselt väiksem B > 0,95 juures
** Kontrollvariandist oluliselt suurem B > 0,95 juures
[1] Väetati pärast marjade korjamist

Alates 1978. aastast oli jõhvikasaak väetatud alal osadel katsevariantidel mõnedel aastatel oluliselt suurem kui väetamata katsevariandil; teistel aastatel oli erinevus väike ja statistiliselt mitteoluline.

1975. . .1981. aasta jooksul saadi ühelt hektarilt jõhvikaid väetamata katsevariandil ühtekokku 1026 kg, superfosfaadiga väetatud katsevariantidelt 926. . .1492 kg (keskmiselt 1144 kg). 1975. . . 1981. aasta keskmine jõhvikasaak oli arvestatuna 1 hektari kohta kontrollvariandil 147±33,3 kg, superfosfaadi väiksema annusega (300 kg/ha) väetatud soos 173±29,3 kg/ha ja suurema annusega (900 kg/ha) väetatud katsevariantidel 159±33,6 kg/ha aastas. Kuigi väetatud katsevariantidel saadi marju seitsme aasta keskmisena rohkem, jäi erinevus kontrollvariandist siiski väikeseks ja statistiliselt mitteoluliseks (tabel 5).

Kolmest erinevast väetamise ajast osutus kõige paremaks 16. juuni (keskmine jõhvikasaak 192±35,5 kg/ha aastas), mil jõhvikad õitsesid ja kõige vähemsobivaks 22. mai (140±25,2 kg/ha), mil jõhvikatel olid õienupud selgesti nähtavad. Superfosfaadi lumele külvamise korral saadi aasta keskmiseks jõhvikasaagiks 158±21,8 kg/ha. Eri aegadel väetatud katsevariantidel jäi jõhvikasaakide omavaheline erinevus statistiliselt mitteoluliseks (tabel 6).

Andmed seitsme aasta keskmise hektarisaagi kohta katsevariandi näitavad, et ühelgi väetisvariandil ei ole marjasaak olnud olu-

Tabel 4

superfosfaadiga väetatud alal aastatel 1975. . .1981

annus kg/ha

16. juuni 1975				18. detsember 1975			
900		300		900		300	
$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%
65± 6,5*	74	104±14,1	118	94±15,5[1]	105	104±15,7[1]	117
133±10,6*	42	277±24,8	88	243±20,9*	78	244±16,0*	78
70± 8,1*	38	153±12,7	83	82±10,2*	44	115± 5,0*	63
318±37,5**	221	401±37,1**	278	227±19,7**	158	129±11,8	90
43± 4,6	90	61± 7,0	127	76± 8,0**	158	32± 5,1*	67
428±34,5**	261	333±22,4**	203	308±23,5**	188	238±16.3**	145
138±15,4**	166	163±17,2**	196	160±18,9**	193	166±21,6**	200

Tabel 5

Keskmine marjasaak (kg/ha aastas) väetamata ja superfosfaadi erineva annusega väetatud alal Tanipalu soos aastatel 1975. . .1981. Andmed väetatud ala kohta on kahe väetamisaja (22. mai ja 16. juuni) keskmised

Katsevariant	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	V %	t
Väetamata	147±33,3	100	60,1	—
Superfosfaati 300 kg/ha	173±29,3	118	63,5	0,6
900 kg/ha	159±33,6	108	79,0	0,3

Tabel 6

Keskmine marjasaak (kg/ha aastas) superfosfaadiga erinevatel aegadel väetatud katsevariantidel Tanipalu soos aastatel 1975. . .1981. Andmed on kahe väetisannuse (300 ja 900 kg/ha) keskmised

Väetamisaeg	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	V %	t
22. mai	140±25,2	100	67,4	—
16. juuni	192±35,5	137	69,1	1,2
18. detsember	158±21,8	113	51,6	0,5

liselt erinev kontrollvariandi omast (tabel 7). Kõikidel katsevariantidel on jõhvikasaak varieerunud sõltuvalt ilmastikutingimuste erinevusest aastati väga suures ulatuses. Kontrollvariandil oli marju kõige vähem 1979. aastal (48±5,4 kg/ha) ja kõige rohkem 1976. aastal (314±11,8 kg/ha). Katseala kõige suurem jõhvikasaak saadi

Tabel 7

Keskmine marjasaak (kg/ha aastas) Tanipalu soo katsealal aastatel 1975. . .1981

Katsevariant	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	%	V %	t
Väetamata	147±33,3	100	60,1	—
22. mail superfosfaati				
900 kg/ha	148±42,4	101	75,8	0,02
300 kg/ha	132±30,6	90	61,3	0,3
16. juunil superfosfaati				
900 kg/ha	171±55,1	116	85,3	0,4
300 kg/ha	213±47,4	145	59,0	1,1
18. dets. superfosfaati				
900 kg/ha	170±34,5	116	53,7	0,5
300 kg/ha	147±28,6	100	51,5	—

1980. aastal ühelt väetatud katsevariandilt (428±34,5 kg/ha), mil maa lausa punas marjadest. On vähe tõenäoline, et Eesti kõige paremates marjasoodes võiksid tegelikud jõhvikasaagid olla sellest piirist nimetamisväärselt suuremad.

Väetamise mõju marjasaagile on olnud võrreldes vegetatsiooniperioodi ilmastikutingimuste mõjuga suhteliselt väike. Superfosfaadiga väetatud soos jõhvikasaak esimestel aastatel oluliselt vähenes, järgnevatel aga suurenes. Aastate 1975. . .1981 kogusaagile aga väetamine olulist mõju ei avaldanud. Kogu uuritud seitsmeaastase perioodi kohta tehtud arvestus näitab, et jõhvika kogusaak oli ühes väetatud katsevariandis 10 % väiksem, kahes enam-vähem võrdne ja kolmes 16. . .45 % suurem kui väetamata katsevariandil, kuid mitte ühelgi juhul ei olnud erinevus kontrollvariandi ja väetatud katsevariantide vahel statistiliselt oluline (tabel 7).

Et andmed väetamise mõju kohta jõhvika marjasaagile on suure varieeruvuse tõttu paiguti ebaselged, rajati 1980. aastal Tanipalu sohu uus väike katseala, kus kasutati järgmisi neljas korduses rajatud katsevariante: O, N_{100}, P_{100}, $N_{100}P_{100}$, $N_{100}K_{100}$, $P_{100}K_{100}$, $N_{100}P_{100}K_{100}$. Selle katse põhjal ei ole praegu võimalik teha üldistusi katse lühikese kestuse ja andmete suure varieeruvuse tõttu. Esialgselt näib, et see katse kinnitab aastatel 1975. . .1981 tehtud uurimistöö tulemusi, mis näitavad, et Emajõe alamjooksul asuvate looduslike jõhvikasoode marjasaagi suurendamiseks ainuüksi fosforiga väetamisest on vähe kasu.

Väetamise mõju marja keemilisele koostisele ja säilivusele. Marjade keemilist koostist määrati 1975., 1976., 1977. ja 1978. aastal. Igalt katsevariandilt korjati analüüsimiseks kolm marjapartiid. Tabelis 8 on toodud kolme analüüsi keskmised tulemused mahla

kuivaine, monosahhariidide, sahharoosi, tiitritava happesuse, pektiinainete ja askorbiinhappe sisalduse kohta. Lisaks sellele määrati marjade veesisaldus. 1975. aastal oli see sõltuvalt katsevariandist 85. . .86 %, 1976. aastal 82. . .84 %, 1977. aastal 87. . .88 % ja 1978. aastal 88. . .89 %. Selgus, et väetamine marjade veesisaldusele kindlasuunalist mõju ei avaldanud.

Tabelis 8 toodud keemilise analüüsi tulemustest nähtub, et kõigil neljal aastal oli jõhvikamarjade sahharoosi ja askorbiinhappe sisaldus väetamata alalt korjatud marjapartiides alati suurem kui väetatud katsevariantidel. Sahharoosi sisaldus, mis määrati protsentides marja toormassist, oli 1975. aastal väetamata katsealal 0,5 ja väetatud kuue katsevariandi keskmisena 0,07, 1976. aastal vastavalt 0,2 ja 0,02, 1977. aastal 0,5 ja 0,08, 1978. aastal 0,6 ja 0,15. Jõhvikamarjade askorbiinhappe sisalduseks saadi 1975. aastal kontrollvariandil 27 ja väetatud katsevariantide keskmisena 23 mg %, 1976. aastal vastavalt 39,8 ja 26,1, 1977. aastal 42,3 ja 32,0, 1978. aastal 36,6 ja 29,7 mg %. Andmetest selgub, et superfosfaadiga väetatud alalt korjatud marjad sisaldasid askorbiinhapet 15. . .34 % vähem kui väetamata katsealalt kogutud marjad. Jõhvikate keemilist koostist iseloomustavates ülejäänud uuritud näitajates (mahla kuivaine, monosahhariidid, tiitritav happesus, pektiinained) selge ühesuunaline erinevus puudus.

Jõhvikamarjade ületalve säilivust hinnati 1976/77. aastal. 1976. aasta sügisel korjatud jõhvikad säilitati katsevariantide kaupa keldris kuivalt ja veeshoituna. Kõikide katsevariantide puhul andis jõhvikate veeshoidmine paremaid tulemusi. Veeshoituna riknes marjadest 1. . .2 %, kuivas hoidmisel 5. . .16 % (tabel 9). Väetamata ja väetatud katsevariantidelt korjatud marjade säilitavuses selget ühesuunalist erinevust ei esinenud, samuti ei mõjutanud väetamine marjade maitseomadusi.

Väetamise mõju taimkattele. Tanipalu soo katsealal takistab puude looduslikku uuenemist põhjavee maapinnalähedane tase. Seetõttu leidub siin mõnel pool nii väetatud kui väetamata katsevariantidel vaid üksikuid äärmiselt kiratsevaid põlvekõrgusi mände, millede kasvu pidurdab liigniiskus; superfosfaadiga väetamine ei ole neile silmaga nähtavat mõju avaldanud. Puhmarindes on kõige enam levinud harilik jõhvikas (frekvents 100 %). Viiendal aastal pärast väetamist oli jõhvika katvus kontrollalal 28,4±1,92 % ja superfosfaadiga väetatud alal annusega 300 kg/ha 33,0±1,17 % ning annusega 900 kg/ha 33,5±1,04 %. Mõlemal väetatud katsevariandil oli jõhvika katvus oluliselt suurem (t-kriteerium vastavalt 2,0 ja 2,3) kui väetamata katsevariandil. Katsealal kasvavate teiste puhmarinde taimede, hanevitsa (F 92. . .100 %) ja küüvitsa (F 15. . .25 %)

Tabel 8

Jõhvikamarjade keemiline koostis (%-des toormassist) Tanipalu soos

Väetamise aeg	annus kg/ha	1975	1976	1977	1978	1975	1976	1977	1978	1975	1976	1977	1978
		Mahla kuivaine %				Monosahhariidid %				Sahharoos %			
Väetamata		10,2	10,4	10,2	10,1	4,3	4,0	3,8	2,5	0,5	0,2	0,5	0,6
22. V 1975	900	10,2	10,1	10,6	9,2	3,6	4,4	3,6	2,4	0,2	0	0	0
	300	10,6	10,5	9,6	9,1	3,9	4,4	4,0	2,8	0	0	0,1	0
16. VI 1975	900	10,4	10,3	10,4	9,5	3,7	4,1	3,6	2,9	0,1	0,1	0,1	0
	300	10,4	10,1	9,4	10,2	4,2	4,8	4,0	4,1	0	0	0	0
18. XII 1975	900	—	9,1	9,4	10,1	—	3,8	3,5	3,2	—	0	0,2	0,4
	300	—	9,2	9,6	9,1	—	3,8	3,8	2,4	—	0	0,1	0,5
		Tiitritav happesus %				Pektiinained, % pektiin-happele				Askorbiinhape mg %			
Väetamata		2,64	3,68	3,45	3,53	0,54	0,67	0,61	0,70	27	39,8	42,3	36,6
22. V 1975	900	3,02	3,42	3,99	3,44	—	0,53	0,72	0,57	24	26,3	27,8	29,6
	300	3,13	3,21	3,59	3,53	—	0,61	0,63	0,48	18	22,6	29,9	27,2
16. VI 1975	900	2,84	3,30	3,83	3,26	—	0,57	0,72	0,35	26	34,2	34,6	33,9
	300	2,92	3,23	4,06	2,96	—	0,49	0,65	0,22	24	23,3	38,0	27,4
18. XII 1975	900	—	3,23	3,94	3,42	—	0,47	0,70	0,35	—	24,0	29,0	28,7
	300	—	3,51	3,66	3,51	—	0,66	0,66	0,41	—	26,4	32,5	31,2

Tabel 9

Mineraalväetiste mõju jõhvika marjade säilivusele

Väetamise		Kuiv säilitusviis		Märg säilitusviis	
aeg	annus kg/ha	terveid %	riknenuid %	terveid %	riknenuid %
Väetamata		84	16	98	2
22. mail	900	91	9	99	1
	300	85	15	98	2
16. juunil	900	84	16	98	2
	300	95	5	98	2

katvusele väetamine olulist mõju ei avaldanud. Rohurindes kõige enamlevinud taime — tupp-villpea (F 75. . .100 %) katvus on väetamata katsealal 7,8±1,65 %, superfosfaadi väiksema annusega väetatud katsevariandil 12,2±1,00 % ja suurema annuse puhul 15,0±0,90 %. Mõlemal väetatud katsevariandil oli tupp-villpea katvus oluliselt suurem (t 2,3 ja 3,8) kui väetamata katsealal. Mudatarna (F 73. . .81 %), pudeltarna (F 8. . .19 %), rabaka (F 31. . . 46 %) ja ümaralehise huulheina (F 2. . .13 %) katvusele väetamine olulist mõju ei avaldanud. Küll aga mõjus väetamine ebasoodsalt turbasammalde (F 100 %) katvusele. Väetamata katsealal oli see 99,7±0,31 %, superfosfaadiga väetatud alal annuse 300 kg/ha puhul 97,6±0,89 % ja annuse 900 kg/ha puhul 98,0±0,69 %. Turbasammalde katvus väetatud alal erines mõlemal juhul kontrollist oluliselt (t 2,3 ja 2,2).

Kokkuvõte. Tehtud uurimistööde tulemusena selgus, et superfosfaadiga väetamine mõjus jõhvikale esimesel aastal halvasti. Väetatud soos olid marjad väiksemad ja kergemad. Aastatel 1975. . . 1977 oli jõhvikasaak väetatud soo enamikel katsevariantidel oluliselt väiksem kui väetamata katsealal. Superfosfaadi suurema annuse (900 kg/ha) kasutamise korral vähenes marjasaak rohkem kui väiksema annuse (300 kg/ha) kasutamisel. Aastatel 1978. . . 1981, s. o. 4. . .7 aastat pärast väetamist oli marjasaak suurem väetatud alal. 1975. . .1981. aasta marjasaak ühtekokku oli väetatud katsevariantidel ümmarguselt 10 % suurem kui väetamata alal, kuid erinevus ei olnud statistiliselt oluline mitte ühegi katsevariandi puhul.

Kolmest erinevast väetamisajast osutus marjasaagi seisukohalt kõige paremaks 16. juuni, mil jõhvikad õitsesid, ja kõige vähem sobivaks 22. mai, mil jõhvikate õienupud olid selgesti nähtavad; superfosfaadi külvamine 18. detsembril lumele andis vahepealseid

tulemusi. Eri aegadel väetatud katsevariantidel jäi jõhvikasaakide omavaheline erinevus statistiliselt mitteoluliseks.

Jõhvikasaak aastatel 1975. . .1981 oli 26. . .428 kg/ha aastas. Kuna sellesse ajavahemikku langes mitu head marja-aastat (1976, 1978, 1980) ja katseala kuulub paremate jõhvika kasvukohtade hulka, siis võib arvata, et maksimaalsed tegelikud jõhvikasaagid Eesti looduslikes soodes ei ületa oluliselt 500 kg/ha piiri.

Suprefosfaadiga väetatud katsevariantidelt 1975., 1976., 1977. ja 1978. aastal korjatud marjades oli sahharoosi ja askorbiinhappe sisaldus alati ja selgelt väiksem kui väetamata katsealalt korjatud marjades. Marjade keemilist koostist iseloomustavates ülejäänud uuritud näitajates (vee-, mahla-, kuivaine-, monosahhariidide, pektiinainete ja hapete sisaldus) selge ühesuunaline erinevus väetamata ja väetatud katsevariantide vahel puudus.

Väetamata ja väetatud alalt korjatud jõhvikad säilusid ületalve keldris hoituna enam-vähem võrdselt. Vees hoituna riknes marjadest 1. . .2 %, kuival hoidmisel 5. . .16 %. Marjade maitset väetamine ei mõjutanud.

Superfosfaadiga väetamise mõju võrreldes vegetatsiooniperioodi ilmastikutingimuste mõjuga oli nõrk ja ei toonud marjamajandusele selget kasu. Katse tulemus näitas, et käesoleval ajal ei ole Emajõe alamjooksul paiknevaid jõhvikasoid otstarbekohane superfosfaadiga väetada.

KIRJANDUS

Баранова И. И., Черкасов А. Ф. Влияние удобрений на химический состав ягод клюквы олиготрофных болот Вологодской и Калининской областей. — В сб.: Дикорастущие ягодные растения СССР. Тезисы докладов на Всесоюзном совещании 1—3 октября 1980 г. г. Петрозаводск. Петрозаводск, 1980.

Буткус В. Ф. Влияние минеральных удобрений на урожай и химический состав дикорастущей клюквы. — Труды Академии Наук Литовской ССР. 1966, серия В, 3(41).

Буткус В. Ф., Будрюнене Д. К., Рипа А. К. Состояние и перспективы исследования дикорастущих ягодных растений в Литовской и Латвийской ССР. — В сб.: Дикорастущие ягодные растения СССР. Тезисы докладов на Всесоюзном совещании 1—3 октября 1980 г. г. Петрозаводск. Петрозаводск, 1980.

Дъяконова А. А., Горбунов А. Б. Минеральное корневое питание клюквы болотной. — В сб.: Ресурсы дикорастущих плодовоягодных растений, их рациональное использование и организация плантационного выращивания хозяйственно-ценных видов в свете решения продовольственной программы СССР. Тезисы докладов научно-производственной конференции 27—28 сентября 1983 г. Гомель, 1983.

Прокшин Д. Н. Влияние различных факторов на химический состав ягод клюквы. — В сб.: Дикорастущие ягодные растения СССР.

Тезисы докладов на Всесоюзном совещании 1—3 октября 1980 г. г. Петрозаводск. Петрозаводск, 1980.
Рекомендации по учету, прогнозированию и сбору недревесной продукции леса. Архангельск, 1975.
Черкасов А. Ф. Культура клюквы на выработанных торфяниках. — В сб.: Лесохозяйственное использование осушенных земель. Тезисы докладов Второго советско-финского симпозиума, г. Москва, 1 сентября 1980 г. Л., 1980.
Черкасов А. Ф. Повышение продуктивности клюквы в естественных условиях европейской территории РСФСР (методические рекомендации). М., 1981.

О РЕЗУЛЬТАТАХ ОПЫТОВ ПО УДОБРЕНИЮ КЛЮКВЫ В БОЛОТЕ ТАНИПАЛУ

У. ВАЛК, П. ПЕТЕРСОН

Резюме

В ходе исследований 1975. . .1981 гг. выясняли, можно ли при помощи внесения суперфосфата увеличить урожай ягод на естественном болоте. В качестве опытного участка выбрали болото Танипалу, расположенного в Восточной Эстонии в районе, где находятся самые хорошие клюквенные болота. Покрытие стеблей клюквы здесь равномерное и обильное и урожаи в годы, благоприятные для оплодотворения клюквы, хорошие.

В результате исследований выяснилось, что удобрение суперфосфатом повлияло на первые годы плохо. В удобренной части болота ягоды были меньше и легче. В 1975. . .1977 гг. урожай клюквы был на большей части опытных вариантов удобренного болота значительно меньше, чем на неудобренном участке. При применении большей дозы суперфосфата (900 кг/га) урожай ягод падал больше, чем при применении меньшей дозы (300 кг/га). В 1978. . .1981 гг., т.е. через 4. . .7 лет после внесения удобрений, урожай ягод был больше на удобренном участке. Общий урожай ягод в 1975. . .1981 гг. на удобренных вариантах округленно был на 10 % больше, чем на неудобренной площади, но различие не было статистически существенным ни на одном из опытных вариантов.

Из трех сроков удобрения с точки зрения урожая ягод самым лучшим оказалось удобрение 16 июня, когда клюква цвела, наименее подходящим — 22 мая, когда бутоны цветков были четко различимы; рассев суперфосфата 18 декабря на снег дал промежуточные результаты. На опытных вариантах, удобренных в разное время, различие между урожаями клюквы было статистически несущественным.

Урожай клюквы в 1975. . .1981 гг. составлял 26. . .428 кг/га в год. Поскольку к этому периоду относятся хорошие урожайные годы — 1976, 1978 и 1980 — а опытный участок относится к лучшим местопроизрастаниям клюквы, то можно полагать, что максимальные действительные урожаи клюквы на естественных болотах Эстонии значительно не превышают границы 500 кг/га.

В ягодах, собранных в 1975, 1976, 1977 и 1978 гг. с удобренных суперфосфатом опытных вариантов, содержание сахарозы и аскорбино-

вой кислоты было во все годы различимо меньше, чем в ягодах, собранных с неудобренного опытного участка. У остальных исследованных показателей (содержание воды, сухого вещества сока, моносахаридов, пективных веществ и кислот), характеризующих химический состав ягод, четкое однонаправленное различие между неудобренным и удобренным опытными вариантами отсутствовало.

Ягоды, собранные с неудобренной и удобренной территории, сохранялись в течение зимы в подвале почти одинаково. При хранении в воде ягод портилось 1. . .2 %, при сухом хранении — 5. . .16 %. На вкус ягод удобрение не влияло.

Влияние удобрения суперфосфатом в сравнении с влиянием погодных условий в вегетационный период было слабым и четкой пользы для выращивания ягод не принесло. Результат опыта показал, что в настоящее время нецелесообразно удобрять суперфосфатом клюквенные болота в Восточной Эстонии.

RESULTS OF CRANBERRY FERTILIZATION EXPERIMENTS IN TANIPALU MIRE

U. VALK, P. PETERSON

Summary

Tanipalu mire is situated in an area where the best Estonian cranberry mires are to be found. During the years 1975—1981, experiments were conducted there to ascertain the possibility of raising the berry crop through fertilization with superphosphates.

During the years 1975—1977, the cranberry crop on a majority of the sample plots of the fertilized part of the mire was substantially lower than on unfertilized experimental field. On use of a large rate (900 kg/ha) of superphosphates the berry crop fell more than that achieved on use of a smaller rate (300 kg/ha). During the years 1978—1981 (i.e. 4—7 years subsequent to fertilization) the berry crop was larger on the fertilized field. The total berry crop during the years 1975—1981 was approximately 10 % higher on fertilized sample plots as compared to that on the unfertilized field. The difference though was not statistically important on any of the sample plots.

The saccharose and ascorbic acid contents of the berries gathered from sample plots fertilized with superphosphates was lower than of those gathered from the unfertilized field. No clear trend could be established in the difference between water, juice dry matter, monosaccharides, pectines and acid contents of the berries from unfertilized and fertilized sample plots. Fertilization did not affect the taste of the berries.

As compared to the influence of the climatic conditions of the growing season, the influence of fertilization was weak and not in any way advantageous to berry-growing.

LÄMMASTIKVÄETISE ÜHEKORDSE JA KORDUVA KASUTAMISE MÕJU KUUSE- JA MÄNNISEEMIKUTE KASVULE

L. RAID

Otstarbekama väetusrežiimi väljatöötamiseks kuuse- ja männiseemikute kasvatamisel rajati katsed Eesti Metsainstituudi puukoolkatsemajandis ja Elva Metsamajandi Ignase taimlas. Iga katse koosnes 19 variandist 2 korduses. Külvi alla antud PK-väetiste ühtlasele foonile anti erinevad kogused ammooniumsalpeetrit ja karbamiidi. Põhinormideks mõlema väetise puhul oli 50, 100 ja 150 kg/ha N-toimeainet. Nimetatud põhikogused anti: 1) ühes osas põhiväetisena külvieelselt, 2) kahe võrdse osana külvieelselt ja pealtväetisena järgmisel kevadel, 3) kolme võrdse osana külvieelselt, pealtväetisena sama aasta juulis ja järgmisel kevadel.

Lisaks taimlakatsetele uuriti kasvuhoones korraldatud vegetatsioonikatsetega lämmastikuga ühekordse ja korduva väetamise mõju männiseemikute kasvule sambliku ja pohla kasvukohatüübi muldadel. Väetistena kasutati ammooniumsalpeetrit, karbamiidi ja keemiliselt puhast kemikaali NH_4NO_3. Põhinormideks ühe liitri mulla kohta oli 75 (N1), 150 (N2) ja 225 (N3) mg N, mis anti vegetatsiooniperioodi vältel kas ühes, kahes või kolmes jaos. Väetisi anti vesilahusena, kuna siis on väetis kohe omastatav (Подкормка . . ., 1978).

Katsetulemusi hinnati seemikute mõõtmete (maapealse osa kõrgus, juurekaela diameeter, juurte pikkus, okaste pikkus ja kuivmass) järgi.

Kirjanduse andmetel reageerivad kuuseseemikud esimesel aastal väetamisele vähe, kõrgus suureneb ainult 5. . .15 %, kusjuures madalad normid annavad samasuguse tulemuse kui kõrged (Мангалис, Цинитис, 1981).

Katses olnud 2-aastaste kuuseseemikute analüüsist ilmnes, et kõik kasutatud lämmastikväetise kogused soodustasid kuusesee-

mikute kasvu oluliselt, sõltumata kasutatud normist ja andmise ajast (tabel 1).

Külvieelsel väetamisel mineraalväetistega kasutatakse kuuseseemikute poolt ainult 2 % fosforväetistest, 4 % kaaliväetistest ja 31 % lämmastikväetistest (Огиевский, 1980). Kui pealtväetis antakse vedelal kujul s.t. koos kastmisveega, siis on omastamise protsent suurem. Pealtväetise andmisel tahkel kujul oleneb tulemus eeskätt ilmastikust ja väetise liigist. Kuumade ja kuivade ilmade püsimise korral on karbamiidiga väetamisel lämmastiku kadu suur, kui aga väetamisele järgneb vihm, siis väetis lahustub ja uhutakse koos vihmaveega mulda, kus ta on seemikutele hästi omastatav.

Pealtväetamine toimib kõige paremini toitainete maksimaalse tarbimise perioodidel. Tarbimine on aga maksimaalne intensiivse kuivmassi moodustamise ajal (Наквасина, 1979). D. Ogijevski (Огиевский, 1978) andmetel algab okaspuuseemikutel intensiivne kuivaine kogunemine juuli keskel ja lõpeb avamaal septembri alguseks.

Katsetest kuuseseemikutega ilmnes, et sel juhul kui väetise annus antakse korraga enne seemnekülvi, suurenevad väetisekoguse tõusu korral ka seemikute mõõtmed ja mass, kuid mitte sellega proportsionaalselt. Seemikute lämmastikuvajaduse rahuldas põhiliselt juba lämmastikunorm 50 kg/ha. Lämmastikukoguse kahe- ja kolmekordistamisel väetise kasutamise efektiivsus langeb. Kui aga eesmärgiks on saada võimalikult suuri seemikuid, tuleb kasutada suuremaid lämmastikunorme, seejuures silmas pidades, et toitaineid omastatakse piisavalt ainult küllaldase veevaru olemasolul. Kui seemikud kannatavad kuivuse all, võib väetamine suurte lämmastikunormidega kasu asemel ainult kahju tuua.

Kolmekordse väetamise korral toimus teine väetamine lämmastikuga esimese kasvuaasta juuli lõpus. Üheaastastel seemikutel on kuivaine moodustumise tempo juunis ja juulis väike. Täiendav N-väetamine juuli lõpus ja PK-väetamine augusti keskel suurendavad esmajoones maapealsete osade kasvu (Редько, Наквасина, 1981). Ka D. Ogijevski (Огиевский, 1978) märgib, et kuuseseemikutel algab intensiivne kuivaine moodustumine juuli keskel sõltumata kasvukohast. Sellest lähtudes on juuli lõpp kõige sobivamaks pealtväetamise ajaks. Katses olnud kuuseseemikute morfomeetrilistest mõõtmetest lähtudes olid tulemused kolmekordsel väetamisel isegi tagasihoidlikumad kui kahekordsel väetamisel. Järelikult ei ole kõrge agrofooniga taimlates vajadust okaspuuseemikute väetamiseks vegetatsiooniperioodi vältel.

Katses kuuseseemikutega olid tulemused kõige paremad väetamisel ammooniumsalpeetriga normiga 150 kg/ha N, andes pool

Tabel 1

Lämmastikväetiste ühekordse ja korduva kasutamise mõju kaheaastaste kuuseseemikute kasvule

Väetise kogus kg/ha	Maapealse osa kõrgus cm			Juurekaela diameeter mm			Okaste pikkus mm			Seemiku kuivmass mg
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	
Kontroll	9,1±0,25	28,4	2,7	1,2±0,04	34,4	3,3	16,1±0,20	12,3	1,2	410
				Ammooniumsalpeeter						
50	12,0±0,36	35,0	3,0	1,3±0,04	37,9	3,3	17,1±0,26	15,4	1,5	589
100	12,3±0,32	28,3	2,6	1,4±0,04	28,3	2,6	17,3±0,23	13,0	1,3	641
150	14,1±0,34	21,8	2,4	1,7±0,05	24,8	2,7	16,4±0,26	15,9	1,6	966
25+25	13,0±0,34	28,0	2,6	1,4±0,04	30,7	2,8	16,3±0,29	18,0	1,8	620
50+50	15,9±0,35	24,8	2,2	1,8±0,04	27,4	2,4	15,5±0,22	14,0	1,4	1023
75+75	19,6±0,69	31,9	3,5	2,3±0,07	25,8	2,8	17,5±0,27	15,6	1,6	1817
16,6+16,7+16,7	11,3±0,27	32,4	2,3	1,3±0,03	34,9	2,5	17,2±0,19	11,1	1,1	469
33,3+33,3+33,4	13,6±0,40	33,1	3,0	1,5±0,04	33,2	3,0	16,7±0,21	12,8	1,3	743
50+50+50	13,3±0,52	42,1	3,9	1,5±0,05	35,5	3,3	17,3±0,24	13,6	1,4	644
				Karbamiid						
50	10,9±0,25	29,5	2,3	1,2±0,03	31,5	2,5	16,0±0,21	13,0	1,3	488
100	12,6±0,34	26,5	2,7	1,6±0,05	28,2	2,9	16,4±0,24	14,6	1,5	787
150	13,3±0,29	25,4	2,2	1,5±0,04	26,8	2,3	16,1±0,22	13,4	1,3	721
25+25	9,6±0,22	27,2	2,3	1,0±0,03	32,9	2,8	15,9±0,19	12,0	1,2	362
50+50	13,4±0,29	26,7	2,2	1,6±0,03	25,1	2,0	16,2±0,25	15,6	1,6	725
75+75	16,1±0,34	24,3	2,1	1,8±0,04	27,6	2,4	16,8±0,28	16,4	1,6	1000
16,6+16,7+16,7	11,8±0,27	25,6	2,3	1,4±0,03	27,4	2,5	18,0±0,24	13,2	1,3	694
33,3+33,3+33,4	12,9±0,35	34,1	2,7	1,4±0,04	34,8	2,7	16,3±0,24	14,8	1,5	584
50+50+50	14,6±0,43	29,6	3,0	1,7±0,05	30,4	3,0	16,5±0,27	16,1	1,6	971

kogust põhiväetisena külvieelselt ja teine pool pealtväetisena järgmisel kevadel. Pealtväetamine teise kasvuaasta kevadel kiirendab talvekahjustustest ülesaamist ja annab taimedele vajaliku kasvuhoo. Seemikute väetamine teise kasvuaasta mais ja juunis ei muuda juba väljakujunenud kasvurütmi, küll aga suurendab fütomassi absoluutset juurdekasvu (Редько, Наквасина, 1981). Variandis, kus teise kasvuaasta kevadel anti 75 kg/ha N ammooniumsalpeetrina oli kaheaastaste kuuseseemikute kõrgus 19,6±0,69 cm ja juurekaela diameeter 2,3±0,07 mm, sama koguse karbamiidi kasutamisel vastavalt 16,1±0,34 cm ja 1,8±0,04 mm.

Nimetatud koguse ammooniumsalpeetriga väetamisel oli seemikute kõrgus 2,15, juurekaela diameeter 1,92, juurte pikkus 1,47, okaste pikkus 1,09 ja kuivmass 4,43 korda suurem kui kontrollseemikutel. Sama koguse karbamiidi puhul oli kõrgus 1,77, juurekaela diameeter 1,50, juurte pikkus 1,20, okaste pikkus 1,04 ja kuivmass 2,44 korda suurem kui PK-väetisega väetatud kontrollseemikutel.

Kehtiva standardi kohaselt peab 3. . .4-aastase hariliku kuuseseemiku juurekaela diameeter olema vähemalt 1,5 mm ja kõrgus mitte alla 10 cm. Sellest lähtudes on kontrollvariandi seemikud mittestandardsed, väetatud variantides aga standardsed. Parimas katsevariandis oli seemikute keskmine kõrgus 1,96 ja juurekaela diameeter 1,53 korda standardist suurem.

Kuuseseemikute kasvatamisel osutus ammooniumsalpeeter efektiivsemaks kui karbamiid. Kontrollseemikutega võrreldes oli ammooniumsalpeetriga väetatud kuuseseemikute keskmine kõrgus 1,24. . .2,15 korda ja kuivmass 1,14. . .4,43 korda, karbamiidiga väetamisel vastavalt 1,05. . .1,77 ja 1,19. . .2,44 korda suurem.

Kaheaastastel kuuseseemikutel oli okaste ja juurte massi suhe 1,4. . .1,7 piirides. Väetamata kuuseseemikutel oli nimetatud suhe 1,4. väetamise tagajärjel okaste mass võrreldes teiste taimeorganitega suurenes rohkem, mistõttu ka suhtarv tõusis 1,5. . .1,7-ni.

Kirjanduse andmetel (Святецкий, 1978) on väetamise mõju kõige suurem kolmandal vegetatsiooniperioodil. Kuigi käesoleval juhul analüüsitakse ainult kaheaastaseid seemikuid, võib oletada, tuginedes I. Etverki (1984) katsete tulemustele, et väetamise järelmõju kestab edasi.

Ühefaktorilise dispersioonianalüüsi põhjal oli väetamise mõju tugevus kuuseseemikute maapealse osa kõrgusele ja juurekaela diameetrile praktiliselt ühesuurune — 23. . .26 %. järgnes juurte pikkus 13. . .16 % ja okaste pikkus 4. . .8 %-ga. Dispersioonianalüüsi põhjal oli ammooniumsalpeetri mõju seemikute näitmetele suurem kui karbamiidil.

Männiseemikutega korraldati katsed sama skeemi järgi EMI puukool-katsemajandis ja Ignase taimlas. Mõlemas katses oli väetamise positiivne mõju männiseemikute kasvule üsna nõrk. Ignase taimlas võis selle põhjuseks pidada kõrget agrofooni ja tõusmete hilist tärkamist esimesel kasvuaastal, mistõttu esimene lämmastikuga väetamine hilines, samuti kannatas männikülv nakkusliku tõusmepõletiku all. Mitmesuguste ammooniumsalpeetri kogustega väetatud 2-aastaste männiseemikute kõrgus ületas kontrollseemikute kõrguse maksimaalselt 14 % ja juurekaela diameetri 13 % võrra. Ka antud katses oli ammooniumsalpeeter efektiivsem kui karbamiid. Seemikute kuivmassi puhul oli maksimaalne enamjuurdekasv ammooniumsalpeetriga väetamisel 45 % ja karbamiidiga väetamisel 41 %. Standardiga võrreldes ületas väetatud männiseemikute juurekael küll esitatud nõuded, kuid kõrgus jäi ettenähtust madalamaks. Okkad olid enamikus väetatud variantides isegi lühemad kui väetamata seemikutel. Antud katses oli väetamise mõju üldiselt nõrk; efektiivsemaks osutusid need variandid, kus pool lämmastikväetisest anti pealtväetisena teise kasvuaasta kevadel.

Dispersioonianalüüsi järgi oli antud katses väetamise mõju tugevus männiseemikute kõrgusele ja juurekaela diameetrile 3. . .17 %, juurte pikkusele 7. . .13 % ja okaste pikkusele 11. . .15 %.

EMI puukool-katsemajandisse rajatud katses kogu väetise kogu-se andmine põhiväetisena ei mõjutanud seemikute kõrguskasvu positiivselt (tabel 2), jämeduskasvu aga küll. Ammooniumsalpeetriga külvieelse väetamise tagajärjel suurenes juurekaela diameeter 20. . . 53 % võrra, karbamiidiga väetamisel 27. . .37 % võrra. Samade väetiskoguste andmisel kahes või kolmes jaos oli männiseemikute kõrgus oluliselt suurem kui kontrollseemikutel, kusjuures enamjuurdekasv oli ammooniumsalpeetri kasutamise tulemusel 6. . . 17 %, karbamiidi puhul 7. . .29 % piirides. Kõik seemikud, kaasaarvatud kontrollvariant, vastasid standardile; seemikute kõrgus ületas 1,1. . .1,5 ja juurekaela diameeter 1,7. . .2,2 korda standardis ettenähtut. Viljakast mullast tulenevalt olid ka kontrollvariandi seemikud jämedad (juurekaela diameeter 3,0 mm), mistõttu väetise arvel saadud enamjuurdekasv ei ületanud 50 %.

Seemikute juurestik oli kõikides variantides suhteliselt ühtlane ega erinenud enamikus väetatud variantides oluliselt kontrollvariandist. Okkad pikenesid väetamise tagajärjel maksimaalselt 14 % võrra, kuid enamikus variantides ei olnud kontrollseemikute ja väetatud seemikute okaste pikkuses olulist erinevust. Kõige objektiivsem näitaja seemikute hindamisel on biomass, mis kajastab üheaegselt kõiki muutusi seemikute üksikutes organites. Kogu katses oli seemikute biomass suhteliselt suur. Väetamata männiseemikute

Tabel 2

Lämmastikväetiste ühekordse ja korduva kasutamise mõju kaheaastaste männiseemikute kasvule

Väetise kogus kg/ha	Maapealse osa kõrgus cm			Juurekaela diameeter mm			Okaste pikkus mm			Seemiku kuivmass mg
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	
Kontroll	11,7±0,33	29,9	2,9	3,0±0,12	50,3	4,1	101,4±4,42	14,0	1,4	2340
					Ammooniumsalpeeter					
50	10,5±0,41	29,0	3,9	3,6±0,16	32,7	4,4	105,4±1,78	16,9	1,7	3617
100	11,6±0,55	29,2	4,8	4,6±0,23	30,6	5,0	107,7±1,17	10,9	1,1	4845
150	11,1±0,43	31,7	3,8	3,8±0,20	42,9	5,2	97,3±1,88	19,3	1,9	3537
25+25	12,4±0,35	26,9	2,9	3,4±0,12	32,9	3,5	100,2±1,94	19,4	1,9	3148
50+50	13,1±0,36	26,1	2,7	3,8±0,13	34,2	3,6	107,6±1,53	14,3	1,4	3748
75+75	13,3±0,47	26,5	3,5	4,1±0,15	28,5	3,8	107,0±2,02	18,8	1,9	3709
16,6+16,7+16,7	13,4±0,40	26,8	3,0	3,7±0,13	30,5	3,4	94,4±1,61	17,0	1,7	3519
33,3+33,3+33,4	13,7±0,33	26,6	2,4	3,6±0,10	31,1	2,8	97,3±1,71	17,6	1,8	3246
50+50+50	13,6±0,46	31,1	3,4	3,8±0,14	34,2	3,7	103,7±1,44	13,9	1,4	4305
					Karbamiid					
50	12,3±0,42	27,8	3,4	3,8±0,16	33,4	4,1	108,1±2,27	21,0	2,1	3927
100	11,5±0,59	37,7	5,2	3,9±0,22	40,5	5,6	101,2±1,63	16,1	1,6	3801
150	9,9±0,65	37,8	6,6	4,1±0,26	36,4	6,3	98,7±1,36	13,8	1,4	3283
25+25	12,5±0,47	33,8	3,8	3,8±0,15	35,5	3,9	97,4±1,82	18,7	1,9	3600
50+50	13,7±0,34	23,3	2,5	4,1±0,14	31,5	3,4	115,1±1,29	11,2	1,1	4195
75+75	14,0±0,38	22,4	2,7	4,3±0,15	28,9	3,5	101,9±1,59	15,6	1,6	4373
16,6+16,7+16,7	15,1±0,42	28,7	2,8	4,1±0,14	35,0	3,4	101,9±2,32	22,8	2,3	3930
33,3+33,3+33,4	14,4±0,50	33,3	3,5	3,8±0,14	35,5	3,7	106,1±2,16	20,4	2,0	3899
50+50+50	15,1±0,55	25,9	5,5	4,3±0,24	39,1	5,5	115,6±1,85	16,0	1,6	5653

keskmine toormass oli 9,0 g, kuivmass 2,34 g. Kõige raskemad seemikud olid variandis, mida väetati karbamiidiga normiga 150 kg/ha N, andes seda kolmes võrdses osas. Seemikute keskmine toormass nimetatud variandis oli 21,7 g, kuivmass 5,7 g, ületades kontrollseemikute kuivmassi 2,4 korda. Ammooniumsalpeetriga väetatud lappidel suurenes seemikute kuivmass 1,3. . .2,1, karbamiidiga väetatud variantides 1,4. . .2,4 korda. Kasutatud väetise koguse ja andmise viisi ning seemikute biomassi vahel ranget seaduspärasust ei täheldatud.

Oluline näitaja seemikute kvaliteedi iseloomustamisel on okaste ja juurte massi suhe. Kirjanduse andmetel kasvavad paremini need männiseemikud, millel on proportsionaalselt arenenud nii maapealne kui ka maa-alune osa. Juurte ja okaste massi suhe peab vastama 1:2 kuni 1:3 (Васильев, 1981). G. Haritonovi andmetel (Харитонов, 1978) on maapealsete organite mass kvaliteetsetel männiseemikutel 6 ja kuuseseemikutel 4,4 korda suurem juurte massist.

Katsetes männiseemikutega oli okaste ja juurte massi suhe 1,7. . .2,4. Kõige suurem oli suhtarv väetamata männiseemikutel. Väetise andmisel ühe korraga külvi alla oli okaste ja juurte massi suhe sõltumata antud väetise kogusest 1,7. . .2,0. Sama väetiskoguse andmisel 2 ja 3 jaos suurenes okaste ja juurte massi suhe 2,0. . .2,3-ni. Seega soodustab külvieelne väetamine juurte arengut rohkem kui hilisem pealtväetamine.

Vegetatsioonikatsetes substraadina kasutatud sambliku ja pohla kasvukohatüübi toitainetevaestel mineraalsetel horisontidel oli peamiseks limiteerivaks toiteelemendiks lämmastik, mistõttu ka lämmastikväetisest saadud positiivne efekt oli suur ning ületas reas variantides isegi täisväetise mõju (tabel 3). Kõigis lämmastikuga väetatud variantides, sõltumata kasutatud väetise liigist, kogusest ja andmise viisist (ühes, kahes või kolmes jaos), suurenesid kõik taimeorganid võrreldes kontrollvariandi seemikutega oluliselt.

Ühekordsel külvieelsel põhiväetamisel ammooniumsalpeetriga normiga 150 mg/l N suurenes sambliku kasvukohatüübi nõrgalt leetunud leedemulla A_2+B-horisondil üheaastaste männiseemikute keskmine kõrgus võrreldes kontrollseemikutega 1,8, juurekaela diameeter 2,0, juurte pikkus 1,3, okaste pikkus 1,6 ja seemikute kuivmass 5,5 korda.

Suhteliselt toitaineterikkal metsakõduhorisondil oli väetamise mõju nõrgem kui eelkäsitletud mineraalsel substraadil. Metsakõduhorisondil suurenes seemikute kõrgus ammooniumsalpeetriga väetamise tulemusel maksimaalselt 15. . .16 % võrra, karbamiidi puhul ei ületanud kõrguse täiendav juurdekasv 7 %; seemikute kuivmass suurenes vastavalt 21. . .37 ja 8. . .27 %.

Tabel 3

Lämmastikväetiste ühekordse ja korduva kasutamise mõju üheaastaste männiseemikute kasvule vegetatsioonikatsetes sambliku kasvukohatüübi mullal

Variant	Maapealse osa kõrgus cm			Juurekaela diameeter mm			Okaste pikkus mm			Seemiku kuivmass mg
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V %	P %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kontroll	4,0±0,08	19,8	1,9	0,8±0,02	18,5	1,9	27,3±0,40	14,7	1,5	106
NPK	6,9±0,18	21,0	2,5	1,6±0,04	20,4	1,9	44,9±0,61	13,6	1,4	483
					Ammooniumsalpeeter					
N1 V	6,1±0,13	18,2	2,1	1,3±0,03	21,9	2,5	39,0±0,95	24,3	2,4	440
N2 V	7,0±0,25	21,5	3,6	1,6±0,05	19,0	3,2	42,4±0,86	20,2	2,0	585
N3 V	6,9±0,21	19,9	3,1	1,8±0,06	20,9	3,3	42,3±0,72	16,9	1,7	577
N1 V+VI	7,1±0,15	20,5	2,1	1,4±0,03	22,1	2,3	40,4±0,65	16,1	1,6	371
N2 V+VI	7,6±0,15	18,5	1,9	1,5±0,03	20,7	2,2	41,7±0,72	17,2	1,7	435
N3 V+VI	6,9±0,19	19,0	2,8	1,7±0,06	23,3	3,4	43,4±0,69	15,8	1,6	510
N1V+VI+VII	7,3±0,14	17,0	1,9	1,6±0,03	17,9	2,0	41,4±0,72	17,5	1,7	436
N2V+VI+VII	7,6±0,19	20,9	2,5	1,7±0,05	21,3	2,6	41,4±0,79	19,0	1,9	530
N3V+VI+VII	7,7±0,16	18,1	2,0	1,8±0,04	21,2	2,4	43,0±0,68	15,7	1,6	504
					Karbamiid					
N1 V	7,6±0,15	19,0	2,0	1,5±0,04	26,3	2,8	45,3±1,09	24,0	2,4	417
N2 V	7,5±0,17	23,8	2,3	1,5±0,04	28,4	2,8	44,2±0,58	13,0	1,3	388
N3 V	6,5±0,17	25,7	2,6	1,4±0,04	25,0	2,5	42,5±0,68	16,1	1,6	386
N1 V+VI	7,5±0,23	20,4	3,1	1,5±0,05	22,4	3,4	43,6±1,07	24,6	2,5	528
N2 V+VI	6,3±0,33	26,2	5,2	1,6±0,07	22,8	4,6	41,3±0,96	23,1	2,3	671
N3 V+VI	5,2±0,34	23,8	6,6	1,4±0,10	26,6	7,4	37,6±0,59	15,8	1,6	493
N1V+VI+VII	6,8±0,18	24,4	2,6	1,4±0,04	26,0	2,8	39,6±0,65	16,5	1,7	434
N2V+VI+VII	6,8±0,19	21,7	2,8	1,6±0,05	25,2	3,2	37,7±0,74	19,6	2,0	534
N3V+VI+VII	5,6±0,15	19,7	2,7	1,3±0,05	26,7	3,6	38,2±0,55	14,4	1,4	379

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					Keemiliselt puhas NH_4NO_3					
N1 V	6,6±0,16	19,8	2,5	1,5±0,04	19,8	2,5	43,4±0,60	13,8	1,4	522
N2 V	6,7±0,16	16,3	2,5	1,8±0,06	21,8	3,3	43,5±0,62	14,2	1,4	600
N3 V	7,4±0,28	23,4	3,8	1,9±0,08	27,8	4,5	43,3±0,66	15,2	1,5	636
N1 V+VI	7,4±0,18	21,1	2,5	1,7±0,04	19,3	2,3	45,0±0,99	22,1	2,2	467
N2 V+VI	7,2±0,17	20,4	2,7	1,8±0,06	24,5	3,2	42,3±0,62	14,7	1,5	567
N3 V+VI	7,2±0,18	18,8	2,5	1,7±0,06	25,8	3,5	46,1±0,65	14,2	1,4	566
N1V+VI+VII	8,0±0,17	20,8	2,1	1,6±0,03	18,6	1,9	40,9±0,73	17,9	1,8	440
N2V+VI+VII	7,8±0,17	20,0	2,2	1,7±0,04	22,3	2,4	41,4±0,69	16,6	1,7	479
N3V+VI+VII	7,2±0,22	21,7	3,1	1,9±0,06	23,3	3,3	47,6±0,81	16,9	1,7	671

Sama väetiskoguse andmine kahes või kolmes jaos vegetatsiooniperioodil ei näidanud mingeid eeliseid võrreldes ühekordse väetamisega. Ka V. Paplauskase ja L. Kairjukštise (Паплаускас, Кайрюкштис, 1977) uurimused näitasid, et ühesuguse väetisannuse korral ei ole mitmekordsel väetamisel ühekordse ees eeliseid. Seevastu S. Prokuškini (Прокушкин, 1972) andmetel on ühekordne väetamine vähem efektiivne kui korduv. Tema andmetel osutus keskmisel liivsavil efektiivsemaks kui kasutati 1/2 normi külvieelselt ja 1/2 normi järgmisel kevadel.

S. Prokuškin (Прокушкин, 1972) väidab, et külvieelsel väetamisel avaldab 1. . .2-aastastele seemikutele kõige vähem kahjulikku mõju karbamiid. Tema andmetel suurendab karbamiid männiseemikute ammooniumlämmastiku ja vabade aminohapete sisaldust kõige enam. See näitab, et karbamiidi omastavad seemikute juured vahetult (Прокушкин, 1971). Ka meie katsetes oli kuu aega pärast külvi karbamiidiga väetatud mullal tõusmeid rohkem (kokku 884 tk. variandi kohta) kui ammooniumsalpeetriga väetatud variandis (690). Sügiseks muutus see suhe karbamiidi kahjuks, seemikuid vastavalt 581 ja 617. Seega oli seemikute väljalangevus karbamiidiga väetatud mullal suurem.

Karbamiidiga väetamisel saadi praktiliselt võrdseid tulemusi normiga 75 ja 150 mg/l N. Nimetatud normide kasutamisel suurenes seemikute kõrgus ja juurekaela diameeter 1,9, juurte pikkus 1,2. . . 1,3, okaste pikkus 1,6. . .1,7 ja seemikute kuivmass 3,7. . . 3,9 korda.

Ammooniumsalpeetriga võrreldes on karbamiidi toime seemikute kuivmassi moodustumisele nõrgem. Seemikute kuivmassist moodustavad kõige suurema osa okkad. Seega suurenes seemikute biomass väetamise tagajärjel peamiselt okaste mõõtmete, aga samuti ka nende arvukuse suurenemise arvel. Kuna tüve pikkus suureneb väetamise tagajärjel tunduvalt vähem kui seemikute kuivmass, siis seostub okaste arvukuse tõus peamiselt okastuse tiheduse suurenemisega. Vegetatsioonikatses oli ammooniumsalpeetri ja karbamiidi mõju okaste pikkusele enam-vähem ühesugune, okaste tihedust, seega kogu assimileeriva massi suurust, mõjutas aga ammooniumsalpeeter rohkem.

Lämmastikväetiste mõju tugevus männiseemikute kasvule sõltub otseselt mulla viljakusest. Toitainevaesel sambliku kasvukohatüübi A_2+B-horisondil oli dispersioonianalüüsi järgi lämmastikväetiste mõju tugevus seemikute kõrgusele ja okaste pikkusele 26. . .30 %, juurekaela diameetrile 29. . .33 % ja juurte pikkusele 11. . .12 %.

Suhteliselt toitaineterikkamal metsakõdu-horisondil oli aga

lämmastikväetiste mõju tugevus männiseemikute dimensioonidele tunduvalt väiksem – kõrgusele 9. . .12 %, juurekaela diameetrile 1. . .5 %, juurte pikkusele 8. . .11 % ja okaste pikkusele 3. . .7 %.

Kokkuvõte

Üheaastaste männiseemikute kasvatamisel kasvuhoones väheviljakal substraadil saadi suhteliselt kõige paremaid tulemusi siis kui lämmastikku anti liitri substraadi kohta 75. . .150 mg.

Lähedasi tulemusi ühekordse külvieelse väetamisega saadi sama väetisnormi andmisel kahes jaos võrdsetes kogustes külvieelselt ja pealtväetisena juunis.

Väetisannuse andmine kolmes võrdses osas vegetatsiooniperioodil, kusjuures viimane pealtväetamine toimub juuli keskel, ei kiirenda seemikute kasvu võrreldes ühekordse väetamisega. Suve keskel läbi viidud pealtväetamine lämmastikuga pikendab seemikute kasvuperioodi, mistõttu viimased ei jõua vegetatsiooniperioodi lõpuks küllaldaselt puituda.

Kui männi- ja kuuseseemikuid kasvatatakse avamaal kaks aastat, on otstarbekas väetada mõlemal aastal, andes pool väetise kogusest külvieelselt mulda ja teine pool järgmisel kevadel. Kõrge agrofooniga taimlamuldadel ei ole vajadust okaspuuseemikute väetamiseks vegetatsiooniperioodi vältel. Kui taimla asub väheviljakal kerge lõimisega mullal, siis tuleb esimesel kasvuaastal väetada kaks korda, andes esimese väetise külvieelselt mulda aprillikuus ja teist korda pealtväetisena juuni lõpus või juuli alguses. Kuigi taimlate väetamisel võib kasutada nii ammooniumsalpeetrit kui karbamiidi, tuleb võimaluse korral eelistada esimest kui tõhusamat väetist.

KIRJANDUS

Etverk, I. Taimlamuldade väetamise mõju seemikute edasisele kasvule metsakultuuris. Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik. Metsamajandusalased tööd — Eesti NSV metsafondi tootlikuse ja kasutamise efektiivsuse suurendamine. Tartu, 1984.

Васильев Н. Д. Влияние механического состава дерново-подзолистых почв на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной. — Лесной журнал, 1981, № 3.

Мангалис И., Цинитис О. Выращивание посадочного материала на предприятиях лесного хозяйства Латвийской ССР. — Лесное хозяйство, 1981, № 3.

Наквасина Е. Н. О ритмах питания однолетних сеянцев ели в лесном питомнике. — Лесной журнал, 1979, № 2.

Огиевский Д. В. Фенология, рост и минеральное питание сеянцев ели в питомниках. В сб.: Восстановление леса на северо-западе РСФСР. Л., 1978.

Огиевский Д. В. Биологические основы рационального применения минеральных удобрений в питомниках. — В сб.: Восстановление мелиоративных лесов северо-запада РСФСР. Л., 1980.
Паплаускас В., Кайрюкштис Л. Влияние минеральных удобрений на развитие ассимиляционного аппарата сосновых культур. — В кн.: Труды Литовского научно-исследовательского института лесного хозяйства. Вильнюс, 1977.
Подкормка сеянцев ели минеральными удобрениями. Л., 1978.
Прокушкин С. Г. Влияние различных азотных удобрений на состав азотистых веществ сеянцев сосны. — Лесоведение, 1971, № 2.
Прокушкин С. Г. Азотное питание сеянцев сосны на подзолистых почвах Среднего Урала. — Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биол. наук. Красноярск, 1972.
Редько Г. И., Наквасина Е. Н. Влияние уровня минерального питания на сезонный рост сеянцев сосны и ели. — Лесной журнал, 1981, № 6.
Святецкий В. В. Влияние минеральных удобрений на рост и накопление биомассы саженцами сосны обыкновенной. В сб.: Научные труды УСХА. Лесоводство и лесоразведение. Вып. 219. Киев, 1978.
Харитонов Г. А. Влияние удобрений на соотношение надземной и подземной части древесных саженцев. — Лесной журнал, 1978, № 4.

ВЛИЯНИЕ ОДНОРАЗОВОГО И ПОВТОРНОГО ВНЕСЕНИЯ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ НА РОСТ ЕЛОВЫХ И СОСНОВЫХ СЕЯНЦЕВ

Л. РАЙД

Резюме

С целью разработки более целесообразного режима удобрения в ходе опытов в питомниках и вегетационных опытов изучили влияние одноразового и повторного внесения азотного удобрения на рост еловых и сосновых сеянцев.

При выращивании однолетних сосновых сеянцев в теплице на малоплодородном субстрате относительно лучшие результаты получили при внесении 75. . .150 мг азота на 1 л субстрата.

Сходные результаты получили при однократном внесении удобрений до посева семян и при внесении этой же дозы удобрения в двух частях равными долями до посева и поверхностно в июне.

При внесении дозы удобрения тремя равными долями в вегетационный период, причем последнее поверхностное удобрение проводится в середине июля, сеянцы в росте не достигают лучших результатов, чем при одноразовом внесении. Поверхностное удобрение в середине лета удлиняет период роста сеянцев, в результате чего последние не успевают к концу вегетационного периода одеревенеть.

Если сосновые и еловые сеянцы выращивать в питомнике в открытом грунте два года, то целесообразно удобрять азотом каждый год, внося половину дозы до посева в почву и вторую половину следующей весной поверхностно. Если агрофон питомниковых почв высокий, то

нет необходимости в удобрении сеянцев хвойных пород в течение вегетационного периода. Если питомник расположен на малоплодородной почве с легким составом, то на первом году роста удобрения следует вносить два раза: первый раз до посева в почву в апреле и второй раз поверхностно в конце июня или начале июля.

DIE WIRKUNG DER EIN- UND MEHRMALIGEN ANWENDUNG VON STICKSTOFFDÜNGUNG AUF DAS WACHSTUM DER FICHTEN- UND KIEFERNSÄMLINGE

L. RAID

Zusammenfassung

Zur Ausarbeitung eines zweckmässigeren Düngungsregimes wurde die Wirkung der ein- und mehrmaligen Stickstoffdüngung auf das Wachstum der Fichten- und Kiefernsämlinge in Forstgarten- und Vegetationsversuchen erforscht.

Die besten Ergebnisse zeigten Versuche, in den man für die Zucht einjähriger Kiefernsämlinge auf ertragskargem Substrat des Gewächshauses auf 1 Liter Substrat 75—150 mg Stickstoff zugeführt hat.

Naheliegende Ergebnisse erzielte man sowohl bei einer einmaligen Düngung vor der Aussaat, als auch bei einer Zuführung derselben Düngungsnorm in zwei gleichen Mengen, die dann erstens vor der Aussaat und danach als Kopfdünger im Juni erfolgte.

Im Vergleich mit der einmaligen Düngung konnten im Wachstum der Sämlinge mit einer dreimaligen Düngung keine besseren Ergebnisse erzielt werden, wenn dieselbe Düngernorm in drei gleichen Teilen in der Vegetationsperiode zugeführt wurde, wobei die letzte Düngung als Kopfdünger in der Julimitte erfolgte. Eine in der Mitte des Sommers durchgeführte Kopfdüngung mit Stickstoff verlängert die Wachstumszeit der Sämlinge und bis zum Ende der Vegetationsperiode erreichen die Sämlinge nicht ihren Verholzungsstand.

Wenn Fichten- und Kiefernsämlinge in den Forstgärten zwei Jahre offen gezüchtet werden, so ist Stickstoffdüngung in beiden Jahren zu empfehlen. Die Hälfte der Düngerzufuhr sollte dann vor der Aussaat in den Boden erfolgen und die zweite Hälfte im folgenden Jahr als Kopfdünger zugeführt werden. In Forstgartenboden mit hohem Agrofond besteht aber kein Bedürfnis nach einer Düngung der Nadelholzsämlinge in der Vegetationsperiode. Wenn aber der Forstgarten auf einem ertragskargem Boden mit leichter Textur liegt, dann düngt man am besten zweimal in ersten Wachstumsjahr, indem die erste Düngerzufuhr vor der Aussaat im April und die zweite als Kopfdüngung am Ende Juni oder Anfang Juli erfolgen muss.

МИГРАЦИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В НЕКОТОРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЭСТОНИИ

П. Г. ТЯЛЛИ

Подвижность питательных элементов, внесенных с минеральными удобрениями, играет важную роль в формировании режима минерального питания леса в различных генетических горизонтах. Из-за больших различий в скорости миграции различных минеральных удобрений в нижних почвенных горизонтах может образоваться неуравновешенный почвенный раствор, в котором излишек одних и нехватка других питательных элементов может вызвать серьезное расстройство питания деревьев. При использовании минеральных удобрений в лесном хозяйстве возникают различные проблемы охраны окружающей среды, в первую очередь охрана поверхностных и грунтовых вод от химического загрязнения. Вынос минеральных удобрений и азота атмосферными осадками в грунтовые воды, реки и озера вызывает значительную непродуктивную потерю туков.

Зная своеобразие миграции различных минеральных удобрений в лесных почвах, можно выбором времени и способов внесения удобрений, выбором более подходящих видов и доз удобрений создать оптимальный или близкий к нему уровень и равновесие питательных веществ в корнепитающем почвенном слое, уменьшить потери туков и защитить поверхностные и грунтовые воды от химического загрязнения.

Взаимоотношения лесных почв и калийных удобрений и потери калия из почвы в результате вымывания изучены относительно слабо. В настоящей работе представлены результаты лабораторных лизиметрических опытов о влиянии различных калийных удобрений на концентрацию калия в гравитационной воде песчаных почв сосняков лишайникового, брусничного и черничного типов местопроизрастания, торфяной почвы верхового болота и суглинистой почвы ельника-кисличника. Рассматривается вымывание калийных удобрений из почвы.

Материал и методика

Миграцию калия, внесенного с удобрениями, изучали в лабораторных условиях по методу контейнерных лизиметров. Опытные почвы происходили из типов лесов, нуждающихся больше всего в удобрении — из сосняков лишайникового, брусничного, черничного и сфагнового типов местопроизрастания. Для сравнения изучали миграцию калийных удобрений в относительно плодородной дерново-подзолистой суглинистой почве ельника-кисличника. Опытные почвы характеризуются в табл. 1.

В качестве лизиметров использовали цилиндрические сосуды из оцинкованной жести, покрытые изнутри битуменом. Глубина лизиметров была 50 или 100 см, диаметр — 30 см. Лизиметры заполняли почвой в строгой последовательности с природным расположением почвенных горизонтов, A_0-горизонт вместе с A_2-горизонтом брали с живым покровом и помещали в лизиметр сверху. Для изучения миграции питательных элементов в торфяной почве сфагнового сосняка использовали цилиндрические контейнерные лизиметры глубиной 50 см и диаметром 30 см со снимаемым дном. Заполняли их в лесу. С этой целью снимали дно и цилиндр острыми краями вдавливали в торф. Корни и мелкие пни, препятствовавшие вдавливанию, устраняли при помощи лопаты. Рядом с вдавленным в торф лизиметром выкапывали яму, чтобы снизу подрезать торфяной монолит. Лизиметр с торфяным монолитом извлекали и закрывали дном. Использование лизиметра со снимаемым дном позволяло получить торфяной монолит с ненарушенным профилем и живым напочвенным покровом. Из калийных удобрений изучали миграцию хлористого калия, сульфата калия и калимагнезии.

Минеральные удобрения высевали поверхностно. Использовали одно- ($К_{100}$), двух- ($К_{200}$) и четырехкратные ($К_{400}$) дозы. Дождевание производили дистиллированной водой три раза в неделю, однократная норма полива соответствовала осадкам 10 мм. При чрезвычайно сильной транспирации (жаркие дни в период интенсивного роста живого напочвенного покрова) норма полива соответствовала 15 мм осадков. Опыты проводились в трех повторностях.

Измеряли просочившийся через лизиметр объем воды. Фильтрат анализировали через 2. . .3 недели. Содержание калия определяли при помощи пламенного фотометра. Концентрация калия (К) была представлена в мг на 1 л фильтрата. По объему и концентрации фильтрата и площади лизиметра вычисляли удаление калия гравитационной водой в граммах на 1 $м^2$.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почв лизиметрических опытов

Вид и происхождение почвы	Горизонт и глубина, см	Гранулометрический состав, содержание физич. глины, %	pH_{KCl}	Валовой				Лактатно-растворимый			Гумус %
				N	P_2O_5	K_2O	CaO	P_2O_5	K_2O		
				%				м %			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
				Сосняк лишайниковый							
Пт1	A_0 0—3	—	3,6	0,61	0,12	0,07	0,52	14,8	37,7	—	
Выруский р-н	A_2 3—5	п2; 5,4	3,8	0,05	0,06	0,02	0,14	3,6	8,1	3,0	
Кубьяское	B 5—40	п2; 5,9	4,9	0,05	0,10	0,03	0,23	0,7	7,0	1,65	
лесничество	C 40—100	п1; 2,9	4,8	0,03	0,04	0,03	0,14	0,7	7,0	0,24	
				Сосняк-брусничник							
Пт1	A_0 0—5	—	2,8	0,89	0,18	0,08	0,48	24,6	68,7	—	
Выруский р-н	A_2 5—8	п2; 5,2	3,0	0,09	0,01	0,02	0,18	1,4	4,3	3,22	
Сымерпалуское	B_1 8—18	п2; 6,5	4,5	0,04	0,09	0,03	0,06	1,5	2,4	1,21	
лесничество	B 18—58	п1; 4,5	4,7	0,03	0,03	0,03	0,04	1,5	3,7	0,30	
	BC 58—100	п1; 3,7	4,9	0,04	0,03	0,04	0,11	1,1	3,1	0,17	
				Сосняк-черничник							
Пт3	A_0 0—10	—	3,9	0,73	0,07	0,10	0,59	18,2	83,4	—	
Тартуский р-н	A_2 10—30	п2; 6,5	3,9	0,04	0,01	0,03	0,00	3,4	2,2	0,48	
Ярвсельяский уч.-опыт.	B_1 30—50	сп; 11,2	4,3	0,08	0,12	0,09	0,24	6,8	7,2	5,0	
лесхоз	BC 50—100	п2; 7,5	4,8	0,08	0,08	0,07	0,25	3,2	5,6	0,86	

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11
						Ельник-кисличник					
Пд1	A_0	0—3	—	4,6	0,94	0,20	0,17	1,50	24,5	47,3	—
Тартуский р-н	A_2	3—21	cr1; 23,9	6,3	0,33	0,12	0,12	0,44	0,5	10,5	4,36
Тяхтвереское леснич.	B	21—50	cr1; 23,7	5,3	0,03	0,08	0,18	0,35	0,5	10,5	2,84
						Сосняк-сфагновый					
Тб1	A_0	0—50	—	3,4	1,10	0,08	0,03	0,53	12,8	26,2	—
Тартуский р-н											
Тяхтвереское леснич.											

Результаты исследования

Внутрипочвенная миграция питательных элементов, внесенных с минеральными удобрениями, зависит от многих факторов. Наиболее существенными из них являются количество осадков, механический состав почвы, доза и форма внесенных удобрений, характер землепользования, особенности выращиваемой культуры. Выщелачивание питательных элементов из почвы зависит прежде всего от количества атмосферных осадков, прошедщего через почвенный профиль и варьирующего в Эстонии в больших пределах как по отдельным видам почв, так и по годам. По данным Л. Рейнтама и Т. Саармана (1973), на бурых типичных почвах в ельнике через лесную подстилку и почвенные горизонты фильтруется только незначительная часть годовых атмосферных осадков — 18 мм; по данным Т. Эйпре (Tšeban, 1975), из выпадающих в Эстонской ССР осадков (728 мм) в грунтовую воду фильтруется 84 мм; по данным А. А. Роде и В. Н. Смирнова (1972), на легкосуглинистой дерново-подзолистой почве под сложным ельником с водным режимом промывного типа в грунтовую воду уходит 15 % атмосферных осадков.

Очень важным миграционным фактором является механический состав почвы. На глинистых почвах объем воды, просочившейся через почвенный профиль, меньше, чем на песчаных почвах, в результате чего в первом случае вымывание питательных элементов меньше. Кроме того, по данным А. Сиренди (Sirendi, 1972), в суглинистой почве фиксируется в среднем 28 % калия, внесенного с удобрениями, а в супесчаной и песчаной почве — 13,7. . .16 %, т. е. в два раза меньше.

Миграция и вымывание питателных элементов, внесенных с удобрениями, зависят от растительного покрова. Десукция древесным пологом и напочвенным растительным покровом достигает соответственно 30 и 10 % от годовой нормы осадков (Роде, Смирнов, 1972). Вместе с водой усваиваются и растворенные в ней питательные вещества.

Миграция калия в полевых почвах Эстонской ССР и его вымывание охарактеризованы в ряде работ (Piho, 1965, Раудвяли, Сиренди, 1972; Лаук, 1974; Sirendi, 1976). Однако миграция, фиксация и вымывание калийных удобрений в лесных почвах изучены мало. В связи с более интенсивным использованием калийных удобрений в насаждениях и выращиванием посадочного материала в лесных питомниках соответствующие исследования крайне необходимы.

Многообразие миграционных факторов и различия в степени их влияния на интенсивность процесса миграции питательных элементов превращают результаты исследовательской

работы в гетерогенные и затрудняют применение их в практике. Поэтому, необходимым оказывается изучение миграции минеральных удобрений по почвам различных типов местопроизрастания леса в регионе.

Влияние калийных удобрений на концентрацию калия гравитационных вод лесных почв

Хлористый калий, сульфат калия и калимагнезия — легкорастворимые удобрения. Ионы калия растворившихся в дождевой воде калийных удобрений попадают в поглощающий комплекс почвы, вытесняя оттуда ионы кальция и ионы водорода, которые реагируют с оставшимися в почвенном растворе ионами Cl^- или SO_4^{2-}. Если поглощающий комплекс почвы небольшой, а доза использованного калийного удобрения большая, то часть калийной соли остается в почвенном растворе и подвергается вымыванию.

Гравитационная вода песчаной почвы неудобренных сосняков лишайникового, брусничного и черничного типов местопроизрастания и суглинистой почвы ельника-кисличника содержит мало калия. Мало калия и в гравитационной воде торфяной почвы сфагнового сосняка (табл. 2, 3, 4, 5,6).

При поверхностном удобрении песчаной почвы сосняка лишайникового типа хлористым калием концентрация калия в гравитационной воде увеличивалась пропорционально увеличению доз удобрения. При дождевании до осадков 460 мм средняя концентрация калия (K^+) в фильтрате при дозах KCl K_{100}, K_{200} и K_{400} достигала соответственно 8,70, 21,09, 56,06 мг/л (табл. 2, рис. 1). Максимальные концентрации калия в фильтрате при применении доз K_{100}, K_{200} и K_{400} были соответственно 13,5, 34,3 и 106, 3 мг/л. Концентрация калия в фильтрате после удобрения повышалась чрезвычайно быстро и достигала максимума уже через 14. . .28 дней. При избыточной дозе удобрения — K_{400} — концентрация калия в фильтрате достигала уровня, существенно превышавшего соответствующий показатель питательного раствора Прянишникова в течение более длительного времени.

Выяснилось, что при внесении сульфата калия концентрация калия в почвенной воде сосняка лишайникого типа поднимается медленно и в меньшей степени, чем при применении хлористого калия. Средние концентрации калия в фильтрате при использовании сульфата калия в дозах K_{100}, K_{200} и K_{400} были соответственно 4,36, 8,66 и 15,07 мг/л, тем самым в два раза ниже, чем при применении хлористого калия. В отличие от внесения хлористого калия при применении сульфата калия повышение концентрации K отмечалось

Таблица 2

Изменение концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) песчаной почвы сосняка лишайникового при поверхностном внесении хлористого калия и сульфата калия в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Сульфат калия		
		$К_{100}$*	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
		Концентрация калия гравитационных вод, К мг/л					
110	2,20	5,90	11,30	64,80**	3,00	3,20	4,90
160	1,50	13,50	34,30	106,30	4,00	6,00	12,30
220	0,80	11,70	31,10	66,70	3,30	5,60	13,90
280	0,80	8,50	22,50	50,20	3,40	7,40	14,10
340	0,70	6,00	14,60	32,90	3,80	9,00	15,60
400	1,20	8,40	14,90	30,20	8,10	15,90	25,70
460	2,30	6,60	13,00	23,50	6,00	14,30	24,30
Среднее	1,34	8,70	21,09	56,06	4,36	8,66	15,07

* — число при К показывает дозу калийного удобрения ($К_2О$ кг/га)

** — черта показывает, что концентрация калия превышает концентрацию К в питательном растворе Прянишникова

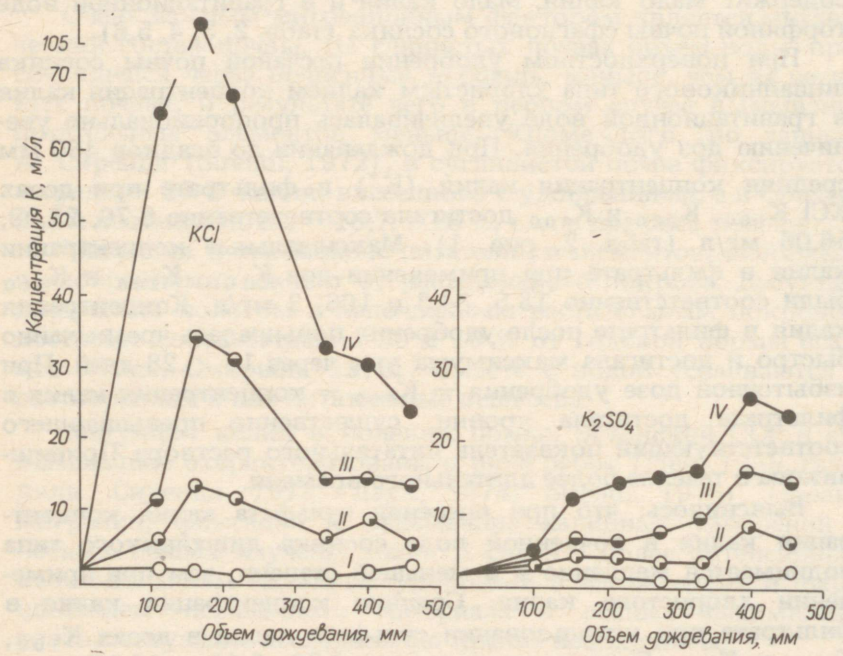


Рис. 1. Динамика концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) песчаной почвы сосняка лишайникового при поверхностном внесении хлористого калия (KCl) и сульфата калия (K_2SO_4). *I* — $К_0$, *II* — $К_{100}$, *III* — $К_{200}$, *IV* — $К_{400}$.

в конце вегетационного периода, что характеризует медленное движение сульфата калия в почве.

При поверхностном удобрении песчаной почвы сосняка-брусничника хлористым калием концентрация калия в гравитационной воде увеличивалась, как и в лишайниковом типе местопроизрастания, пропорционально увеличению доз удобрения. При дождевании до осадков 730 мм средняя концентрация калия в фильтрате была при использовании хлористого калия в дозах K_{100}, K_{200} и K_{400} соответственно 10,36, 17,74 и 44,7 мг/л (табл. 3, рис. 2). Выяснилось, что повышение концентрации калия в фильтрате почвы сосняка-брусничника происходило медленнее, чем в фильтрате почвы сосняка лишайникового типа. Максимальные концентрации калия в фильтрате были при применении доз хлористого калия K_{100}, K_{200} и K_{400} соответственно 21,2, 29,2 и 112,0 мг/л, т.е. не отличались существенно от соответствующих показателей почвы сосняка лишайникового.

При поверхностном внесении сульфата калия концентрация калия гравитационных вод почвы сосняка-брусничника поднималась значительно медленнее и в меньшей степени, чем при применении хлористого калия. При дождевании до осадков 730 мм средние концентрации К в фильтрате составили при использовании доз калия K_{100}, K_{200}, K_{400} соответственно 4,91, 8,93 и 26,32 мг/л, т.е. приблизительно в два раза меньше, чем при использовании хлористого калия. Максимальные концентрации калия в фильтрате были приблизительно в три раза меньше, достигая при применении доз сульфата калия K_{100}, K_{200} и K_{400} соответственно 5,7, 10,8 и 37,0 мг/л.

При поверхностном удобрении песчаной-супесчаной почвы сосняка-черничника калийными удобрениями и дождевании ее до уровня осадков 692 мм концентрация калия в фильтрате возрастала пропорционально увеличению доз удобрений (табл. 4, рис. 3). При применении доз хлористого калия K_{100}, K_{200} и K_{400} средние концентрации калия были соответственно 3,12, 4,03 и 11,46 мг/л и максимальные концентрации соответственно 5,14, 6,64 и 20,1 мг/л. В сравнении с лишайниковым и брусничным типом местопроизрастания леса повышение концентрации калия в фильтрате песчаной-супесчаной почвы сосняка-черничника протекает значительно медленнее, а уровень калия остается ниже. Это обусловлено прежде всего большой поглотительной способностью почвы сосняка-черничника, сильнейшей фиксацией калийных удобрений почвой, а также большим биологическим поглощением, вызванным обильным живым напочвенным покровом.

При удобрении почвы черничного типа местопроизрастания калимагнезией концентрация калия в гравитационной воде повышалась аналогично удобрению хлористым калием. При

Таблица 3

Изменение концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) песчаной почвы сосняка брусничника при поверхностном внесении хлористого калия и сульфата калия в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Сульфат калия		
		$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
		Концентрация калия гравитационных вод, К мг/л					
110	1,70	8,10	15,80	27,80	3,00	4,60	5,85
170	2,10	12,90	28,70	87,20	3,70	6,30	10,40
260	1,80	21,20	26,00	112,00	4,80	7,80	16,80
350	2,00	13,00	29,20	66,50	5,00	9,00	24,10
410	1,35	9,63	19,60	40,50	4,60	9,20	27,30
470	1,35	9,24	16,20	35,20	5,00	10,80	28,50
560	1,80	7,60	12,60	24,80	5,00	10,00	36,00
650	1,40	5,80	10,10	18,00	5,40	9,40	37,00
730	1,35	5,71	10,00	15,70	5,71	9,60	28,80
Среднее	1,63	10,36	17,74	44,70	4,91	8,93	26,32

Таблица 4

Изменение концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) песчаной-супесчаной почвы сосняка-черничника при поверхностном внесении хлористого калия и калимагнезии в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Калимагнезия		
		$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
		Концентрация калия гравитационных вод, К мг/л					
102	1,30	1,33	1,53	1,41	1,35	1,45	1,45
170	1,20	1,35	1,92	2,05	1,65	1,75	1,50
239	1,33	1,74	2,62	3,05	1,25	2,35	3,70
341	1,35	2,60	3,53	9,54	2,11	3,15	5,90
409	1,35	4,10	5,61	18,94	3,50	4,30	9,30
500	1,35	5,14	6,64	20,10	3,60	5,60	19,00
602	1,40	4,25	4,89	15,02	3,30	5,20	19,00
692	1,50	3,82	4,83	18,16	2,70	3,20	10,10
Среднее	1,35	3,12	4,03	11,46	2,46	3,44	9,17

дождевании до уровня годовых осадков средняя концентрация К в фильтрате при дозах удобрений $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ составила соответственно 2,46, 3,44 и 9,17 мг/л. Максимальные концентрации калия были соответственно 3,6, 5,6 и 19,0 мг/л. Химический анализ калимагнезии, использованной в опытах, показал, что удобрение не было чистым сульфатным калийно-магнезиальным удобрением, а содержало приблизи-

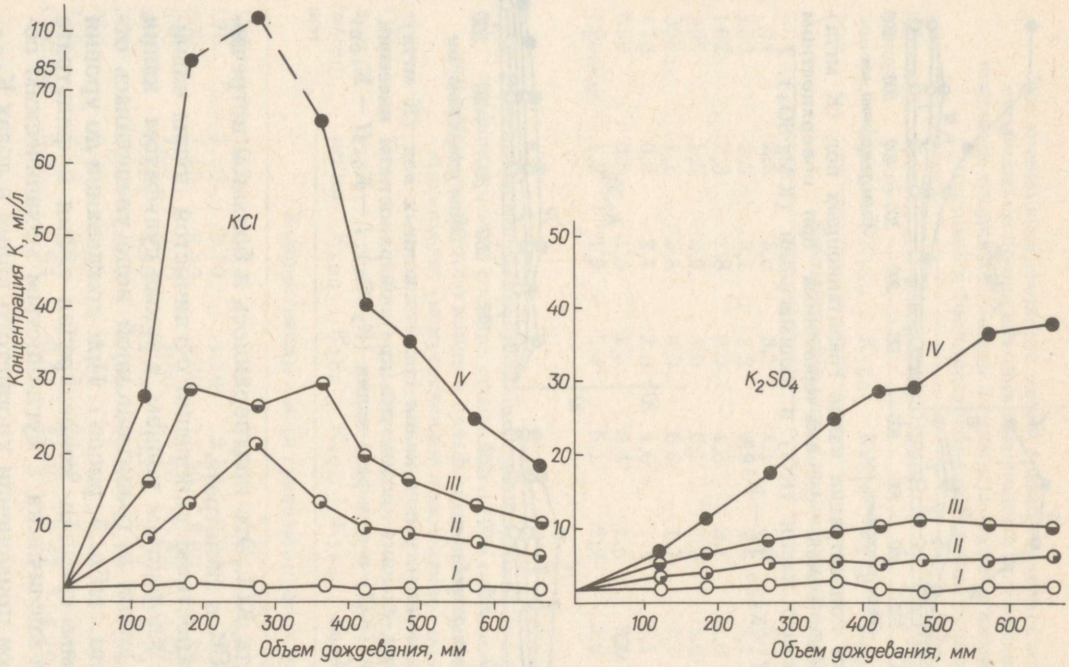


Рис. 2. Динамика концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) песчаной почвы сосняка-брусничника при поверхностном внесении хлористого калия (KCl) и сульфата калия (K_2SO_4). *I* — K_0, *II* — K_{100}, *III* — K_{200}, *IV* — K_{400}.

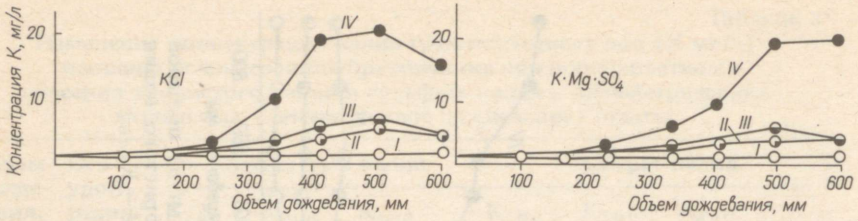


Рис. 3. Динамика концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) песчаной-супесчаной почвы сосняка-черничника при поверхностном внесении хлористого калия (KCl) и калимагнезии ($K \cdot Mg \cdot SO_4$). *I* — K_0, *II* — K_{100}, *III* — K_{200}, *IV* — K_{400}.

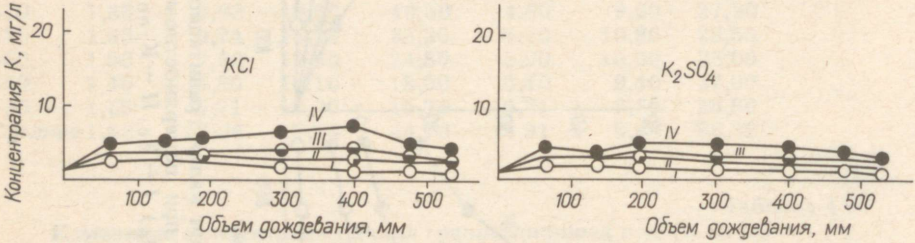


Рис. 4. Динамика концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) суглинистой почвы ельника-кисличника при поверхностном внесении хлористого калия (KCl) и сульфата калия (K_2SO_4). *I* — K_0, *II* — K_{100}, *III* — K_{200}, *IV* — K_{400}.

тельно 1/4 часть KCl. Это подтвердилось и большой встречаемостью ионов Cl^- в фильтрате.

При поверхностном удобрении суглинистой почвы ельника-кисличника хлористым калием, а также сульфатом калия концентрация калия в гравитационной воде увеличилась относительно мало (табл. 5, рис. 4). При дождевании до уровня осадков 534 мм средняя концентрация калия в фильтрате почвы ельника-кисличника с суглинистым механическим составом была при применении хлористого калия в дозах K_{100}, K_{200} и K_{400} соответственно 1,5, 2,4 и 5,1 мг/л. При применении сульфата калия концентрация К в фильтрате составила соответственно 2,2, 2,6 и 3,6 мг/л. Из результатов опыта вытекает, что в суглинистой почве ельника-кисличника как хлористый калий, так и сульфат калия малоподвижны.

При поверхностном удобрении торфяной почвы сфагнового типа местопроизрастания леса хлористым калием концентрация калия в гравитационной воде повышалась, как и в вышерассмотренных лесных почвах, с увеличением доз

Таблица 5

Изменение концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) суглинистой почвы ельника-кисличника при поверхностном внесении хлористого калия и сульфата калия в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Сульфат калия		
		$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
	Концентрация калия гравитационных вод, К мг/л						
64	2,3	3,5	3,5	4,1	2,6	3,3	4,0
133	2,3	3,1	3,3	4,3	2,6	3,1	3,3
192	2,3	2,8	3,5	4,8	3,1	4,0	5,0
300	1,2	2,5	4,0	6,1	2,3	3,6	4,5
398	1,1	2,8	4,0	6,8	1,7	2,1	4,0
476	0,9	2,1	2,8	4,6	1,7	2,1	2,5
534	0,5	1,0	1,5	3,4	1,3	1,4	2,5
Среднее	1,3	1,5	2,4	5,1	2,2	2,6	3,6

Таблица 6

Изменение концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) торфяной почвы сосняка сфагнового типа при поверхностном внесении хлористого калия и сульфата калия в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Сульфат калия		
		$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
	Концентрация калия гравитационных вод, К мг/л						
110	1,17	3,13	3,74	4,70	2,64	3,74	3,71
170	1,20	3,70	4,10	5,50	3,70	4,20	4,70
260	1,40	3,40	4,80	14,10	3,60	4,30	4,60
350	1,50	3,70	7,80	21,10	3,90	4,20	5,50
410	0,58	4,30	12,80	38,70	2,20	6,10	11,90
560	0,70	4,00	17,50	39,10	2,10	4,90	11,50
650	0,70	3,20	11,80	30,10	1,10	4,20	8,30
730	0,70	3,57	11,78	28,40	0,70	2,14	6,43
Среднее	0,91	3,64	9,52	24,29	2,37	4,26	7,33

удобрений. При дождевании до уровня осадков 730 мм средняя концентрация калия в фильтрате была при применении доз $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ соответственно 3,64, 9,52 и 24,29 мг/л, а максимальные концентрации соответственно 4,3, 17,5 и 39,1 мг/л, (табл. 6, рис. 5). При поверхностном удобрении сульфатом калия средняя концентрация калия в гравитационной воде верхового торфа была при применении доз $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ соответственно 2,37, 4,26 и 7,33 мг/л. Максимальные концентрации калия были при применении доз сульфата калия

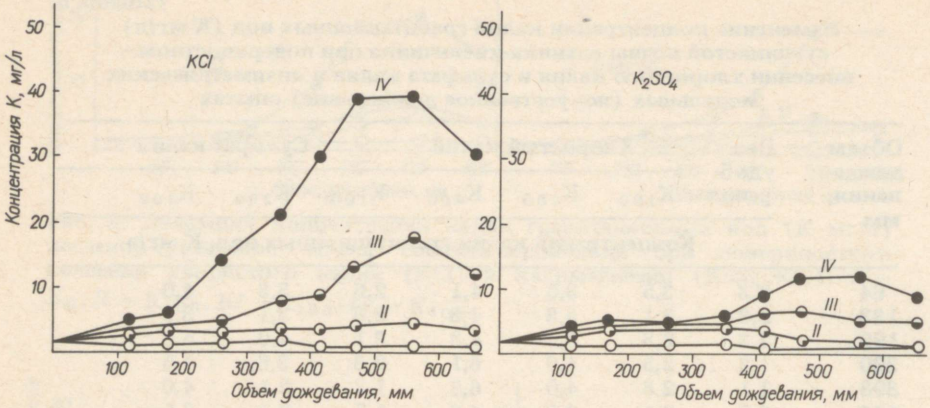


Рис. 5. Динамика концентрации калия гравитационных вод (К мг/л) торфяной почвы сосняка сфагнового при поверхностном внесении хлористого калия (KCl) и сульфата калия (K_2SO_4). *I* — K_0, *II* — K_{100}, *III* — K_{200}, *IV* — K_{400}.

K_{100}, K_{200} и K_{400} соответственно 3,9, 6,1 и 11, 9 мг/л. При сравнении влияния различных калийных удобрений на концентрацию калия в гравитационной воде верхового болота высянилось, что при применении сульфата калия концентрация калия в фильтрате в зависимости от доз удобрений в 1,1. . .3,3 раза ниже.

В итоге исследовании влияния калийных удобрений на содержание калия в гравитационной воде лесных почв следует отметить следующее:

1) в результате поверхностного внесения калийных удобрений повышается концентрация калия в гравитационной воде лесных почв и улучшаются условия питания калием в объеме всего корнепитающего почвенного профиля; уровень и динамика концентрации калия в почвенной воде зависят от типа местопроизрастания леса. При применении равной дозы удобрения типы местопроизрастания леса располагаются по уменьшению концентрации калия в почвенной воде следующим образом: лишайниковый > брусничный > черничный = сфагновый > кисличный;

2) уровень и динамика концентрации калия в почвенной воде зависят от формы использованного удобрения. При использовании равной дозы калийные удобрения располагаются в направлении снижения подвижности и концентрации калия в почвенной воде следующим образом: хлористый калий > калимагнезия > сульфат калия;

3) уровень концентрации калия в почвенной воде повышается с увеличением доз удобрения. В более тяжелых почвах с большей емкостью поглощения и большей способностью к фиксации повышение концентрации калия в фильтрате меньше.

Вымывание калийных удобрений из лесных почв

Для лишайникового, брусничного, черничного и осушенного сфагнового типов местопроизрастания леса характерен интенсивный промывной тип водного режима почвы. При интенсивном дождевании через почвенный профиль мощностью 1 м лишайникового типа местопроизрастания леса проходило 77. . .82 % поливной воды, через почвы брусничного типа местопроизрастания — 65. . .70 % и через почвы черничного типа — 61. . .66 %. Через слой верхового торфа в 0,5 м просачивалось 59. . .68 % воды. Хорошая водопроницаемость почвы сосняков лишайникого, брусничного и черничного типов местопроизрастания леса объясняется крупнозернистым механическим составом и малой десукцией травяным покровом.

Необходимо подчеркнуть, что в условиях леса через почвенный профиль просачивается гораздо меньше атмосферных осадков, чем в наших лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах. По данным А. А. Роде и В. Н. Смирнова (1972), часть атмосферных осадков (30 %) задерживается на кронах древесного полога и возвращается в атмосферу, не достигнув поверхности почвы. Другая часть, также 30 %, десугируется древесным пологом из почвы и возвращается в атмосферу. Третья часть (10 %) расходуется на испарение с поверхности почвы и десукцию напочвенным растительным покровом и возвращается в атмосферу. Четвертая доля (15 %) расходуется поверхностным и почвенным стоком. В грунтовые воды уходит 15 % атмосферных осадков.

Режим влажности почв с водным режимом промывного типа в условиях леса в Эстонии мало изучен. Можно предположить, что с нисходящим током в грунтовые воды уходит не более 20—25 % атмосферных осадков. Следовательно, вымывание калия калийных удобрений в лесных условиях в 2. . .3 раза меньше, чем в нащих лизиметрических модельных опытах с интенсивным дождеванием.

Почвенный профиль ельника-кисличника содержал в горизонтах В и С водонепроницаемые слои тяжелого суглинка, вследствие чего при использовании лизиметров глубиной 1 м фильтрата не получали, поэтому в лизиметрических опытах можно было проследить миграцию удобрений только в почвенном слое до 0,5 м.

Таблица 7

Вымывание калия гравитационной водой (К г/м^2) из песчаной почвы сосняка лишайникового типа при поверхностном внесении хлористого калия и сульфата калия в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Сульфат калия		
		$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
	Количество калия (К г/м^2), вышелоченного гравитационной водой: в опытный период / всего с начала опыта						
110	0,119	0,304	0,523	2,754	0,152	0,201	0,323
	0,119	0,304	0,523	2,754	0,152	0,201	0,323
160	0,092	0,809	1,963	6,158	0,266	0,363	0,767
	0,211	1,113	2,486	8,912	0,418	0,564	1,090
220	0,053	0,757	2,035	4,488	0,231	0,536	0,967
	0,264	1,870	4,521	13,800	0,649	1,100	2,057
280	0,051	0,529	1,280	2,489	0,192	0,430	0,699
	0,315	2,399	5,801	15,889	0,841	1,530	2,756
340	0,049	0,384	0,641	1,379	0,163	0,442	0,753
	0,364	2,783	6,442	17,268	1,004	1,972	3,509
400	0,053	0,425	0,753	1,381	0,318	0,646	1,201
	0,417	3,208	7,195	18,649	1,322	2,618	4,710
460	0,151	0,434	0,718	1,122	0,365	0,865	1,184
	0,568	3,642	7,913	19,771	1,687	3,483	5,894

Из неудобренной песчаной почвы сосняка лишайникового при дождевании, соответствующем 460 мм осадков, калия (К) вымывалось 0,57 г/м^2, или 5,7 кг/га (табл. 7). При поверхностном удобрении хлористым калием дозами $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ вымывание калия составило соответственно 3,64, 7,91 и 19,77 г/м^2, или 36,4, 79, 1 и 179,7 кг/га, т. е. 43,9 %, 47,7 % и 59,5 % от доз удобрения.

При удобрении сульфатом калия потери калия в результате вымывания были приблизительно в два раза меньше, чем при применении хлористого калия, соответственно 16,9, 34,8 и 58,9 кг/га. Большие потери калия, отмеченные при применении больших доз удобрения, объясняются малой способностью почвы сосняка лишайникового типа поглощать калий.

Таблица 8

Вымывание калия гравитационной водой (К г/м^2) из песчаной почвы сосняка брусничного типа при поверхностном внесении хлористого калия и сульфата калия в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Сульфат калия		
		$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
	Количество калия (К г/м^2), вышелоченного гравитационной водой						
		в опытный период / всего с начала опыта					
110	0,048 / 0,048	0,252 / 0,252	0,501 / 0,501	0,713 / 0,713	0,053 / 0,053	0,089 / 0,089	0,120 / 0,120
170	0,084 / 0,132	0,492 / 0,744	1,130 / 1,631	2,865 / 3,578	0,161 / 0,214	0,267 / 0,356	0,392 / 0,512
260	0,116 / 0,248	1,480 / 2,224	1,565 / 3,196	6,504 / 10,082	0,310 / 0,524	0,525 / 0,881	1,104 / 1,616
350	0,112 / 0,360	0,790 / 3,014	1,650 / 4,846	3,664 / 13,746	0,315 / 0,839	0,523 / 1,404	1,461 / 3,077
410	0,063 / 0,423	0,409 / 3,423	0,827 / 5,673	1,652 / 15,398	0,206 / 1,045	0,440 / 1,844	0,797 / 3,874
470	0,068 / 0,491	0,458 / 3,881	0,851 / 6,524	1,745 / 17,143	0,264 / 1,309	0,546 / 2,390	1,404 / 5,278
560	0,138 / 0,629	0,549 / 4,430	0,910 / 7,434	1,791 / 18,934	0,361 / 1,670	0,722 / 3,112	2,600 / 7,878
650	0,108 / 0,737	0,418 / 4,848	0,787 / 8,221	1,300 / 20,234	0,390 / 2,060	0,690 / 3,802	2,673 / 10,551
730	0,096 / 0,833	0,404 / 5,252	0,708 / 8,929	1,112 / 21,346	0,404 / 2,464	0,680 / 4,482	2,040 / 12,591

Из неудобренной песчаной почвы сосняка-брусничника калия удалялось при дождевании, соответствующем 730 мм осадков, 0,83 г/м^2, или 8,3 кг/га (табл. 8). При внесении хлористого калия количество калия, вышелоченного гравитационной водой, увеличилось значительно. При применении доз удобрения $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ количество вышелоченного калия достигало соответственно 52,5, 89,3 и 213,5 кг/га, что составляет от доз удобрения 63 %, 54 % и 64 %.

При удобрении почвы сосняка брусничного типа сульфатом калия вымывание калия происходило, как и в лишай-

Таблица 9

Вымывание калия гравитационной водой (К г/м^2) из песчаной-супесчаной почвы сосняка черничного типа при поверхностном внесении хлористого калия и калимагнезии в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Калимагнезия		
		$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
	Количество калия (К г/м^2), выщелоченного гравитационной водой						
		в опытный период / всего с начала опыта					
102	0,101 / 0,101	0,100 / 0,100	0,135 / 0,135	0,107 / 0,107	0,104 / 0,104	0,108 / 0,108	0,123 / 0,123
170	0,050 / 0,151	0,057 / 0,157	0,081 / 0,216	0,087 / 0,194	0,070 / 0,174	0,074 / 0,182	0,063 / 0,186
239	0,065 / 0,216	0,086 / 0,243	0,129 / 0,345	0,151 / 0,345	0,062 / 0,235	0,116 / 0,298	0,183 / 0,369
341	0,078 / 0,294	0,150 / 0,393	0,205 / 0,550	0,554 / 0,899	0,122 / 0,357	0,182 / 0,480	0,342 / 0,711
409	0,061 / 0,355	0,185 / 0,578	0,254 / 0,804	0,858 / 1,757	0,158 / 0,515	0,194 / 0,674	0,421 / 1,132
500	0,074 / 0,429	0,283 / 0,861	0,366 / 1,170	1,110 / 2,867	0,198 / 0,713	0,309 / 0,983	1,049 / 2,181
602	0,083 / 0,512	0,252 / 1,113	0,290 / 1,460	0,893 / 3,760	0,196 / 0,909	0,309 / 1,292	1,130 / 3,211
692	0,095 / 0,607	0,243 / 1,356	0,307 / 1,767	1,157 / 4,917	0,172 / 1,081	0,203 / 1,495	0,643 / 3,954

никовом типе местопроизрастания, приблизительно в два раза медленнее, чем при использовании хлористого калия. При применении доз сульфата калия $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ количество выщелоченного калия равнялось соответственно 2,46, 4,48 и 12,59 г/м^2.

Из лизиметрических опытов, проведенных с песчаной-супесчаной почвой сосняка черничного типа, выяснилось (табл. 9), что при дождевании, соответствующем 692 мм осадков, из неудобренной почвы вымывалось 6,1 кг/га К. При поверхностном внесении хлористого калия количество выщелоченного калия увеличивалось пропорционально увеличению нормы удобрения. При применении доз $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ количество калия (К), выщелоченного гравитацион-

Таблица 10

Вымывание калия гравитационной водой (К г/м^2) из суглинистой почвы ельника-кисличника при поверхностном внесении хлористого калия и сульфата калия в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Сульфат калия		
		$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
	Количество калия (К г/м^2), вышелоченного гравитационной водой						
	в опытный период / всего с начала опыта						
64	0,097 / 0,097	0,145 / 0,145	0,145 / 0,145	0,173 / 0,173	0,110 / 0,110	0,138 / 0,138	0,166 / 0,166
133	0,106 / 0,203	0,145 / 0,290	0,152 / 0,297	0,198 / 0,371	0,122 / 0,232	0,145 / 0,283	0,199 / 0,365
192	0,083 / 0,286	0,101 / 0,391	0,125 / 0,422	0,173 / 0,544	0,113 / 0,345	0,143 / 0,426	0,179 / 0,544
300	0,081 / 0,367	0,165 / 0,556	0,257 / 0,679	0,391 / 0,935	0,150 / 0,495	0,231 / 0,657	0,289 / 0,833
389	0,068 / 0,435	0,174 / 0,730	0,246 / 0,925	0,415 / 1,350	0,106 / 0,601	0,129 / 0,786	0,246 / 1,079
476	0,054 / 0,489	0,119 / 0,849	0,154 / 1,079	0,256 / 1,606	0,093 / 0,694	0,121 / 0,907	0,143 / 1,222
534	0,034 / 0,523	0,069 / 0,918	0,104 / 1,183	0,234 / 1,840	0,089 / 0,783	0,095 / 1,002	0,171 / 1,393

ной водой, равнялось соответственно 1,36, 1,77 и 4,92 г/м^2 или 13,6, 17,7 и 49,2 кг/га.

Из почвы, удобренной калимагнезией, калия выщелачивалось несколько меньше, чем при применении хлористого калия. При использовании доз $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ количество выщелоченного К достигало соответственно 10,8, 14,9 и 39,5 кг/га.

Опыт показал, что выщелачивание калия, внесенного с удобрениями, из почвы сосняка черничного типа значительно меньше, чем из почв сосняков лишайникового или брусничного типов. Меньшее вымывание калия объясняется большей способностью поглощения калия почвой черничного типа местопроизрастания, с более тяжелым механическим составом, а также интенсивным биологическим поглощением со стороны живого напочвенного покрова.

Таблица 11

Вымывание калия гравитационной водой (К г/м^2) из торфяной почвы сосняка сфагнового типа при поверхностном внесении хлористого калия и сульфата калия в лизиметрических модельных (искусственное дождевание) опытах

Объем дождевания, мм	Без удобрения	Хлористый калий			Сульфат калия		
		$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$	$К_{100}$	$К_{200}$	$К_{400}$
	Количество калия (К г/м^2), вышелоченного гравитационной водой						
	в опытный период / всего с начала опыта						
110	0,035 / 0,035	0,093 / 0,093	0,111 / 0,111	0,140 / 0,140	0,079 / 0,079	0,103 / 0,103	0,110 / 0,110
170	0,053 / 0,088	0,187 / 0,280	0,222 / 0,333	0,263 / 0,403	0,172 / 0,251	0,197 / 0,300	0,236 / 0,373
260	0,067 / 0,155	0,203 / 0,483	0,307 / 0,640	0,973 / 1,376	0,183 / 0,434	0,291 / 0,591	0,306 / 0,679
350	0,066 / 0,221	0,220 / 0,703	0,388 / 1,028	1,222 / 2,598	0,187 / 0,621	0,243 / 0,843	0,313 / 0,992
410	0,024 / 0,245	0,160 / 0,863	0,377 / 1,405	1,287 / 3,885	0,102 / 0,723	0,249 / 1,083	0,360 / 1,352
470	0,022 / 0,267	0,180 / 1,043	0,370 / 1,775	1,145 / 5,030	0,052 / 0,775	0,250 / 1,333	0,442 / 1,794
560	0,047 / 0,314	0,288 / 1,331	1,028 / 2,803	2,575 / 7,605	0,115 / 0,890	0,331 / 1,664	0,742 / 2,536
650	0,038 / 0,352	0,242 / 1,573	0,894 / 3,697	2,281 / 10,886	0,083 / 0,973	0,318 / 1,982	0,629 / 3,165
730	0,050 / 0,402	0,253 / 1,826	0,834 / 4,531	2,011 / 11,897	0,050 / 1,023	0,152 / 2,134	0,457 / 3,622

Из верхнего слоя неудобренной суглинистой почвы мощностью 0,5 м ельника-кисличника при дождевании, соответствующем 534 мм осадков, калия выщелачивалось 0,5 г/м^2 или 5,2 кг/га (табл. 10). При поверхностном удобрении калийными удобрениями количество выщелоченного калия увеличивалось незначительно. Так, количество калия, выщелоченного из почв, удобренных хлористым калием в дозах $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$, составило соответственно 0,92, 1,18 и 1,84 г/м^2, или 9,2, 11,8 и 18,4 кг/га. При использовании таких же доз сульфата калия выщелоченный калий составил 0,78, 1,00 и

1,39 г/м^2 или 7,8, 10,0 и 13,9 кг/га. Выяснилось, что и в суглинистой почве кисличного типа местопроизрастания леса хлористый калий подвижнее, чем сульфат калия.

Из неудобренной торфяной почвы сфагнового сосняка при дождевании, соответствующем годовому количеству осадков, калия вымывалось относительно мало — 0,40 г/м^2, или 4 кг/га (табл. 11). В результате удобрения хлористым калием количество выщелоченного калия резко увеличилось, составив при применении доз $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ соответственно 1,83, 4,53 и 11,89 г/м^2, или 18,3, 45,3 и 118,9 кг/га.

Вымывание сульфата калия из торфяной почвы сфагнового сосняка было приблизительно в два раза меньше, чем вымывание хлористого калия. При поверхностном внесении сульфата калия дозами $К_{100}$, $К_{200}$ и $К_{400}$ количество выщелоченного калия составило соответственно 1,02, 2,13 и 3,62 г/м^2 или 10,2, 21,3 и 36,2 кг/га.

Из результатов лабораторных исследований выщелачивания калийных удобрений из лесных почв вытекает:

1) в неудобренных лесных почвах потеря калия вследствие выщелачивания относительно маленькая. Годовыми атмосферными осадками из верхнего слоя типично-подзолистых песчаных почв мощностью 1 м лишайникового, брусничного и черничного типов местопроизрастания калия (К) выщелачивается не более 5,7—8,3 кг/га, из слоя дерново-подзолистых суглинистых почв мощностью 0,5 м кисличного типа местопроизрастания — 5,2 кг/га и из верхового торфа мощностью 0,5 м — 4 кг/га;

2) при поверхностном удобрении типично-подзолистых песчаных почв калийными удобрениями количество выщелоченного калия существенно увеличивается. Из почвенного профиля мощностью 1 м сосняка лишайникового типа, удобренного хлористым калием ($К_{100}$), калия (К) выщелачивалось количеством осадков 460 мм 36,4 кг/га, из почвы сосняка-бурсничника осадками 730 мм — 52,5 кг/га и из почвы сосняка-черничника — 13,6 кг/га. Относительно небольшим является вымывание калийных удобрений из дерново-подзолистой суглинистой почвы ельника-кисличника. Из внесенного поверхностно хлористого калия ($К_{100}$) сквозь почвенный слой 0,5 м просачивалось калия (К) 9,2 кг/га. В торфяной почве сфагнового сосняка, удобренной хлористым калием ($К_{100}$), количество выщелоченного калия составило 18,3 кг/га. Из данных видно, что интенсивность вымывания калийных удобрений зависит от почвы типа местопроизрастания леса;

3) опыты показали, что вымывание калия зависит от формы калийного удобрения. При внесении сульфата калия

потери калия в результате вымывания приблизительно в два раза меньше, чем при внесении хлористого калия;

4) учитывая, что в лабораторных условиях интенсивность искусственного дождевания превышала в 2—3 раза интенсивность годовых атмосферных осадков и отсутствовали десукция древесным пологом из почвы и задерживание атмосферных осадков кронами деревьев, можно предположить, что действительное вымывание калия, внесенного с удобрениями, в лесных условиях приблизительно в 2—3 раза меньше.

ЛИТЕРАТУРА

Лаук Ю. О влиянии удобрений на содержание и динамику форм калия в почве. — В кн. Сборник научных трудов Эстонской сельскохозяйственной академии. (Изучение почвенных ресурсов и повышение их продуктивности) № 92, Тарту, 1974.

Раудвяли Э., Сиренди А. Фиксация калия в некоторых почвах Эстонской ССР. — В кн. Сборник научных трудов ЭстНИИЗиМ, № 25, 1972.

Рейнтам Л., Саарман Т. Состав лизиметрических вод и миграция веществ в почвах буроземного типа. — В кн. Сборник научных трудов Эстонской сельскохозяйственной академии. (Продуктивность и свойства почв) № 82, Тарту, 1973.

Роде А. А., Смирнов В. Н. Почвоведение. М. 1972.

Сиренди А. Э.-М. Фиксация, подвижности и усвоение растениями калия на некоторых почвах Эстонской ССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Елгава, 1972.

Piho A. Fosfor- ja kaaliväetiste andmise ajast ja kaaliumi sidumisest mullas. "Sotsialistlik Põllumajandus". 1965, nr. 16.

Sirendi A. Väetised ja muld. "Sotsialistlik Põllumajandus". 1976, nr. 18.

Tšeban E. Eesti NSV põhjavesi ja selle kasutamine. Tallinn, 1975.

KAALIUMVÄETISTE MIGRATSIOON MÕNINGATES EESTI NSV METSAMULDADES

P. TÄLLI

Kokkuvõte

Väetistega antud toiteelementide liikuvus mullas etendab tähtsat osa metsa toitumisrežiimi kujunemisel erinevates geneetilistes horisontides. Toiteelementide liikumise suure erinevuse tõttu võib alumistes mullahorisontides kujuneda tasakaalustamata mullalahus, milles üksikute toiteelementide liigsus ja teiste vähesus võivad põhjustada tõsiseid häireid puude toitumises. Väetisainete ärakandumine sademeteveega pinna- ja põhjavette põhjustab viimaste keemilise reostumise ning mineraalväetiste olulise kao.

Väetistega antud kaaliumi migratsiooni uuriti laboratoorsetes tingimustes konteinerlüsimeetrite meetodil forsseeritud kunstlikku vihmutamist kasutades.

Võrreldi kaaliumkloriidi, kaaliumsulfaadi ja kaalimagneesia liikumist sambliku-, pohla- ja mustikamännikute liivmulla 1 m tüseduses kihis ning rabamänniku turvasmulla ja jänesekapsakuusiku kerge liivsavimulla 0,5 m kihis. Väetiste ühe- (K_{100}), kahe- (K_{200}) ja neljakordsed (K_{400}) annused külvati ühtlaselt mulla pinnale. Kastmine destilleeritud veega toimus kolm korda nädalas à 10 mm. Filtraati analüüsiti 2. . .3 nädala järel. Kaaliumi (K) kontsentratsioon määrati leekfotomeetriga. Lüsimeetri pindala, filtraadi koguse ja kontsentratsiooni järgi arvutati kaaliumi eemaldumine grammides 1 m^2 kohta.

Tehti kindlaks, et väetamata sambliku-, pohla- ja mustikamännikute liivmuldade ning jänesekapsakuusiku liivsavimulla ja rabamänniku turvasmulla gravitatsioonivesi sisaldab kaaliumi vähe — 0,5. . .2,3 mg/l. Sambliku-, pohla- ja mustikamänniku liivmuldade ja rabamänniku turvasmulla väetamisel kaaliumkloriidiga, kaaliumsulfaadiga või kaalimagneesiaga tõuseb gravitatsioonivee kaaliumi kontsentratsioon proportsionaalselt väetiste annusega (tab. 2, 3, 4, 6). Selgus, et kaaliumväetiste mõjul tõuseb jänesekapsakuusiku liivsavimulla gravitatsioonivee kaaliumi kontsentratsioon üsna vähe (tabel 5).

Mullavee kaaliumi kontsentratsiooni tase ja dünaamika sõltuvad kasutatud kaaliumväetiste liigist. Võrdsete toimeainekoguste puhul tõstab gravitatsioonivee kaaliumi kontsentratsiooni kõige enam kaaliumkloriid, järgnevad kaalimagneesia ja kaaliumsulfaat. Gravitatasioonivee kaaliumi kontsentratsiooni tase ja dünaamika sõltuvad metsakasvukohatüübi mullast. Võrdsete väetisannuste kasutamisel on gravitatsioonivee kaaliumikontsentratsioon sambliku- ja pohlamännikute liivmuldades oluliselt kõrgem kui mustikamänniku liiv-saviliivmullas. Jänesekapsakuusiku liivsavimulla pealtväetamine kaaliumkloriidiga või kaaliumsulfaadiga suurendab gravitatsioonivee kaaliumisisaldust vähe.

Kaaliumväetiste migratsioon ja väljauhtumine sõltuvad eelkõige mulla veerežiimist ja mehhaanilisest koostisest. Intensiivselt läbiuhtuva veerežiimiga sambliku- ja pohlamännikute sõredatel liivmuldadel on kaaliumväetiste väljauhtumine mustikamänniku sidusa liivmullaga võrreldes ligikaudu kolm korda ja jänesekapsakuusiku liivsavimullaga võrreldes kuni viis korda suurem (tabelid 7, 8, 9, 10). Kaaliumväetiste väljauhtumine sõltub kaaliumväetiste liigist. Kaaliumkloriidiga väetamisel on väljauhtumine kuni kaks korda suurem kui kaaliumsulfaadi kasutamisel.

DIE MIGRATION VON KALIDÜNGERN IN EINIGEN WALDBÖDEN DER ESTNISCHEN SSR

P. Tälli

Zusammenfassung

Die Migration des bei der Düngung zugeführten Kaliums wurde unter laboratorischen Bedingungen mit der Methode des Container-Lysimeters unter Anwendung vorangetriebener künstlichen Beregnung untersucht. Bewegungen von Kaliumchlorid, Kaliumsulfat und Kalimagnesia in einer 1 m dicken Schicht des sandigen Bodens der Cladonia-, Rhodococcum- und Myrtillus-Kiefernbestände und in einer 0,5 m dicken Schicht des Torfbodens eines Hochmoor-Kiefernbestandes, sowie eines Lehmbodens eines Oxalis-Fichtenbestandes wurden erforscht und verglichen. Die ein- (K_{100}), zwei- (K_{200}), und vierfachen (K_{400}) Dosen wurden gleichmässig auf die Erdoberfläche

gesäet. Dreimal in der Woche erfolgte dann Begiessung mit destilliertem Wasser, wobei die Menge der Wasserzuführung jeweils 10 mm betrug. Nach 2. . .3 Wochen wurde jeweils das Filtrat analysiert. Die Kaliumkonzentration wurde mittels eines Flammenphotometers bestimmt. Nach der Flächengrösse des Lysimeters sowie der Menge und Konzentration des Filtrats konnte dann die Auswaschung des Kaliums in Grammen pro 1 Quadratmeter gerechnet werden.

Es wurde festgestellt, daß das Gravitationswasser der nicht gedüngten sandigen Böden der Cladonia-, Rhodococcum- und Myrtillus-Kiefernbestände, sowie des Lehmbodens des Oxalis-Fichtenbestandes und des Torfbodens des Hochmoor-Kiefernbestandes nur verhältnismäßig wenig Kalium enthält, nähmlich 0,5. . .2,3 mg/l. Bei der Düngung des sandigen Bodens der Cladonia-, Rhodococcum- und Myrtillus-Kiefernbestände sowie des Torfbodens der Hochmoor-Kiefernbestände mit Kaliumchlorid, Kaliumsulfat oder Kalimagnesia erhöht sich die Konzentration des Kaliums im Gravitationswasser proportional mit der zugeführten Menge der Düngemittel (Abb. 2, 3, 4, 6). Es hat sich dabei erwiesen, daß die Konzentration des Kaliums im Gravitationswasser des Lehmbodens des Oxalis-Fichtenbestandes nach der Kalidüngung nur verhältnismässig wenig höher ist (Tab. 5).

Der Stand und die Dynamik der Kaliumkonzentration im Bodenwasser hängen von der Art der benutzten Kalidünger ab. Bei gleichen Mengen der Nährstoffelemente erhöht sich die Kaliumkonzentration im Gravitationswasser bei der Anwendung des Kaliumchlorids am meisten. Erst danach folgen Kalimagnesia und Kaliumsulfat. Die Bodenbeschaffenheit des Standorttyps bestimmt den Stand und den Entwicklungsgang des Kaliumkonzentrations im Gravitationswasser. Wenn gleichgroße Mengen dieser Düngemittel ausgestreut wurden, war die Kaliumkonzentration im Gravitationswasser in den sandigen Böden der Cladonia- und Rhodococcum-Kiefernbestände wesentlich höher als in den lehmigen Sandboden der Myrtillus-Kiefernbestände. Nur wenig erhöht das Ausstreuen von Kaliumchlorid oder Kaliumsulfat auf den Lehmböden des Oxalis-Fichtenbestandes den Kaliumgehalt des Gravitationswassers.

Migration und Auswaschung der Kaliumdünger sind vor allem von dem Regime des Wassers und der mechanischen Zusammensetzung des Bodens abhängig. In den körnigen Sandböden der Cladonia- und Rhodococcum-Kiefernbestände mit intensiv auswaschendem Wasserregime ist die Auswaschung der Kaliumdünger nahezu dreifach so hoch wie in den tonhaltigen Böden der Myrtillus-Kiefernbestände und sogar bis fünffach höher wie in den Lehmböden der Oxalis-Fichtenbestände (Tab. 7, 8, 9, 10). Die Auswaschung der Kaliumdünger ist von der Art der Benutzten Kaliumdünger anhängig. Bei der Düngung mit Kaliumchlorid ist die Auswaschung bis zweimal so hoch wie bei der Anwendung des Kaliumsulfats.

KUIVENDATUD JA VÄETATUD SOODE PINNAVEE LÄMMASTIKUSISALDUS JA REAKTSIOON

J. PIKK

Viimasel aastakümnel on meie vabariigis tõsiseks probleemiks veekogude koormamine lämmastikühenditega, sest teiste reostusallikate kõrvale on tõusnud väetamine põllumajanduses. E. Loigu (Лойгу, 1979) andmetel on väikejõgedesse sattunud fosfaatidest 15 % ja lämmastikust 80 % pärit põllumajandusest, sealjuures nitraatidest kantakse mõnikord välja rohkem kui 80 % külvatud kogusest (Лойгу, 1977). E. Raudvälja ja A. Sirendi (Раудвяли, Сиренди, 1972) järgi on see ebaõige agrotehnika rakendamise tagajärg (väetise üledoseerimine, ebaühtlane külv, toitainete tasakaalustamatus, ballastainete suur osakaal, ebaõige väetamise aeg).

Õiget agrotehnikat tuleb rakendada ka metsade väetamisel mineraalväetistega, mis hoiab ära veel ühe veekogude reostusallika tekkimise võimaluse. Nüüdisajal on metsanduses kasutatavad väetiste kogused võrreldes põllumajandusega tühised. Künnimaa 1 ha kohta külvati 1977. a. täisväetist Hollandis 722 kg, USA-s 99 kg, NSV Liidus 77 kg (Державин и др., 1982). Eestis külvati 1977. a. teraviljapõldudele mineraalväetisi 249 kg/ha. Metsamajanduses 1979. aastal kasutatud lämmastikväetised moodustasid 0,4 %, fosforväetised 0,5 % ja kaaliväetised 0,2 % põllumajanduses kasutatud vastavate väetiste üldkogusest. Metsaväetamistöödega kaasnevat pinnavete reostumist on ulatuslikult uuritud Soomes, kus kuivendatud metsi on väetatud 1,3 milj. ha (Паарлахти, 1980) ning uurimistööde tulemusi on ilmunud mitmelt autorilt (Särkka, 1970; Karsisto, Ravela, 1971; Salonen, 1980; Lehmusvuori, 1981; Паарлахти, 1983).

Nõukogude Liidus on põhjalikumalt uuritud toitainete väljakandumist kuivendatud soodest, kuid suhteliselt vähe leidub andmeid väetiste väljauhtumise kohta. Väetiste liikumise kohta metsamuldades on järeldusi tehtud lüsimeetrikatsete põhjal, kuid nende puhul on tingimused oluliselt erinevad looduslikest.

Eesti Metsainstituudis on alates 1973. aastast kogutud andmeid

mineraalväetiste väljauhtumise ning peamiste toitainete kontsentratsiooni kohta soode põhjavees (põhjaveekaevudes) ja vooluvees (kraavivees) (Pikk, 1976, 1983; Valk, Pikk, 1984; Пикк, 1983). Uurimistöid tehti peamiselt siirdesoodes ja rabades, kus väetamine on hädavajalik puistute tootlikkuse tõstmiseks ja kus kuivendamisel rajatud tihe kraavivõrk soodustab väetisainete kandumist veekogudesse. Et üksi lämmastikuga väetamine nendes kasvukohtades ei ole efektiivne, siis on katseobjektidele külvatud ka P- ja K-väetisi.

Vooluvee reostumist väetisainetega uuriti kahel juhul, väetiste otsesel sattumisel vooluvette, nagu seda juhtub paratamatult lennukilt väetamisel ning maapealsel väetamisel, kus kraavide kaldavööndile jäetakse kahe meetri laiune väetamata veekaitseriba.

Pinnavete uurimine viidi läbi kolmel katseobjektil rabamännikutes (1981. . .1984) ja ühel objektil siirdesoomännikus (1982. . . 1984).

Tähtvere kuivendatud rabamännikusse rajati 19. mail 1981. a. kaks katseala (Tähtvere III ja IV), kumbki väetatud pindalaga 0,24 ha. Puistu koosseis oli 10 Mä, boniteet Va, vanus 70 a., täius 0,7. Tähtvere III katseala väetati ammooniumsalpeetri, granuleeritud superfosfaadi ja kaaliumkloriidiga ($N_{160}P_{100}K_{100}$). Tähtvere IV katsealale külvati ammooniumsalpeetri asemel karbamiidi ($N_{160}P_{100}K_{100}$). Väetatud proovitükid paiknesid nii kuivenduskraavidest 2 m kaugusel kui ka risti üle kuivenduskraavide.

Männikjärve rabamännikus väetati 27. mail 1981. a. kaks proovitükki (kumbki 20 x 60 m) ammooniumsalpeetri, granuleeritud superfosfaadi ja kaaliumkloriidiga ($N_{160}P_{100}K_{100}$). Proovitükkide sisse jäi kuivenduskraav, mille arvestuslik 10 ha suurune valgala oli kaetud erinevas vanuses männikutega. Proovitükkidel oli puude vanus 40. . .120 a., puistu koosseis 10 Mä, täius 0,4. . .0,5. Kraavis mõõdeti pidevalt vooluhulka.

Laeva metskonna siirdesoomännikus väetati kaks proovitükki (kumbki 30 x 40 m) ammooniumsalpeetriga (N_{160}) 1. juulil 1982. a. Need paiknesid kuivenduskraavist 2. . .40 m kaugusel, kontrollalaks jäeti väetamata männik. Proovitükkidel oli puistu koosseis 10 Mä üks. Ks, boniteet V, täius 0,7, puude vanus 40. . .60 a.

Veeproove võeti väetatud ja väetamata puistu põhjaveekaevudest ja kuivenduskraavidest.

Kuivendatud soometsade põhjavee analüüs näitas aktiivse happesuse tihedat seost sootüübi ja põhjavee tasemega. Siirdesoos on vesi nõrgalt ja rabades tugevalt happeline (tabel 1). Vegetatsiooniperioodi jooksul muutub põhjavee reaktsioon siirdesoos vastavalt sellele, millisest turbakihist vesi pärineb. Sügavamad turbahorisondid on neutraalsema reaktsiooniga. Nii on kevadel ja sügisel vesi happelisem, veevaesel suve teisel poolel neutraalsem. Vegetatsiooniperioodi jooksul muutus siirdesoo põhjavee pH 5,9. . .6,9, rabades aga tunduvalt vähem, pH 3,7. . .4,2 piires. Viimastes puudub surveline toitumine, toimub ainult toitumine happelise reaktsiooniga sademetest.

Ühekordne väetamine ammooniumsalpeetri ja PK-väetisega mõjutas põhjavee reaktsiooni minimaalselt. Varasemates analüüsides on täheldatud põhjavee hapustumist lämmastikväetiste korduval kasutamisel. Suurtes annustes superfosfaadi külvamine (P_{320}) aga võib rabas põhjavee muuta 2. . .3 aastaks neutraalsemaks, mis on arvatavasti tingitud superfosfaadis leiduva Ca toimest.

NH_4- ja NO_3-sisaldus põhjavees oli aastati varieeruv nii siirdesoos kui ka rabades ja sõltus sademetest ning turba mineraliseerumise astmest. Eestis võib sademetes leiduda NH_4 — 0,4 ja NO_3 — 2,0 mg/l (Karise, 1965). Tööstuspiirkondades võib ühe aasta jooksul sademetega lämmastikku langeda 1,2 kg/ha ammooniumlämmastikuna ja 2,7 kg/ha nitraatlämmastikuna (Лойгу, 1982).

NH_4-sisaldus rabade põhjavees kevadest sügiseni pidevalt väheneb, sealjuures juulis-augustis oli märgatav kontsentratsiooni stabiliseerumine. Nitraatlämmastikku leidus rabade põhjavees maksimaalselt 2,5 mg/l, mis on lähedane sademetevee NO_3-sisaldusele. NO_3 kontsentratsioon muutus vaatlusperioodi jooksul vähe. Kontsentratsioon oli kõige väiksem (0,4. . .0,7 mg/l) juuni lõpus ja juuli alguses, mõnel aastal aga augusti esimesel poolel. Kontsentratsiooni suurenemine sügisel võib olla seotud vegetatsiooniperioodi lõppemisega ja NO_3 väljauhtumisega põhjavette sügiseste sademetega (Кудеяров, Башкин, 1978; Глухова, 1982).

Kui põhjaveetase rabas on kõrge (Tähtvere III ja IV katseala), siis lämmastikväetiste kasutamisel jõuab NH_4 põhjavette mõne päevaga. Esmakordsel väetamisel 1981. aastal suurenes NH_4 hulk vees kevadel kohe pärast väetamist. Mai lõpus — juuni alguses kontsentratsioon veidi vähenes nii karbamiidi kui ka ammooniumsalpeetriga väetatud puistus. Järgnes uus kontsentratsiooni suurenemine, mis saavutas maksimumi (20,9 mg/l) oktoobri lõpus. Kirjeldatud dünaamika on täiesti erinev korduvalt väetatud puistu põhja-

Tabel 1

Kuivendatud soode põhjavee vaatlusperioodi keskmine pH ja lämmastikusisaldus (mg/l)

Vaatlusperiood	pH	NH_4	NO_3
Laeva mk. siirdesoo (kontrollvariant)			
1. VII...18. X 1982	6,2±0,05	9,0±1,8	0,8±0,3
5. V ... 3. XI 1983	5,9±0,10	6,8±1,7	4,2±1,1
17. V ...18. X 1984	6,3±0,18	8,4±1,1	7,2±3,1
Laeva mk. siirdesoo (Na_{160})			
1. VII...18. X 1982	5,8±0,06	11,8±2,0	2,2±1,4
5. V ... 3. XI 1983	5,8±0,07	7,9±1,8	20,5±3,6
17. V ...18. X 1984	6,3±0,3	6,0±2,0	40,5±23,2
Tähtvere mk. raba (kontrollvariant)			
19. V ...30. IX 1981	3,6±0,05	8,2±1,8	2,5±0,9
16. IV ...18. X 1982	3,7±0,06	7,7±1,4	1,8±0,5
29. IV ... 3. XI 1983	3,7±0,05	2,6±0,7	1,8±0,4
13. IV ...18. X. 1984	3,9±0,1	5,2±1,3	1,6±0,1
Tähtvere mk. raba ($Na_{160}P_{100}K_{100}$)			
19. V ...30. IX 1981	3,4±0,04	11,0±1,1	25,9±9,7
16. IV ...18. X 1982	3,7±0,05	10,8±1,8	1,3±0,1
29. IV ... 3. XI 1983	4,1±0,18	14,8±9,4	1,3±0,2
13. IV ...18. X 1984	4,2±0,18	6,6±0,5	1,0±0,1
Tähtvere mk. raba ($Nk_{160}P_{100}K_{100}$)			
19. V ...30. IX 1981	3,5±0,02	10,2±1,2	2,1±0,4
16. IV ...18. X 1982	3,5±0,03	9,9±0,7	1,9±0,4
29. IV ... 3. XI 1983	4,1±0,18	16,6±6,1	1,2±0,2
13. IV ...18. X 1984	4,0±0,16	7,6±1,4	0,7±0,2

vee NH_4-sisalduse dünaamikast (Пикк, 1983), kus kontsentratsioon pärast korduvat lämmastikuga väetamist kevadest sügiseni pidevalt suurenes. Järgmisel kevadel sisaldas põhjavesi Tähtvere katsealadel NH_4 suhteliselt vähe (5,7 ja 9,8 mg/l). Mais kontsentratsioon veidi suurenes. Normaalsest rohkem NH_4 leiti põhjavees ka kolmandal ja neljandal aastal pärast väetamist.

Ammooniumsalpeetri kasutamisel oli esimese vaatlusperioodi jooksul NH_4 kontsentratsioon põhjavees ühtlasem võrreldes karbamiidi kasutamisega. Ilmselt ei ole ammooniumsalpeeter nii tundlik keskkonnatingimuste muutustele kui karbamiid; neljandal vaatlusperioodil sisaldas põhjavesi karbamiidiga väetatud puistus NH_4

keskmiselt 15 % rohkem kui ammooniumsalpeetriga väetatud puistus.

Väga liikuv on NO_3. Suhteliselt vihmasel 1981. a. kevadsuvel jõudis NO_3 rabas põhjavette kahe nädalaga ja saavutas seal maksimaalse kontsentratsiooni (111,6 mg/l) 36. päeval. Oktoobri lõpuks see võrdsustus kontrollvariandiga ning olulist erinevust ei täheldatud ka järgmisel kevadel. See viitab nitraatväetise suurele kaole rabas.

Nelja aasta keskmisena sisaldas üks liiter põhjavett Tähtvere rabas ammooniumsalpeetriga väetamisel PK-foonil $N\text{-}NH_4$ 9,9 mg ja $N\text{-}NO_3$ 1,7 mg. Karbamiidiga väetamisel PK-foonil olid need arvud vastavalt 10,7 mg ja 0,3 mg. Seega lämmastiku üldhulk on mõlemal juhul sama, kuid karbamiidiga väetamisel leidub põhjavees NH_4 rohkem.

Väetamata siirdesoo põhjavees saadi kahel vaatlusperioodil rabadega sarnane NH_4 dünaamika, kuid kolmandal, s. o. 1984. aastal täiesti vastupidine. Maksimaalselt sisaldas põhjavesi ammooniumlämmastikku augustis ja septembris kui põhjavesi paiknes kõige sügavamal (80. . .105 cm).

Siirdesoo ammooniumsalpeetriga väetamisele järgnes kuiv periood. Sellepärast suurenes põhjavee NH_4-sisaldus alles septembris-oktoobris (18,0 mg/l), ületades kontrollvarianti 2 korda. NO_3 aga jõudis põhjavette üheksa päevaga. Sügiseks suurenes põhjavees kaaliumi ja fosfori hulk, mille eraldumist stimuleeris intensiivsem orgaanilise aine lagunemine ammooniumsalpeetri toimel. Järgneval kahel vaatlusperioodil leiti põhjavees NH_4 kõige vähem mais ja oktoobris, maksimaalselt aga augustis ja septembris, seejuures kolmandal aastal olid tulemused sarnased väetamata kontrollvariandiga.

Vaatlusperioodide keskmised nitraatlämmastikusisaldused siirdesoos on suurenenud pärast väetamist iga aastaga. See on toimunud mai- ja oktoobrikuu kontsentratsioonide tõusu tõttu. Kõrgeid NO_3 kontsentratsioone põhjavees sügisel oleme saanud ka väetatud rabades. Iseloomulik on nitraatide puudumine kesksuvel. On selguseta, kas esimesel aastal kiiresti põhjakihtidesse laskunud nitraatlämmastikku surutakse kevadel ja sügisel surveliste vetega uuesti siirdesoos ülemistesse kihtidesse, või on see kevadiste ja sügiseste sademetega turba läbipesemise tulemus.

Vooluvee lämmastikusisaldus ja reaktsioon

Kuivenduskraavide vooluvee reaktsioon ja mineraalsete komponentide sisaldus sõltub sellest, mis tüüpi soodest kraavid vett kogu-vad. Kõigile kuivendatud siirdesoodele ja rabadele on iseloomulik

vee reaktsiooni muutumine neutraalsemaks vee liikumise suunas, s. o. põhjaveekaev — kuivenduskraav — magistraalkraav.

Vooluvee ja põhjavee mineraalainete sisaldus on erinev. Vooluveed siirdesoodes on põhjaveega võrreldes rikkamad CaO ja MgO sisalduselt, kuid vaesemad P_2O_5, K_2O, NH_4 ja NO_3 poolest, mis on arvatavasti seotud taimestiku tarbimisega. Väetamata soode vooluvee ja põhjavee NH_4 ja NO_3 kontsentratsiooni dünaamika oli sarnane.

Siirdesoo väetamisel ammooniumsalpeetriga (N_{160}) nõrgus väetist vähesel hulgal kraavi alles ühe kuu möödumisel, kui ammooniumsalpeeter külvati kraavist kaugemale kui 2 m. Väetamise mõju vooluvee NH_4-sisaldusele oli esimesel aastal katkendlik ning hiljem esines ainult üksikjuhul. Nitraatlämmastikku leidus vooluvees kontrollvariandist rohkem kolmel aastal pärast väetamist (tabel 2). Suhteliselt suur oli NO_3 kontsentratsioon vooluvees teise ja kolmanda aasta kevadel ja sügisel kogutud proovides.

Tähtvere raba väetamine ammooniumsalpeetriga (N_{160}) PK-foonil suurendas vooluvees NH_4-sisaldust peamiselt teisel aastal. NH_4 väljauhtumine jätkus vähesel hulgal ka kolmandal ja neljandal aastal, mis võis tuleneda turba lagunemisest täisväetise toimel. Kui kraavi äärde jäeti 2 m laiune väetamata riba, jõudis NH_4 kraavi väetamisest kahe kuu möödumisel. Väetise otsesel sattumisel kraavi lahustus väetis kiiresti, mille tagajärjel kontsentratsioon saavutas maksimumi kolmandal päeval (NH_4 — 13,9 mg/l ja NO_3 — 21,1 mg/l).

Rabas toimus nitraatlämmastiku migratsioon vooluveega peamiselt esimesel aastal. Vooluvee NO_3 suurim kontsentratsioon (14,5 mg/l) 2 m laiuse veekaitse riba korral registreeriti 36. päeval pärast väetamist.

Männikjärve rabamänniku väetamine ammooniumsalpeetriga PK-foonil andis analoogsed tulemused. Põhiline NH_4 ja NO_3 migratsioon vooluveega toimus esimesel ja teisel aastal.

Tähtvere raba väetamisel karbamiidiga (N_{160}) PK-foonil ei täheldatud olulist lämmastikühendite sisalduse tõusu vooluvees kui kraavi ääres jäeti väetamata 2 m laiune veekaitseriba. Väetiste otsesel kraavi sattumisel leidus kraavides normaalsest rohkem NH_4 kümne ja NO_3 seitsme päeva vältel.

Ammooniumsalpeetri külvamine kraavivette suurendas ühe kuu vältel vee happesust 0,2. . .0,3 võrra. Karbamiidiga väetamisel sellest mõju kraaviveele ei leitud.

Kõigile katsealadele rabas oli kolmandal ja neljandal aastal iseloomulik vooluvee episoodiline kõrgem NH_4 ja NO_3 kontsentratsioon võrreldes kontrollvariandiga.

Toitainete väljakandumine rabast

Kuivendatud soodest toitainete väljakandumine vooluvetega pärast kuivendamist ja väetamist tähendab ühelt poolt taimekasvuks vajalike toitainete kadu ja teiselt poolt veekogude reostamist väetisainetega.

Nagu eespool märgitud, uuriti toiteelementide väljakandumist Männikjärve raba katsealal, kus tehti hüdroloogilisi vaatlusi. 1981. aastal pärast katse rajamist iseloomustavad rabakraavi ööpäevase vooluhulga seost 3, 4, 5, 6, 7 ja 8 ööpäeva tagasi olnud sademete summaga järgmised korrelatsioonikoefitsiendid 0,58; 0,60; 0,62; 0,65; 0,66 ja 0,59. Parim lineaarne seos saadi vooluhulga ja viimase nädala sademete summa vahel (r = 0,66). Usaldusväärsed seosed puudusid vooluhulga ja toiteelementide kontsentratsioonide vahel nii väetamata kui ka väetatud raba vooluvees. Põhjuseks võib olla nii kontsentratsioonide dünaamikast tulenev varieeruvus vaatlusperioodi jooksul kui ka lahjendusteguri rakendumine alles teatud vooluhulga saabumisel. Siinkohal võib märkida, et Soomes on saadud häid logaritmilisi seoseid vooluhulga ja fosfori- ning lämmastikusisalduse vahel, samuti pH ja vooluhulga vahel kohe pärast kuivendussüsteemi rajamist (Sallantaus, Rühanen, 1983). Väetamata vooluvee NH_4 kontsentratsiooni seos viimase nädala temperatuuride summaga oli oluline (r = 0,73). Nitraatlämmastiku seost viimase nädala temperatuuride summaga iseloomustas korrelatsioonikoefitsient r = 0,56.

Vooluveega kanti kuivendatud, kuid väetamata Männikjärve rabast esimese vaatlusperioodi jooksul ühelt hektarilt minema NH_4 — 6,65 kg, NO_3 — 0,85 kg, K_2O — 0,31 kg, CaO — 18,6 kg ja Mg — 4,66 kg. P_2O_5 vooluvetes ei leitud. Samal ajal täisväetisega (N_{160}-$P_{100}K_{100}$) väetatud proovitükkidelt, kus kraavide pindala moodustas 21,5 % kogu väetatud pindalast, kanti külvatud väetise kogusest veega minema N — 50 %, K_2O — 42 % ja P_2O_5 — 27 %. Oluline väetisainete väljakandumine vooluveega kestis 2. . .3 nädalat, selle ajaga kanti ära kõik otse vette sattunud väetised. Kraavi nõlvadele külvatud väetiste kogusega võrdne hulk aineid kanti välja 3. . .4 kuu jooksul.

Teisel vaatlusperioodil, mis kestis 1982. aasta 1. aprillist kuni 9. juulini, kanti Männikjärve katsealalt vooluveega ära külvatud väetistest veel N — 5,2 %, K_2O — 12,6 % ja P_2O_5 — 7,6 %. NO_3 väljapesemine lõppes juunis, teisi väetisaineid leiti täiendavalt vooluvees kuni kraavide kuivamiseni juulis. Edaspidi, sügisel, kolmandal ja neljandal aastal leiti veeproovides täiendavaid koguseid väetisaineid episoodiliselt, mis ei võimaldanud nende absoluutset kogust

Tabel 2

Kuivendatud soode vooluvee vaatlusperioodi keskmine pH ja lämmastikusisaldus (mg/l)

Aasta	pH			NH_4			NO_3		
	Kontrollvariant	väetatud		Kontrollvariant	väetatud		Kontrollvariant	väetatud	
		üle-pinnaliselt	veekaitseribadega		üle-pinnaliselt	veekaitseribadega		üle-pinnaliselt	veekaitseribadega
Laeva mk. siirdesoo väetatud ammooniumsalpeetriga (N_{160})									
1982	6,8		6,9	3,1		3,3	1,3		2,4
1983	6,6		6,8	3,6		3,0	2,1		4,7
1984	6,9		7,2	2,8		2,0	1,0		1,4
Tähtvere mk. raba väetatud ammooniumsalpeetriga (N_{160}) foonil $P_{100}K_{100}$									
1981	3,6	3,7	3,6	8,9	9,1	8,3	1,5	7,1	3,2
1982	3,6	3,6	3,6	8,9	9,0	9,1	1,6	1,4	1,5
1983	3,9	3,9	3,9	5,2	6,1	6,0	1,0	1,2	1,2
1984	3,9	3,8	3,9	5,9	5,9	6,0	1,0	1,0	0,9
Tähtvere mk. raba väetatud karbamiidiga (N_{160}) foonil $P_{100}K_{100}$									
1981	3,5	3,8	3,6	9,2	11,3	8,5	2,5	2,5	2,0
1982	3,5	3,5	3,5	9,5	9,6	8,9	1,9	1,8	1,4
1983	3,8	3,8	3,7	6,0	5,8	5,9	1,0	1,1	1,1
1984	3,9	3,8	4,0	5,6	6,2	6,0	0,9	0,8	0,7
Männikjärve raba väetatud ammooniumsalpeetriga (N_{160}) foonil $P_{100}K_{100}$									
1981	4,0	3,8		4,7	6,7		2,2	9,9	
1982	3,9	3,7		3,4	4,8		0,9	1,2	
1983	4,1	4,2		4,3	4,4		1,9	1,6	
1984	4,7	4,1		2,3	2,1		1,1	1,2	

kindlaks teha. Samuti ei olnud meil võimalik määrata kui suur osa väljauhutud toitainetest on pärit mineraalväetiste mõjul intensiivistunud orgaanilise aine lagunemisest ja kui palju kantakse ära talvel.

Ligikaudne väetiste kadu otseselt puistusse külvatud väetistest 1,5 vaatlusperioodi jooksul moodustas lämmastikust 33,7 %, P_2O_5 — 13,1 % ja K_2O — 33,1 %. Nendest arvudest järeldub, et antud olukorras oli puistule antud lämmastiku ja kaaliumi külvinorm liiga suur.

Lõpetuseks

Siirdesoode ja rabade põhjavee keemiline analüüs annab hea ülevaate kergesti kättesaadavatest toitainetest. Hindamisel peab arvestama kontsentratsioonide dünaamikaga vegetatsiooniperioodi jooksul ja selle varieeruvust sõltuvalt mullastiku- ja ilmastikutingimustest.

Väetamisjärgselt leidub soode põhjavees NH_4 rohkem vähemalt neljal aastal. Nitraatlämmastik kaob 1. . .1,5 aastaga, kuid aegajalt võib siirdesoodes normaalsest kõrgemaid kontsentratsioone esineda ka hiljem. Kuivendatud siirdesoos ja rabas on põhjavette uhutud väetisained puudele veel kättesaadavad, sest põhjavesi püsib optimaalse kuivendusnormi korral puujuurte toitumise piiril. Kaduma lähevad vooluvette jõudnud toiteelemendid.

Kahemeetrise väetamata veekaitseriba jätmine kraavide äärde hoiab ära vooluvee suurema reostumise esimesel aastal. Ammooniumsalpeetriga väetatud soost kannab vooluvesi lämmastikku ära rohkem kui karbamiidiga väetatud soost. Samuti ei ole otstarbekas rabas kasutada suuri lämmastiku annuseid (N_{160} ja rohkem), kuna sel juhul suur osa väetistest läheb vooluvette. Täielikult tuleb vältida väetiste otsest sattumist vooluvette.

KIRJANDUS

Karise, V. Mida sisaldavad vihm ja lumi. — Eesti Loodus, 1965, nr. 4.

Karsisto, K., Ravela, H. Eri ajankohtina annettujen fosfori- ja kalilannoitteiden huuhtoumisesta metsäojitusalueilta. — Suo 22, 1971, N 3—4.

Lehmusvuori, M. Runoff and leaching of nutrients from the drained and fertilized bog Laaviosuo in 1980. — Suo 32, 1981, N 4—5.

Pikk, J. Põhjavee ja veekogude saastamise võimalustest metsade väetamisel. — Metsamajandus II, 1976.

Pikk, J. Kraavivee koostisest väetatud soometsades. — Keskkonnakaitse 1983, nr. 6.

Sallantaus, T., Ryhänen, R. Turvetuotannon vesistökuormitus. Helsinki, 1983.

Salonen, K. Environmental effects of forest fertilization. — Phosph. Agr., 1980, 34, N 77.

Särkka, M. Metsälannoituksen vaikutus vesistöissa. — Suo 21, 1970, N 3—4.

Valk, U., Pikk, J. Kas soometsa väetamine rikub pinnavett. — Mets, Puit, Paber, 1984, nr. 1.

Глухова Т. В. Химический состав почвенно-грунтовых вод болотных сосняков и вынос растворимых веществ со стоком при их осушении. — В кн.: Биогеоценологическое изучение болотных лесов в связи с опытной гидромелиорацией. М., 1982.

Державин Л. М., Седова Е. В., Хлыстова А. Ф. Применение минеральных удобрений и окружающая среда. — Агрохимия, 1982, I.

Кудеяров В. Н., Башкин В. Н. К вопросу о загрязнении природных вод соединениями азота. — Агрохимия, 1978, № 3.

Лойгу Э. Влияние использования удобрения на качество поверхностных

вод. — В кн.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Черноголовка, 1977.
Лойгу Э. О. Биогенные вещества и качество воды малых рек Эстонии. — В кн.: Материалы VI Всесоюзного симпозиума по современным проблемам самоочищения водоемов и регулирования качества воды. Гидрохимические и санитарнобиологические аспекты самоочищения (часть 1). Таллин, 1979.
Лойгу Э. О. Биогенные вещества, их источники и роль в малых реках Эстонии. — В сб.: Охрана внутренних вод, научные труды по охране природы 6. Ученые записки ТГУ. Тарту, 1982.
Паавилайнен Э. Применение минеральных удобрений в лесу. М., 1983.
Паарлахти К. Вымывание фосфора и калия с осушенных площадей, удобренных РК. — В сб.: Лесохозяйственное использование осушенных земель. Тезисы докладов второго сов. — финск. симпозиума. Л., 1980.
Пикк Я. Влияние лесных удобрений на химический состав поверхностной воды в осушенных болотах. — Лесное хозяйство, 1983, № 8.
Раудвяли Э. И., Сиренди А. Э.-М. Влияние антропогенной деятельности на изменение содержания биогенных элементов в стоке. — В кн.: Органическое вещество и биогенные элементы во внутренных водах. Таллин, 1978.

СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА В ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОДЕ ОСУШЕННЫХ И УДОБРЕННЫХ БОЛОТ И ЕЕ РЕАКЦИЯ

Я. ПИКК

Резюме

Миграцию и концентрацию удобрительных веществ в почвенно-грунтовых водах (ПГВ) и стоковых водах осушенных болот в Эст НИИЛХОП изучают с 1973 г. В 1981. . .1984 гг. под наблюдением находились три опытные площади в сосняках верхового болота и одна — в сосняке переходного болота. Переходное болото удобрили Naa_{160} и сосняки верхового болота Naa_{160} Pcr_{100} Kx_{100} и Nm_{160} Pcr_{100} Kx_{100}.

Химический анализ ПГВ переходных и веровых болот дает хороший обзор легкодоступных питательных веществ. При оценке следует учитывать динамику концентраций минеральных компонентов в течение вегетационного периода и ее варьирование в зависимости от почвенных и погодных условий.

После удобрения в ПГВ болот можно дополнительно обнаружить NH_4 в течение более, чем четырех лет (табл. 1), NO_3 исчезает через 1. . .1,5 года, но эпизодически дополнительные дозы в переходном болоте отмечаются и позже. Минеральные компоненты удобрений, попавшие в грунтовые воды, на болотах частично еще доступны для деревьев. Происходит потеря тех питательных элементов, которые вымываются в стоковые воды.

Водохранительные полосы шириной 2 м возле канав, оставленные при удобрении, предупреждают сильное загрязнение стоковых вод на первом году (табл 2). Из верхового болота, удобренного аммиачной

селитрой, стоковыми водами уносится больше азота, чем из верхового болота, удобренного мочевиной. Нерентабельно применять на верховом болоте большие дозы азота (N_{160} и больше), потому что значительная часть азота попадает в стоковые воды. Полностью следует избегать непосредственного попадания удобрений в стоковые воды.

NITROGEN CONTENT AND REACTION OF SURFACE WATERS OF DRAINED AND FERTILIZED BOGS

J. PIKK

Summary

The movement and concentration of the main nutrients of the ground and run-off waters of drained mires has been under investigation at the Estonian Forestry Research Institute since 1973. During the years 1981—1984, three sample plots on raised bog pine stands and one sample plot on transitional bog pine stand were under observation. The transitional bog was fertilized with Nan_{160} and the raised bog pine stands with Nan_{160} $Pgr\ s_{100}$ Kch_{100} and Nu_{160} $Pgr\ s_{100}$ Kch_{100}.

The chemical analysis of the ground waters of the transitional and raised bogs gives a good survey of the easily available nutrients. The evaluation of the nutrients should include the dynamics of their concentrations in the course of growing season, and variations in these concentrations dependent upon soil and climatic conditions.

Subsequent to fertilization, additional NH_4 is found in the ground waters of the bogs for at least four years (table 1). NO_3 is lost in 1—1,5 years, though occasionally additional amounts are later found in transitional bogs. The nutrients filtered to the ground waters of the bogs are yet partially available to the trees. The nutrients washed by run-off water get totally lost.

During fertilization, a two-metre water protection zone near the ditches prevents the run-off water from being polluted in the first year (table 2). The run-off water contains more discharges of nitrogen in case of the raised bogs fertilized with ammonium nitrate as compared to fertilization with urea. It is unprofitable to use large amounts of nitrogen (N_{160} and higher) in raised bogs, as a large portion of nitrogen is discharged into run-off waters. Direct discharge of the fertilizers into the run-off waters should be totally avoided.

МИГРАЦИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ГРАВИТАЦИОННЫМИ ВОДАМИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕДЛЕННОДЕЙСТВУЮЩИХ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЛЕСУ

В. С. ПОБЕДОВ, Е. А. ЛЕБЕДЕВ, В. В. КОПЫТКОВ

Рост объемов производства и поставок минеральных удобрений потребляющим отраслям народного хозяйства все более остро ставит вопрос о влиянии их на окружающую среду. Этот вопрос представляет интерес и для лесного хозяйства, так как применение удобрений на лесных площадях стало резко увеличиваться.

По среднегодовому количеству осадков (от 540 до 700 мм) Белоруссия относится к зоне достаточного увлажнения и только южная и юго-восточная части ее принадлежат к зоне неустойчивого увлажнения. Около 70 % осадков выпадает в теплый период года.

Лесные почвы на легких породах имеют скорость водопроницаемости от 50 до 150 мм/час, что в сильной степени способствует быстрому попаданию минеральных веществ удобрений в грунтовые воды и через подземный сток в реки и водоемы. Поэтому, разрабатывая вопросы технологии применения удобрений на лесных площадях, следует обязательно учитывать эти нежелательные явления и стараться уменьшить непроизводительные потери. Одним из главнейших направлений уменьшения потерь считается создание медленнодействующих минеральных азотных удобрений с пролонгированным сроком действия.

П. Г. Тялли (1977, 1982, 1984), изучая миграцию азота в лабораторных условиях в модельных опытах с контейнерными лизиметрами, установил, что в различных типах сосновых насаждений Эстонии азот вымывается при внесении аммиачной селитры в дозе 100 кг/га в зависимости от типа леса в количестве от 15 до 70 кг/га. С увеличением дозы нитрата аммония до 200 и 400 кг/га вымывание азота с инфильтрационными водами возросло соответственно до 70 и 126 кг/га. На вариантах с карбамидом в дозах N_{100}, N_{200} и N_{400} выщелачивание азота было соответственно равно 40,

72 и 250 кг/га. Во избежание высоких потерь азота с инфильтрационными водами автор не рекомендует вносить аммиачную селитру в дозе свыше 100 и карбамид свыше 150 кг/га д. в. в один прием.

Для условий БССР (Лебедев, Победов, 1983) вымывание азота с инфильтрационными водами при внесении обычной аммиачной селитры в дозах 100 и 200 кг/га соответственно составило 20 и 40 кг/га. При использовании карбамида в дозе N_{200} вымывание азота с инфильтрационными водами снизилось до 24 кг/га. Высокие потери азота из удобрений наблюдаются при осеннем внесении аммиачной селитры под полог леса (Победов, Лебедев, 1980). Величина вымытого азота в этом случае достигает 75 % от внесенной дозы.

По данным литовских исследователей (Шлейнис, Рагуотис, 1983), вымывание азота с инфильтрационными водами в первый засушливый вегетационный период из аммиачной селитры в дозе 150 кг/га д. в. составило 4 % от внесенной дозы. На варианте с карбамидом потери азота были в 5 раз ниже.

Из приведенных данных вытекает, что величина потерь азота с инфильтрационными водами зависит от механического состава почвы, типа леса, формы и дозы применяемых удобрений, а также от величины атмосферных осадков.

Цель настоящих исследований — изучить величину вымывания азота, кальция, магния и калия с гравитационными водами при использовании медленнодействующих азотных удобрений в 70-летнем сосновом насаждении. Изучение миграции питательных веществ осуществляли с помощью набивных лизиметров. Лизиметры представлены квадратными сосудами размером 40x40x60 см и изготовлены из оцинкованной стали. Они располагались в центральной части межкроновых пространств доминантной парцеллы биогеоценоза. Заполнение лизиметров осуществлялось в строгой последовательности мощности и плотности горизонтов. Горизонты A_0 и A_1 брались с живым напочвенным покровом и помещались в лизиметры в ненарушенном состоянии.

Минеральные удобрения внесены в лизиметры 21 мая 1983 года по схеме: контроль (без удобрений), аммиачная селитра в дозе 150 кг/га (Naa150), аммиачная селитра с полимерным покрытием в дозах 150 и 100 кг/га (Naa-п150 и Naa-п100). Повторность опыта 4-кратная.

Лесоводственно-таксационная характеристика насаждения следующая: средний диаметр 30,2 см, средняя высота 20,6 м, запас 293 $м^3$, бонитет II, полнота 0,9, количество стволов 425 шт/га.

Агрохимическая характеристика гумусоаккумулятивного

горизонта почвы: pHсол. — 3,8, гумус — 1,8 %, валовой азот — 0,07 %, валовой фосфор — 0,06 %, валовой калий — 0,04 %, легкогидролизуемый азот — 4,7 мг/100 г почвы, подвижный фосфор — 7,4 мг/100 г почвы, обменный калий — 4,1 мг/100 г почвы.

Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая, развивающаяся на мелкозернистом рыхлом песке.

За 1,5 года исследований в лизиметрах на глубине 60 см собрано 6,3 л фильтрата, что составляет 4,3 % от объема атмосферных осадков.

Как видно из табл. 1, внесение обычной аммиачной селитры способствовало подкислению инфильтрационных вод в течение всего периода исследований. Аммиачная селитра с полимерным покрытием в дозе 150 кг/га также способствовала подкислению фильтрата, но в меньшей, чем аммиачная селитра без покрытия. Подкисление фильтрата на варианте Naa-п100 менее выражено, чем на других удобренных вариантах опыта.

Вымывание азота происходит как на контроле, так и на удобренных вариантах. Потери азота с инфильтрационными водами происходят, в основном, в нитратной форме. Значительно меньше вымывается азот в аммонийной форме. И совсем незначительное количество в форме нитритов.

В табл. 2 показано вымывание азота и других питательных веществ с фильтрующимися водами на глубину 60 см. На варианте с обычной аммиачной селитрой потери азота составили 16,3 % от внесенной дозы. Потери из аммиачной селитры с полимерным покрытием в дозе N150 составили 8,2 %. Самые низкие потери (7,0 %) получены на варианте с аммиачной селитрой с полимерным покрытием, внесенной в дозе N100.

Дисперсионный анализ полученных данных показал (табл. 3), что вымывание азота при использовании обычной аммиачной селитры имеет высокую степень достоверности. Выщелачивание кальция и магния на варианте с аммиачной селитрой не всегда достоверно. Иная картина наблюдается на вариантах с медленнодействующим азотным удобрением в дозах N150 и N100. Достоверные данные по увеличению вымывания получены только по нитратному азоту.

Выщелачивание кальция и магния при внесении обычной аммиачной селитры соответственно равно 16 и 3 кг/га. На варианте с аммиачной селитрой с полимерным покрытием в такой же дозе кальция вымылось лишь 3 кг/га, магния — 0,5 кг/га. Выщелачивание калия на глубину 60 см не превышало 0,3 кг/га.

На основании проведенных исследований можно сделать следующее заключение.

Таблица 1

Динамика химического состава лизиметрических вод в сосняке мшистом в зависимости от дозы и формы удобрений

Дата взятия воды	Вариант опыта	pH	Количество ингредиентов, мг/л					
			$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_2$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
29.II.83г.	1	5,9	18,85	1,21	0,05	29,47	11,15	0,73
	2	5,4	56,57	2,87	0,19	59,51	18,65	1,26
	3	5,7	37,55	1,22	0,11	30,48	12,60	0,77
	4	5,8	28,76	1,20	0,09	29,82	11,92	0,78
20.IV.84г.	1	6,3	27,02	1,21	0,03	33,47	10,45	1,04
	2	5,7	122,73	3,10	0,12	81,76	15,67	1,68
	3	5,9	77,31	1,88	0,04	35,32	10,45	1,33
	4	6,0	57,64	1,73	0,03	34,73	10,45	1,16
11.VI.84г.	1	6,6	8,54	0,37	нет	34,07	8,87	0,80
	2	5,8	32,23	2,10	0,23	78,36	16,77	1,75
	3	6,0	25,53	0,79	0,03	45,69	12,20	1,13
	4	6,1	14,16	0,51	0,01	39,68	9,97	0,90
03.VIII.84г.	1	6,6	27,03	0,45	0,02	28,66	7,29	1,25
	2	6,2	124,83	1,63	0,46	65,53	13,12	3,08
	3	6,3	91,68	1,01	0,23	41,28	8,87	1,70
	4	6,5	62,29	0,68	0,07	32,86	7,65	1,50
18.X.84г.	1	6,8	10,14	1,11	нет	14,03	5,69	1,40
	2	6,4	63,30	2,21	0,09	59,72	14,38	2,35
	3	6,5	19,61	1,76	0,05	42,48	9,43	1,85
	4	6,6	17,37	1,59	0,02	30,86	7,01	1,65

Примечание:
1 — контроль,
2 — Naa150,
3 — Naa-п150,
4 — Naa-п100

Таблица 2

Вымывание азота, кальция, магния и калия из почв в сосняке мшистом в зависимости от формы и дозы удобрений

Вариант опыта	Азот		Кальций		Магний		Калий	
	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
Контроль	8,3	100	11,5	100	3,8	100	0,4	100
Naa150	32,8	395	27,0	235	6,5	171	0,7	175
Naa-п150	20,6	248	14,1	123	4,3	113	0,5	125
Naa-п100	15,3	184	12,9	112	4,1	108	0,4	100

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа химического состава инфильтрационных вод

Ингредиент	Фактическое значение критерия Стьюдента		
	Naa150	Naa-п150	Naa-п100
$N\text{-}NO_3$	8,20—28,96	4,17—15,24	2,45—10,43
$N\text{-}NH_4$	4,07—21,65	0,11—11,39	0,03— 8,70
$N\text{-}NO_2$	3,46—29,44	0,60—13,41	0,17— 5,20
Ca	2,28—62,61	0,27—28,22	0,16—19,45
Mg	1,42—11,41	0— 7,99	0— 4,01
K	2,81— 9,61	0,24—3,58	0,27— 2,61
pH	1,38— 8,88	0,87—5,17	0,40— 4,70

Примечание: стандартные значения критерия Стьюдента
t 0,05 — 2,45
t 0,01 — 3,71

Внесение обычной аммиачной селитры под полог приспевающего сосняка-зеленомошника приводит к высоким потерям азота с инфильтрационными водами. Так, за полуторагодичный период потери азота составили 24,5 кг/га, или 16 % от величины дозы. Использование аммиачной селитры с полимерным покрытием привело к снижению потерь азота с инфильтрационными водами в 2 раза. Наименьшие потери азота получены на варианте с одинарной дозой аммиачной селитры (100 кг/га по д. в.) с полимерным покрытием (7 кг/га). Таким образом, применение медленнодействующих азотных удобрений в лесном хозяйстве существенно сокращает потери азота с инфильтрационными водами и предотвращает загрязнение грунтовых вод соединениями азота.

ЛИТЕРАТУРА

Лебедев Е. А., Победов В. С. Миграция питательных веществ с инфильтрационными водами в дерново-подзолистой почве соснового леса. Агрохимия, 1983, № 6.

Победов В. С., Лебедев Е. А. Динамика химического состава лизиметрических вод в лесу при применении азотных удобрений. Формирование высокопродуктивных насаждений Белоруссии. Мн. "Полымя", 1980.

Тялли П. Г. Внутрипочвенная фильтрация минеральных удобрений на среднеподзолистых песчаных почвах сосняка черничникового. — В кн.: Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. — Тарту, 1977.

Тялли П. Г. Концентрация соединений азота з гравитационной воде и их вымывание из почвы брусничного типа местопроизрастания при внесении аммиачной селитры и карбамида. "Лесоводственные исследования" XVII. Осушение и удобрение лесов. Таллин, 1982.

Тялли П. Г. Миграция минеральных удобрений в некоторых лесных почвах Эстонии. Тезисы докладов Всесоюзного научнотехнического совещания "Повышение эффективности использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве", 1984.
Шлейнис Р. И., Рагуотис А. Д. Потери азотных удобрений в сосновых насаждениях и пути их снижения. Каунас, 1983.

TOITEELEMENTIDE MIGRATSIOON GRAVITATSIOONIVETEGA AEGLASETOIMELISTE LÄMMASTIKVÄETISTE KASUTAMISEL METSAS

V. S. POBEDOV, E. A. LEBEDEV,
V. V. KOPÕTKOV

Kokkuvõte

Lämmastiku, kaltsiumi, magneesiumi ja kaaliumi väljauhtumist mullast uuriti konteinerlüsimeetrite abil. Katsed viidi läbi Valgevenes 70 aasta vanuses rohelisesambla männikus biogeotsönoosi dominantpartselli kroonidevahelises keskmises osas. Katsevariandid: kontroll (väetamata), polümeerkatteta ammooniumsalpeeter N_{150} kg/ha, polümeerkattega ammooniumsalpeeter N_{150} ja N_{100} kg/ha.

Tehti kindlaks, et peamiselt uhutakse välja lämmastiku nitraatne vorm; vähemal määral leostuvad välja ammooniumioonid. Polümeerkatteta ammooniumsalpeetri kasutamisel moodustas väljauhutud lämmastiku kogus 16 % annusest. Polümeerkattega ammooniumsalpeetri kasutamisel normiga N_{150} ja N_{100} moodustasid lämmastiku kaod väljauhtumise tagajärjel vastavalt 8 % ja 7 %.

Lämmastikväetise kasutamine soodustas kaltsiumi, magneesiumi ja kaaliumi väljaleostumist mullast.

NUTRIENTS MIGRATION WITH INFILTRATED WATERS BY APPLYING SLOW-RELEASED NITROGEN FERTILIZERS IN THE FOREST

V. POBEDOV, E. LEBEDEV, V. KOPYTKOV

Summary

Nitrogen, Calcium, Magnesium and Potassium migration to the depth of 60 cm was studied in 70 years old Pinetum hylocomiosum with the help of container-lysimeter method. It is stated that the quantity of leached nitrogen from ammonium saltpetre for 1,5 years of investigations was 16 per cent from the applied dose. From the slow-released nitrogen fertilizers in doses of 150 and 100 kg/ha nitrogen losses for washing out were 8 and 7 per cent respectively.

The application of mineral fertilizers under the forest canopy contributes to some increase of washing out of soil also Ca, Mg and K. The most intensive leaching of Ca and Mg is observed on the variant with ammonium saltpetre.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕДЛЕННОДЕЙСТВУЮЩИХ УДОБРЕНИЙ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В. С. ПОБЕДОВ, В. В. КОПЫТКОВ

В настоящее время все шире и шире находят применение минеральные удобрения в лесном хозяйстве. Как указывает В. С. Шумаков (1977), минеральные удобрения можно применять в лесном хозяйстве для достижения примерно 20 конкретных целей. Наиболее важной целью является повышение общего запаса древесины к возрасту главной рубки. Многочисленными исследованиями установлено, что с помощью удобрений можно на 15—30 % увеличить запас древесины на каждом гектаре лесной площади (Валк и др., 1977; Валк, Райд, 1981; Победов и др., 1984; Якас, 1974). С помощью минеральных удобрений можно также увеличить урожай ягод, грибов (Победов, Гримашевич, 1984; Сээмен, 1977), повысить устойчивость лесных экосистем к неблагоприятным антропогенным нагрузкам (Победов, 1984), стимулировать плодоношение насаждений (Булавик, 1984; Валк и др., 1980; Тялли, 1977).

Применение минеральных удобрений на лесных объектах имеет свою специфику. Специфичность технологии удобрения лесов заключается в том, что в большинстве случаев применяется поверхностное внесение туков. Вторая, не менее важная, особенность состоит в желательности длительного действия минеральных удобрений на лесной биогеоценоз. За срок выращивания деревьев, растягивающийся на несколько десятилетий, для стимулирования роста насаждений удобрения приходится вносить несколько раз, так как одноразовое внесение, например, азотных удобрений, действует всего 5—8 лет (Паавилайнен, 1983).

Поверхностное внесение минеральных удобрений сопровождается непродуктивными потерями азота в газообразной форме в виде аммиака и окислов. Размер газообразных потерь зависит от целого ряда факторов. Среди них главенствующее место занимают почвенно-климатические условия, форма вносимых удобрений, доза, сроки и способ их вне-

сения. Иногда потери азота в газообразной форме могут достигать 50 % от внесенной дозы (Шумаков, Воронкова, 1980). По данным Р. И. Шлейниса и А. Д. Рагуотиса (1983), потери азота в аммиачной форме из нитрата и сульфата аммония не превышают 1—2 %. Гораздо большие потери наблюдаются из мочевины — 8—10 %. При определенных условиях из этой формы тука потери азота в виде аммиака могут составить 15—18 % от внесенной дозы.

Для условий Эстонии непродуктивные потери азота в газообразной форме из карбамида составляют 13,9—20,9 % от внесенного количества азотных соединений (Тялли, 1982).

Наряду с газообразными потерями азот вымывается инфильтрационными водами за пределы корнеобитаемого слоя почвы. Величина вымытого азота во многом зависит от типа почвы и количества выпавших осадков. По данным П. Г. Тялли (1982), потери азота в результате вымывания при удобрении аммиачной селитрой дозами N100 и N200 составляют 29 и 48 кг/га. Это с учетом, что 15 % осадков уходит в грунтовые воды. Максимальные потери азота из аммиачной селитры отмечены В. С. Победовым и Е. А. Лебедевым (1980) при осеннем сроке внесения. Количество вымытого азота при этом составило 75 % от внесенной дозы.

Из-за непродуктивных потерь азота в газообразной форме и в результате вымывания коэффициент использования удобрений составляет 35—60 % (Лебедев, Победов, 1980; Пастернак и др., 1983; Унанянц, 1973).

Повышение коэффицента использования минеральных удобрений является одной из важнейших задач, решение которой даст возможность более эффективно и с минимальными потерями обеспечить растения питательными веществами. Одним из перспективных направлений в этом отношении является использование медленнодействущих удобрений. Идея создания таких удобрений была предложена еще в прошлом веке Д. И. Меинделеевым. Он писал: "Если бы можно было найти трудно вымываемые, но растворимые туки и равномерно оросить ими поле, то это было бы наилучшею мерою" (Менделеев, 1952).

В настоящее время известно несколько путей создания удобрений с пролонгированным сроком действия. Наиболее перспективными считаются два: химический и физический. Химический способ получения удобрений с регулируемой растворимостью питательных веществ заключается в том, что в состав водорастворимых удобрений вводят различные добавки (Малоносова, Фролова, 1977). Физический способ основан на создании покрытий на гранулах удобрений (Борисов, Ромашова, 1984). Покрытия удобрений могут быть

представлены как органическими, так и неорганическими материалами.

В качестве неорганических веществ широко используют серу, причем применяют ее в расплавленной и газообразной фазе. К числу органических материалов, применяемых для формирования покрытий на гранулах удобрений, относится парафин, природные смолы, воск.

Основной эффект от использования медленнодействующих удобрений достигается за счет равномерного поступления питательных веществ в почвенный раствор и снижения непродуктивных потерь.

Нами поставлен ряд опытов с использованием в условиях леса медленнорастворимых азотных удобрений. Так, вымывание питательных элементов по профилю почвы изучалось с помощью набивных лизиметров при весеннем и осеннем сроках внесения обычной аммиачной селитры (Naa) и селитры с полимерным покрытием (Naa-п). В качестве полимерного покрытия использовался 20—40 %-ный раствор мочевиноформальдегидной смолы марки КФ-БЖ с целевыми добавками. Целевые добавки применяли для увеличения прочности гранул и снижения слеживаемости удобрений при хранении.

Весной минеральные удобрения были внесены в приспевающий сосняк мшистый, осенью — в 17-летние культуры сосняка мшистого. Варианты опыта при осеннем и весеннем сроках внесения следующие: контроль (без удобрений), Naa150, Naa-п150 и Naa-п100. Повторность опыта 4-кратная. Почва приспевающего сосняка мшистого дерново-слабоподзоленная, развивающаяся на мелкозернистом рыхлом песке. Агрохимические показатели гумусоаккумулятивного горизонта почвы: pHсол — 3,8, гумус — 1,8 %, валовой азот — 0,07 %, валовой фосфор — 0,06 %, легкогидролизуемый азот — 4,7 мг/100 г почвы, подвижные формы P_2O_5 — 7,4 мг/100 г почвы, K_2O — 4,1 мг/100 г почвы.

Почва 17-летних культур сосняка мшистого дерново-слабоподзолистая, развивающаяся на мелкозернистом связном песке. Агрохимические показатели гумусоаккумулятивного горизонта: pHсол — 4,3, гумус — 0,9 %, валовой азот — 0,08 %, валовой фосфор — 0,04 %, легкогидролизуемый азот — 3,4 мг/100 г почвы, подвижные формы P_2O_5 — 9,3 мг/100 г почвы, K_2O — 1,21 мг/100 г почвы.

В течение года в приспевающем сосновом насаждении из обычной аммиачной селитры на глубину 60 см было вымыто 18,5 кг/га азота, что составляет 12 % от внесенной дозы. На варианте с медленнодействующим удобрением в такой же дозе азота вымылось 9,5 кг/га (6 %). С уменьшением дозы медленнодействующего азотного удобрения количество вымытого азота сократилось до 7,3 кг/га.

При осеннем сроке внесения туков в 17-летние культуры сосны за такой же период на варианте Naa150 на глубину 60 см вымыто 33,7 кг/га азота, или 22 % от внесенной дозы. На вариантах с аммиачной селитрой с полимерным покрытием в дозах N150 и N100 азота вымылось 7,3 и 4,3 кг/га (5 % и 4 %).

Газообразные потери азота в форме аммиака были изучены в 70-летнем сосновом насаждении. Вариант опыта: контроль, Naa150, Naa-п150 и Naa-п100. Повторность опыта пятикратная. В результате исследований установлено, что потери азота из обычной аммиачной селитры составили 10,7 кг/га, или 7 % внесенной дозы. Потери азота из медленнодействующих удобрений в дозах N150 и N100 соответственно оказались равны 1,3 кг/га (1 %) и 0,8 кг/га (0,8 %).

Как показали наши опыты, использование медленнодействующих удобрений в лесном хозяйстве способствует постепенному поступлению питательных элементов в почву, что снижает непродуктивные потери удобрений в газообразной форме более, чем в 8 раз, а на вымывании при весеннем сроке внесения — в два, осеннем — в четыре раза. Полученные результаты указывают на хорошую перспективу использования медленнодействующих удобрений в условиях леса.

ЛИТЕРАТУРА

Булавик И. М. Стимулирование цветения сосны минеральными удобрениями на лесосеменных плантациях. — В кн.: Повышение эффективности использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Гомель, 1984.

Борисов В. М., Ромашова Н. Н. Современное состояние производства медленнодействующих удобрений. Агрохимия, 1984, № 7.

Валк У. А., Тялли П. Г., Пикк Я., Сээмен Х. Влияние удобрения на прирост древесины в сосняке на переходном болоте, оцененное различными методами исследования. "Лесоводственные исследования" XIII, 1977.

Валк У., Пикк Я., Сээмен Х. Стимулирование плодоношения сосняков и ельников при помощи удобрения. — В кн.: Селекция, генетика и семеноводство древесных пород как основа создания высокопродуктивных лесов. М., 1980.

Валк У. А., Райд Л. Применение минеральных удобрений в лесах Эстонской ССР. — Таллин, 1981.

Лебедев Е. А., Победов В. С. Структура баланса использования азотных удобрений в сосновых насаждениях Белоруссии. — В кн.: Пути и методы лесорастительной оценки почв и повышения их продуктивности. М., 1980.

Малоносова И. А., Фролова Г. В. Об агрохимической эффективности покрытия удобрений пленками. Агрохимия, 1977, № 8.

Менделеев Д. И. Соч. т. XVI. Изд. АН СССР, 1952.

Победов В. С., Лебедев Е. А. Динамика химического состава лизиметрических вод в лесу при применении азотных удобрений. Формирование высокопродуктивных насаждений Белоруссии. Мн.: "Полымя", 1980.

Победов В. С., Булавик И. М., Лебедев Е. А. Отечественный опыт удобрения лесов. Обзорная информация. М., 1984.

Победов В. С., Гримашевич В. В. Рекомендации по повышению продуктивности дикорастущей голубики. Гомель, 1984.

Победов В. С. Современное состояние и перспективы применения удобрений в лесном хозяйстве. — В кн.: Повышение эффективности использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Гомель, 1984.

Пастернак П. С., Смольянинов И. И. и др. О коэффициенте использования минеральных удобрений лесными насаждениями. Агрохимия, 1983, № 8.

Паавилайнен Э. Применение минеральных удобрений в лесу. М., 1983.

Сээмен Х. О влиянии минеральных удобрений на урожай грибов в сосняке-черничнике. "Лесоводственные исследования" XIII, 1977.

Тялли П. Г. О влиянии минеральных удобрений на плодоношение елового насаждения. "Лесоводственные исследования" XIII, 1977.

Тялли П. Г. Улетучивание аммиака при поверхностном внесении карбамида в условиях леса. Агрохимия, 1982, № 6.

Тялли П. Г. Концентрация соединений азота в гравитационной воде и их вымывание из почвы брусничного типа местопроизрастания при внесении аммиачной селитры и карбамида. "Лесоводственные исследования" XVII. Осушение и удобрение лесов. Таллин, 1982.

Унанянц Г. П. Медленно действующие удобрения. Агрохимия, 1973, № 7.

Шлейнис Р., Рагуотис А. Потери азотных удобрений в сосновых насаждениях и пути их снижения. Каунас, 1983.

Шумаков В. С. Повышение продуктивности лесов с помощью минеральных удобрений. Повышение продуктивности лесов лесоводственными приемами. — Сб. науч. тр. — Пушкино, 1977.

Шумаков В. С., Воронкова А. Б. Пути уменьшения непродуктивных потерь азота из азотсодержащих туков в еловых лесах. — В кн.: Пути и методы их продуктивности. М., 1980.

Якас П. Ю. Влияние минеральных удобрений на текущий прирост и плодоношение приспевающих сосняков в услових Литовской ССР. — В кн.: Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Мн., 1974.

AEGLASETOIMELISTE VÄETISTE KASUTAMISE PERSPEKTIIVID METSAMAJANDUSES

V. S. POBEDOV, V. V. KOROTKOV

Kokkuvõte

Artiklis analüüsitakse aeglasetoimeliste lämmastikväetiste kasutamise eeldusi metsamajanduses. Tehti kindlaks, et lämmastiku kaod ammoniaagina männipuistute väetamisel polümeerkatteta ammooniumsalpeetriga moodustasid 10,7 kg/ha ehk 7 % annusest. Polümeerkattega ammooniumsalpeetri kasutamisel normiga N_{150} ja N_{100} moodustasid lämmastiku gaasilised kaod vastavalt 1,3 ja 0,8 kg/ha.

Lämmastiku migratsiooni kevadisel ja sügisesel väetamisel uuriti konteinerlüsimeetrite abil. Kevadisel väetamisel lämmastiku hulk, mis uhuti 60 cm sügavusele, moodustas N_{150}-variandis 18,5 kg/ha. Väljauhutud lämmastiku hulk polümeerkattega ammooniumsalpeetri kasutamisel oli N_{150} ja N_{100} variandis vastavalt 9,5 ja 7,3 kg/ha.

Väljauhutud lämmastiku hulk 17 aasta vanuste männikultuuride sügisesel väetamisel oli N_{150} variandis 33,7 kg/ha. Polümeerkattega ammooniumsalpeetri kasutamisel normiga N_{150} ja N_{100} uhuti lämmastikku välja vastavalt 7,3 ja 4,3 kg/ha.

THE PROSPECTS OF SLOW-ACTING FERTILIZERS APPLICATION IN FOREST MANAGEMENT

V. POBEDOV, V. KOPYTKOV

Summary

On the basis of investigations of nitrogen losses (gaseous losses in the form of ammonia and losses because of leaching with infiltrated waters) by applying common and slow-acting nitrogen fertilizers in the forest, it is concluded, that slow-acting nitrogen fertilizers are highly perpective, as they considerably decrease nonproductive nitrogen losses.

AMMONIAAGI LENDUMINE KARBAMIIDI KASUTAMISEL VÄETISENA METSATAIMLA TINGIMUSTES

P. TÄLLI

Taimlate väetamisel on karbamiidil mitmeid eeliseid teiste lämmastikväetistega võrreldes. Granuleeritud karbamiid on kõrge lämmastikusisaldusega (46 % N), hea külvatavusega, vees hästi lahustuv, säilitamisel ei niisku ega paaku. Taimed taluvad hästi karbamiidilahuse kõrget kontsentratsiooni. Isegi 5 %-line lahus ei põleta lehti (Агрохимия, 1975).

Kirjanduse andmetel on metsa väetamisel karbamiidiga täheldatud positiivse mõju suurt kõikuvust ja sageli ebarahuldavat efekti (Fiedler, . . . 1973; Möller, 1971). Karbamiidi madala efektiivsuse üheks põhjuseks peetakse lämmastiku lendumist ammoniaagina, mis leiab aset isegi tugevasti happelistel metsamuldadel (Nõmmik, 1973; Победов, Лебедев, 1977; Тялли, 1982). Lämmastiku gaasiline kadu metsa väetamisel karbamiidiga ulatub 8 protsendist (Победов, Лебедев 1977) 20. . .40 protsendini annusest (Carrier, Bernier, 1972; Watkins 1972, Nõmmik, 1973; Тялли, 1982). Ammoniaagi tugevat lendumist karbamiidiga väetamisel seletatakse mulla kõrge ureaasse aktiivsusega, mulla nõrga ammoniaagi sidumise võimega, kõrge õhutemperatuuriga. Kaod on seda suuremad mida suurem on NH_3 sisaldava mullalahuse ja atmosfääri kokkupuutepind. Ammoniaagi lendumiskadu esineb põhiliselt karbamiidi kasutamisel pealtväetisena. Karbamiidi mulda viimisel ammoniaaki ei lendu (Mikk, 1968).

Käesoleva töö eesmärgiks oli kindlaks määrata lämmastikukao suurust ammoniaagina karbamiidi andmisel metsataimlas mulla pinnale ja segamisel mullaga, aga samuti selgitada mitmesuguste tingimuste mõju sellele: karbamiidi segamine superfosfaadiga, vihmutamine.

Katse korraldati Eesti Metsainstituudi Kaarepere Metsakatsejaama puukoolis leostunud kamarkarbonaatmullal 19. V. . .8. VI 1983. a. Katsemulla pH_{KCl} oli 6,9, huumusesisaldus 3,6 %, hüdrolüüsuva lämmastiku sisaldus 11 mg/100 g mullas, lõimis kerge liivsavi. Katse rajati hästi haritud mustale kesale.

Katse läbiviimise ajal oli keskmine ööpäeva õhutemperatuur 12,5. . .15,7°C, mullatemperatuur 10 cm sügavusel 14. . .16°C, sademeid tuli 41 mm. Ilmastikutingimused olid lähedased pikaajalisele keskmisele.

Katsed korraldati H. Nõmmiku (1973) meetodil väikestel lappidel, mis olid eraldatud ümbritsevast mullast metallsilindritega. Silindrite sisemine diameeter oli 245 mm, kõrgus 150 mm. Silindrid suruti mulda ilma selle looduslikku struktuuri rikkumata. Kogu katseperioodi vältel oli katseväljak kaetud polüetüleenist kilega, mis laotati kaldu 1. . .1,5 m kõrgusele.

Karbamiidist eralduva ammoniaagi püüdmiseks kasutati staatilisi sorbtsiooniseadeldisi. Sorbtsiooniseadeldis koosnes polüuretaanpenoplastmassist kettast, mille tihedus oli 0,03 g/cm^3, paksus 30 mm ja diameeter 245 mm. Ammoniaaki sorbeeriv ketas paigutati silindrisse, mille sisemine diameeter oli sama suur kui mulda surutud metallsilindril ja asetati selle kohale. Silindrite liitekoht tihendati väljast kleeplindiga. Sorbtsiooniketta vahetamine uuega toimus 5, 8, 12 ja 20 päeva järel. Enne kasutamist loputati sorbtsioonikettaid vaheldumisi ühemolaarses H_3PO_4 ja KOH lahuses, seejärel uhuti destilleeritud veega puhtaks. Ketastele sorbeeriva võime andmiseks paigutati nad lahusesse, mille valmistamisel lisati 1 l destilleeritud vee kohta 50 ml kontsentreeritud H_3PO_4 ja 50 ml glütseriini. Liigne lahuse hulk kõrvaldati kettast tugeva pigistusega. Kettasse jäänud lahuse hulk varieerus 50. . .100 ml piires, mis moodustab 5. . .6 % pooride üldmahust.

Sorbeeritud ammoniaagi hulga määramiseks pesti kettaid järjestikku viis korda 250 ml 1M KCl lahuses. Pesemislahused kallati kokku. Ammoniaagi sisaldus lahuses määrati Nessleri reaktiiviga. Karbamiidiga väetatud lappidelt lendunud ammoniaagi ja väetamata kontroll-lapilt eraldunud ammoniaagi hulga vahet peeti karbamiidist lendunud ammoniaagi hulgaks.

Katses kasutati granuleeritud karbamiidi (46 % N) ja granuleeritud superfosfaati (19,5 % P_2O_5) annuses 200 kg toimeainet hektarile ehk 948 mg toimeainet lapile. Väetised anti kahel viisil: pealtväetisena ja segamisel 10 cm sügavuselt mullaga.

Katse koosnes järgmistest variantidest, mis rajati kolmes kor-

duses: 1 — kontroll (väetamata): 2 — N_{200} pealtväetisena; 3 — N_{200} segatud mullaga 10 cm sügavuselt; 4 — N_{200} ja P_{200} segu pealtväetisena; 5 — N_{200} ja P_{200} segu mulda; 6 — N_{200} ja P_{200} segu pealtväetisena + kastmine destilleeritud veega neli korda à 10 mm.

Katse tulemused

Taimlamuldade väetamisel karbamiidiga esineva lämmastiku gaasilise kao suuruse kindlakstegemiseks ning $N\text{-}NH_3$ lendumist vähendavate abinõude väljaselgitamiseks korraldatud katsete tulemused esitatakse tabelis. Selgub, et esimesel viiel päeval ulatus $N\text{-}NH_3$ lendumine mulla pinnale antud karbamiidist 7,5 %-ni, mulda viidud karbamiidist aga ainult 3,0 %-ni annusest. Karbamiidi ja superfosfaadi seguga mulla pinnale väetatud lappidelt ulatus lendumiskadu 5,93 %-ni, karbamiidi ja superfosfaadi segu mulda viimisel aga 2,81 %-ni annusest. Karbamiidi ja superfosfaadi segu külvamisel mulla pinnale ning kohesel kastmisel normiga 10 mm, vähenes lendumiskadu 1,5 %-ni annusest. Kaheksa päeva möödumisel väetamisest ulatusid lämmastikukaod vastavalt 12,53, 4,27, 10,45, 4,15 ja 2,25 protsendini antud lämmastiku hulgast. Katse lõpetamisel, pärast 20 päeva olid lämmastikukaod vastavalt 16,61, 5,49, 13,32, 5,09 ja 3,34 protsenti karbamiidiga antud lämmastikust (joonis 1).

Tehti kindlaks, et karbamiidi segamine mullaga vähendab oluliselt ammoniaagi lendumist. Lämmastiku lendumiskadu oli karbamiidi mulda viimisega väetatud lappidelt 12 päeva möödumisel väetamisest ligikaudu kolm korda väiksem kui lappidelt, kus karbamiid jäeti mulla pinnale. Kui katse 20 päeva järel lõpetati oli lendunud lämmastiku hulk lappidelt, kus karbamiidi segati mullaga, endiselt kolm korda väiksem.

Ilmnes, et karbamiidi segamine superfosfaadiga vähendab oluliselt ammoniaagi lendumist. Lämmastiku lendumiskadu oli karbamiidi ja superfosfaadi seguga pinnale väetatud lappidelt 12 päeva möödumisel väetamisest ligikaudu 1/5 võrra väiksem kui ainuüksi karbamiidiga väetamisel. Sama vahekord jäi püsima katse lõpuni.

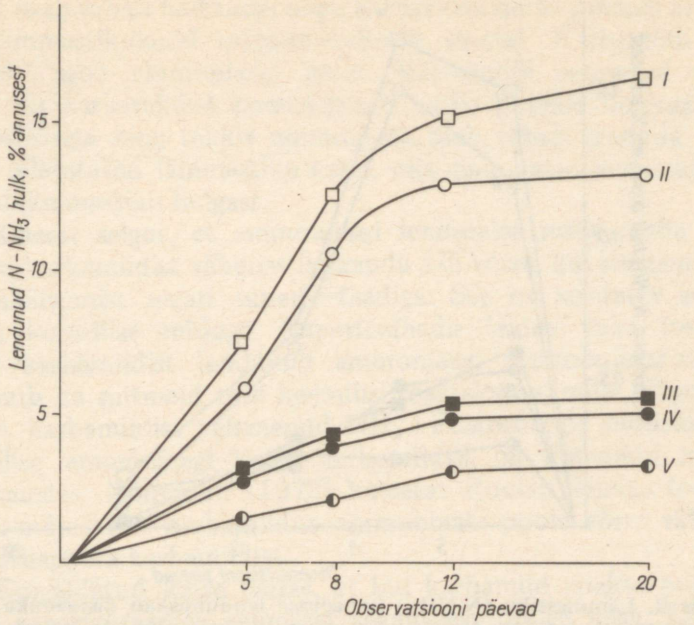
Katse näitas, et karbamiidi ja superfosfaadi segu mulda viimine vähendab oluliselt lämmastiku lendumiskadu võrreldes mulla pinnale andmisega, kuid võrreldes puhta karbamiidi mulda viimisega lendumiskadu vähenes ebaoluliselt.

Tehti kindlaks, et kastmine vähendab olulisel määral lämmastiku lendumiskadu karbamiidist. Segu N_{200} ja P_{200} pinnale and-

Lämmastiku lendumine ammoniaagina taimla kerge liivsavimulla väetamisel karbamiidiga

Periood	Aeg päevades katse algusest	N_k*200 mulla pinnale			N_k 200 segatud mullaga			N_k 200 ja P_s**200 segu mulla pinnale			N_k 200 ja P_s 200 segu mulda			N_k 200 ja P_s 200 segu mulla pinnale + neli korda kastmine à 10 mm		
		Karbamiidist lendunud N-NH_3 hulk %-des annusest														
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
19. . .24. V	5	7,50	1,50	7,50	3,00	0,60	3,00	5,93	1,19	5,93	2,81	0,56	2,81	1,50	0,30	1,50
25. . .27. V	8	5,03	1,68	12,53	1,27	0,42	4,27	4,52	1,51	10,45	1,34	0,45	4,15	0,75	0,25	2,25
28. . .31. V	12	2,68	0,67	15,21	1,13	0,28	5,40	2,47	0,62	12,92	0,88	0,22	5,03	1,09	0,27	3,34
1. . .8. VI	20	1,40	0,18	16,61	0,09	0,01	5,49	0,40	0,05	13,32	0,60	0,08	5,09	jäljed	0,00	3,34

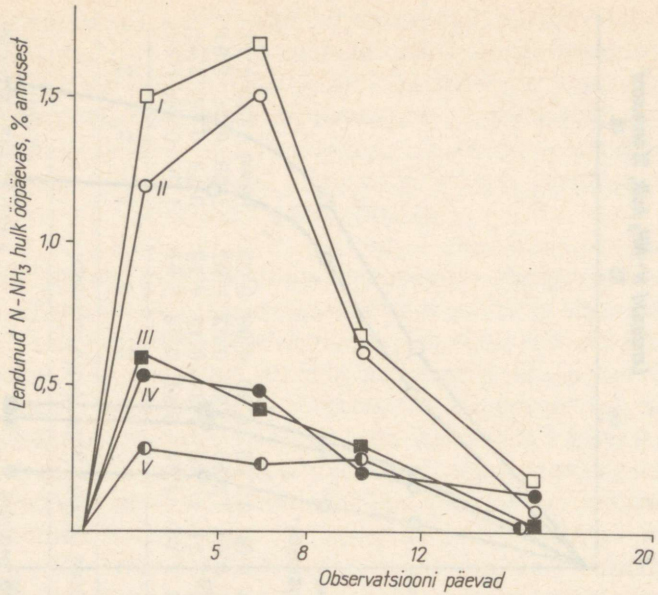
Märkus. Tabelis 1 — perioodi jooksul, 2 — keskmiselt päevas, 3 — katse algusest.
* N_k — karbamiid
** P_s — granuleeritud superfosfaat



Joonis 1. Lämmastiku ($N\text{-}NH_3$) lendumiskao kumulatsiooni dünaamika (% annusest) metsataimla liivsavimulla väetamisel karbamiidiga mitmesuguste väetamisviiside kasutamisel 20-päevase observatsiooni vältel. *I* — N_{200} pealtväetisena; *II* — N_{200} ja P_{200} segu pealtväetisena; *III* — N_{200} mulda; *IV* — N_{200} ja P_{200} segu mulda; *V* — N_{200} ja P_{200} segu pealtväetisena + vihmutamine 4 korda a 10 mm.

misel ning 4 x 10 mm sademetele vastava kastmise tulemusel oli $N\text{-}NH_3$ kadu ligikaudu neli korda väiksem kui kastmata lappidel.

Lämmastiku lendumiskao ööpäevase intensiivsuse dünaamika uurimine üksikute observatsiooniperioodide järgi 20-päevase katseaja vältel näitas (joonis 2), et $N\text{-}NH_3$ maksimaalne lendumine karbamiidist toimub kõigi katsevariantide puhul 1. . .8 päeval pärast väetamist. Võrreldes erinevatelt katsevariantidelt lendunud lämmastiku ööpäevaseid maksimaalseid hulki, selgub et kõige suurem oli $N\text{-}NH_3$ lendumine karbamiidi mulla pinnale andmisel — 1,68 % külvatud lämmastiku hulgast. Mõnevõrra väiksem (1,51 %) oli $N\text{-}NH_3$ lendumine karbamiidi ja superfosfaadi segu andmisel mulla pinnale. Karbamiidi viimisel mulda lendus ammoniaaki suhteliselt vähe — vaid 0,6 % annusest. Veelgi väiksem (0,03 %) oli ammoniaagi lendumine lappidelt, mida väetati karbamiidi ja superfos-



Joonis 2. Lämmastiku ($N\text{-}NH_3$) ööpäevase lendumiskao dünaamika (% annusest) metsataimla liivsavimulla väetamisel karbamiidiga observatsiooni vältel. *I* — N_{200} pealtväetisena; *II* — N_{200} ja P_{200} segu pealtväetisena; *III* — N_{200} mulda; *IV* — N_{200} ja P_{200} segu mulda; *V* — N_{200} ja P_{200} segu pealtväetisena + vihmutamine 4 korda à 10 mm.

faadi seguga ning pärast väetamist vihmutati. Pärast kulminatsiooni möödumist ammoniaagi lendumise intensiivsus langes järsult ja lakkas 20-ndaks observatsioonipäevaks.

Arutelu

Tulemus, et ammoniaagi lendumise määr karbamiidist ulatub taimla väetamisel 17 %-ni mulla pinnale antud lämmastikust, on väga lähedane Eestis põllumuldadega korraldatud katsete tulemustele. A. Miku (1968) katsetes ulatus lämmastikukadu mulla pinnale antud karbamiidist tüüpilisel kamarkarbonaatmullal 18,6 %-ni, kamarleetmullal 16,4 %-ni.

Lämmastiku gaasilise kao suurus karbamiidiga väetamisel sõltub paljudest teguritest, eelkõige aga mulla ureaassest aktiivsusest. Mida rohkem on mullas ensüüm ureaasi (EC3.5.1.5.), seda intensiivsemalt toimub karbamiidi üleminek ammoniaagiks. Kui ammo-

niaak saab vabalt haihtuda, nagu karbamiidi mulla pinnale andmisel, on lämmastikukaod märkimisväärselt suured. Karbamiidi mulda viimisel seob ammoniaagi muld. Karbamiidi segamisel mullaga jääb osa karbamiidist paratamatult mulla pinnale kokkupuutesse atmosfääriga ning tekkiv ammoniaak saab vabalt lenduda. Sellega ongi seletatavad lämmastiku kaod, mis meie katses ulatusid 5 %-ni antud lämmastiku hulgast.

Katsest selgus, et ammoniaagi lendumise määr mulla pinnale antud karbamiidist vähenes ligikaudu 1/5 võrra, kui karbamiid enne mahakülvamist segati superfosfaadiga. See on seletatav superfosfaadi keemilise mõjuga. Superfosfaadis leiduv vaba fosforhape seob karbamiidist lendunud ammoniaagi ammooniumfosfaadiks. Toimub ka mitmeid teisi keemilisi reaktsioone, mille käigus neelatakse karbamiidist vabanenud NH_3. Fosforhappe pidurdav efekt gaasilise ammoniaagi kaole karbamiidist on ilmnenud mitmetes uurimustes. Nõmmiku (1973) katsetes Rootsis lendus fosforhappega mõjutatud karbamiidist ammoniaaki poole võrra vähem kui fosforhappeta karbamiidist.

Korraldatud katse näitas, et kui karbamiid viiakse mulda, siis pole superfosfaadiga eelnevast segamisest olulist kasu. Lendumiskadu on mõlemal juhul praktiliselt võrdne.

Tulemus, et mulla pinnale külvatud karbamiidi ja superfosfaadi segu vihmutamine vähendab oluliselt N-kadu, on seletatav mitmete teguritega, eelkõige karbamiidi uhtumisega mulda. Olulised on samuti keemilised reaktsioonid superfosfaadiga, mis vee manulusel toimuvad intensiivsemalt.

KIRJANDUS

Carrier, D., Bernier, B. Pertes d'azote par volatalisation ammoniacale aprés fertilisation en forêt de pin gris. Can. J. Forest Research, 1972, N^{O} 1.

Fiedler, H. J., Nebe, W., Hoffmann, F. Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Jena, 1973.

Mikk, A. Karbamiidi mõju mõningate põllumajanduslike kultuuride saagile. Dissertatsioon põllumajandusteaduste kandidaadi teadusliku kraadi taotlemiseks. Eesti Põllumajanduse Akadeemia raamatukogus. Tartu, 1968.

Möller, G. Tillväxtökning genom gödsling. Analys av äldre gödslingsförsök. Föreningen Skogsträdsförädling, Institutet för Skogsförbättring, Arsbok 1971.

Nõmmik, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. Plant and Soil, 1973, v. 39. N^{O} 2.

Overrein, L. N. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil: 1. Nitrogen losses by leaching and volatilisation after addition of urea.-N^{15}. Soil Sci., 1968, v. 106.

Watkins, S. H., Strand, R. F., DeBell, D. S., Esch, J. Jr. Factors influencing ammonia losses from urea applied to Northwestern forest soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1972, v. 36.

Агрохимия. Под редакцией П. М. Смирнова и А. В. Петербургского. М. 1975.
Победов, В. С., Лебедев, Е. А. Влияние ингибиторов нитрификации на газообразные потери азота из удобрений в лесных условиях. В. кн.: Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Тарту, 1977.
Тялли, П. Г. Улетучивание аммиака при поверхностном внесении карбамида в условиях леса. Агрохимия 1982, № 6.

УЛЕТУЧИВАНИЕ АММИАКА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КАРБАМИДА В УСЛОВИЯХ ЛЕСНОГО ПИТОМНИКА

П. ТЯЛЛИ

Резюме

При помощи статических сорбционных установок определели, что при поверхностном внесении карбамида ($N_м200$) на легкую суглинистую почву лесного питомника газообразные потери азота в виде аммиака достигали в течение 20 дней 16,6 % от внесенной дозы. При внесении $N_м200$ в почву улетучивание снизилось до 5,5 % от дозы. В результате смешивания $N_м200$ с гранулированным суперфосфатом ($P_{сг}200$) перед внесением улетучивание аммиака снизилось при применении смеси поверхностно до 13,3 % и при внесении в почву до 5,1 % от дозы. При дождевании улетучивание аммиака из карбамида при поверхностном внесении смеси $N_м200$ и $P_{сг}200$ также существенно снизилось.

При удобрении почв лесных питомников карбамидом с целью уменьшения улетучивания аммиака вносить карбамид желательно при обработке почвы. При поверхностном внесении целесообразно смешивать карбамид с гранулированным суперфосфатом и рассеивать перед дождем или поливом.

GASFÖRMIGE N-VERLUSTE IN DER FORM VON NH_3 BEI HARNSTOFFDÜNGUNG UNTER DEN BEDINGUNGEN DER FORSTBAUMSCHULEN

P. TÄLLI

Zusammenfassung

Unter Anwendung statischer Absorptionseinrichtungen stellte der Verfasser fest, daß bei der Zuführung des Harnstoffes in breitwürfig ausgestreuter From auf dem leichten Lehmboden einer Baumschule die gasförmigen N-Verluste in der Form von NH_3 während einer 20tägigen Beobachtungszeit 16,6 % betrugen. Dieser Verlust ließ sich aber durch eine direkt in den Boden

gerichtete Zuführung bis zum 5,5 % der Gesamtmenge verringern. Als Ergebnis der Zuführung einer Mischdüngung von Harnstoff und granulierten Superphosphat verringerte sich die Ammoniakbegasung beim breitwürfigen Ausstreuen dieser Mischdüngung bis zum 13,3 % und bei Zuführung derselben Mischdüngemittel direkt in den Boden bis zum 5,1 % der Gesamtmenge. Durch Begießung ließ sich der Verlust bei der Düngung mit der Mischung N_{200} und P_{200} beim breitwürfigen ausstreuen bis zum 3,3 % der Gesamtmenge verringern.

Bei der Düngung der Forstbaumschulböden mit Harnstoff ist es zu empfehlen, zur Verringerung der gasförmigen N-Verluste in der Form von NH_3, Harnstoff direkt bei der Bodenbearbeitung zuzuführen. Bei breitwürfiger Ausstreuung des Harnstoffes ist es zweckmäßig, den Harnstoff mit granuliertem Superphosphat zu mischen und diese Mischung dann vor dem Regen oder der Begießung auszustreuen.

LINNUSTIKU MUUTUSTEST KUIVENDATUD JA METSASTATUD RAE RABA KATSEALAL

A. PETERSON

Rae raba asub Harju rajoonis Tallinna kagupiiril, moodustades Tallina RV Metsamajandi Harku metskonna Rae vahtkonna. Soomassiivi topograafiline asend on 38 meetrit üle merepinna ja pindala 1082 ha. Kõrgsoo ehk raba moodustab sellest 752, siirdesoo 94 ja madalsoo 236 ha (Raudsepp, 1946). Turba botaanilisest palünoloogilisest analüüsist nähtub, et Rae raba on välja arenenud endise järve kinnikasvamise tulemusena ümmarguselt 6500 aasta jooksul. Raba aluspõhja moodustab paas, millel lasuvad savikiht ja 30 cm paksune sapropeelikiht (Valk, 1969). Turbalasundi keskmine tüsedus on 3,2 m, ulatudes raba keskosas 6,8 meetrini (Raudsepp, 1946).

U. Valk (1969) märgib, et rabaturvas on peamiselt moodustunud turbasammaldest, puitu on turbas alla 1 %. Inimeste vahelesegamiseta oleks Rae raba kahtlematult jäänud lagerabaks. Ka A. Manki (1953) andmetel leidub puisraba vaid rabaservades soomassiivi lõunapoolses osas ja laiguti ka raba keskosas. Rae soomassiivi maksimaalne pikkus loodest kagusse on 5 km ja keskmine laius kirdest edelasse 2,5 km. Raba lõuna- ja lääneservast voolab läbi Pirita jõe ja Ülemiste järve vaheline kanal, mis eraldab raba lõunast kultuurmaastikest ja läänest Ülemiste järveni ulatuvatest niisketest põõsastega heinamaadest. Raba ja kanali vahel kasvab siirdesoo-kaasik. Soomassiivi keskel kulgeb kirdest edelasse vana maantee muldkeha alus, millel võib kasvamas näha mineraalmaale omast taimestikku. Tänaseks on muldkeha kaetud tiheda lehtpuuvõsaga, osaliselt on säilinud kraavid kahelpool teeaset.

Antud juhul pakub huvi raba algselt lage loodepoolne osa, sest 1950. aastal alustas Tallinna Metsamajand siin järk-järgulist kuivendamist. Samal ajal alustati ka metsastamise katsetööde ettevalmistamist. Katsekultuuridega rabaosa on olnud kõrgraba kasvukohatüübi lage puhmasraba (Valk, 1969). Katseala kraavitati 1950. aastal. Kraavide sügavus oli 1,4. . .1,5 m ja vahekaugus 80 m.

Taimkattes valitsesid enne kraavitamist kanarbik (50. . .60 % katteväärtusest) ja turbasamblad (15. . .20 %). Kuivendamise tagajärjel vähenes turbasammalde osatähtsus, kuid uued, rabale mitteomased taimed, ilmusid katsealale alles pärast väetamist (Valk, 1968).

Katsealale on rajatud kolm katseseeriat, millest esimene rajati põhiliselt 1958. aastal. Teise seeria katsevariandid pärinevad valdavalt 1953., üksikud variandid ka 1957. ja 1962. aastast. Kolmas seeria rajati osade kaupa 1953. ja 1958. aastal, kuid hävis raba põlemise tagajärjel. Katsevariandid uuendati 1965. aastal.

Tootmiskatsekultuuride rajamist alustati Rae rabal 1968. aastal. Praeguseks hõlmavad tootmiskatsed ja eelpoolnimetatud katseseeriad ligikaudu 80 ha endist lageraba. Katsealal kasvatatakse kuuske, mändi ja kaske. Kultiveerimisel kasutati 2-aastaseid männiseemikuid ja 3. . .4-aastaseid kuuseistikuid. Kaske kultiveeriti 20. . .40 cm kõrguste heistritena. Tootmiskultuure on väetatud lennukilt või osaliselt käsitsi pealtväetamise teel.

Rae raba ornitofauna on fikseeritud ELUS-i juubelikoguteoses avaldatud A. Manki (1953) uurimuses, mis sisaldab 15 aasta vaatlusi. Nimetatud artikkel hõlmab just kuivenduseelset perioodi. Tänaseks on lageraba osaliselt metsastatud ja sellega seoses toimunud faunas mitmeid muutusi. Linnustiku liigilise koosseisu ja arvukuse kindlakstegemiseks viidi eelpoolnimetatud katsealal läbi trassihindamine. Selleks valiti kindel marsruut (trass), mis kulges raba servaalalt keskkoha suunas. Loendusriba laiuseks oli 50 meetrit mõlemal pool kultuuride vahel kulgevat teed, mida kasutati trassialusena. Loendus toimus hommikutundidel (kell 6^{20}. . .11^{00}). Arvele võeti kõik trassil kohatud häälitsenud ja nähtud isendid. Loendusriba lindude fauna on jagatud kahte suuremasse rühma: tõenäosed pesitsejad ja juhuslikult ribal viibinud isendid. Viimatimärgitud liigid on ära toodud vastavat marsruudiosa kirjeldava lisana tabeliväliselt. Kasutatud uurimismetoodika ei võimalda loendada veelinde, seetõttu on kohatud pardiliigid (*Anas sp.*) toodud tabeliväliselt. Tuleb märkida ka seda, et samuti väljaspool tabelit äramärgitavad kajakaliigid (*Larus sp.*) ei oma rabakooslusega otsest sidet. Ka A. Mank (1953) märgib, et kajakaid võib näha rabast üle lendamas. Tabeliväliselt on märgitud samuti mõned raba kohal toitu otsivad või juhuslikult lendavad linnuliigid.

Linnustiku tiheduse arvutamisel loeti iga laulev ja iga nähtud isalind paariks, samuti loeti paariks üksikult nähtud emalind. Trassiosa mitmekordsel läbimisel võeti arvestustes aluseks kõige suurem kohatud lindude arv, kuna see osutub tegelikkuses tavaliselt mini-

Tabel 1

Asustustihedus ja liigiline koosseis I trassiosal

Linnuliik	Kohatud isendite arv		Isendite arv 10 hektaril
	17.05.1984 kell $9^{00}...9^{10}$	22.06.1984 kell $6^{00}...6^{10}$	
Kägu	2	—	6
Käblik	—	2	6
Aed-põõsalind	—	2	6
Salu-lehelind	4	—	11
Väike-lehelind	2	2	6
Mets-lehelind	2	—	6
Punarind	2	—	6
Musträstas	2	—	6
Vainurästas	—	2	6
Metsvint	8	6	23
Talvike	2	—	6

maalseks (Kumari, 1963). Välitööde käigus Rae rabal kohatud lindude eesti- ja ladinakeelne liiginimestik on toodud kirjutise lõpus.

Loendustrassi ümbritsenud katsekultuurid pole kogu Rae katsealal ühtlase koosseisuga ja seetõttu jagati trass osadeks.

Esimene osa trassist kulges mineraalmaa ja raba vahelisel siirdealal, seega valdavalt siirdesoos. Seda loendusala iseloomustab 10. . . 15 m kõrgune segamets. Siin kasvavad kask, mänd, kuusk jt. puuliigid koosseisus 6Ks3Mä1Ku. Loendusala pikkuseks kujunes 350 meetrit, pindala 3,5 ha (tabel 1).

Esimesel trassiosal kohati veel sinikael-parti (tegutses värskelt kaevatud kuivenduskraavis), naerukajakat (ülelennul) ja piiritajat (ülelennul).

Teine osa trassist kulgeb rabal, kus kasvavad mitmesuguse vanusega (kuni 25 aastat) ja kõrgusega kultuurid. Enamasti on kuuse- ja männikultuuride kõrguseks 1,5. . .3 meetrit. Pisut kõrgemad on kõikjal kultuuride koosseisus kasvavad, ilmselt loodusliku päritoluga kased. Osaliselt külgneb trass ka II katseseeriaga, mis on katsekultuuridest vanem ja seetõttu ka kõrgem. Trassiosa pikkus on 850 m, pindala 8,5 ha (tabel 2).

Teisel trassiosal kohati veel luitsnokk-parti, naerukajakat, hõbekajakat, kaelustuvi, piiritajat, suur-kirjurähni, hallvarest, põldlõokest.

Kolmas osa trassist kulgeb kuni 4 meetri kõrguses, üksikute kõrgemate kaskedega männikultuuris. Marsruudiosa pikkus on 400 m, pindala 4 hektarit (tabel 3).

Tabel 2

Asustustihedus ja liigiline koosseis II trassiosal

Linnuliik	Kohatud isendite arv				Isendite arv 10 hektaril
	16.05.1984 kell $6^{20}...6^{45}$	16.05.1984 kell $10^{00}...11^{10}$	17.05.1984 kell $9^{10}...9^{35}$	22.06.1984 kell $6^{10}...6^{35}$	
Metskiur	4	4	8	6	9
Pasknäär	2	—	—	—	2
Harakas	—	—	2	—	2
Pruunselg-põõsa-lind	4	—	4	4	5
Salu-lehelind	10	14	8	6	16
Väike-lehelind	4	4	2	—	5
Mets-lehelind	2	2	—	—	2
Punarind	2	2	2	—	2
Muströstas	—	2	2	2	2
Vainurästas	—	2	—	—	2
Laulurästas	4	2	—	—	5
Sootihane	—	—	2	—	2
Rasvatihane	—	—	2	—	2
Metsvint	10	8	10	2	12
Rohevint	2	—	—	—	2
Karmiinleevike	—	2	—	—	2
Talvike	—	2	4	—	5

Tabel 3

Asustustihedus ja liigiline koosseis III trassiosal

Linnuliik	Kohatud isendite arv			Isendite arv 10 hektaril
	16.05.1984 kell $6^{50}...7^{00}$	17.05.1984 kell $20^{20}...20^{05}$	22.06.1984 kell $9^{35}...10^{00}$	
Väikepistrik	2	2	—	5
Kiivitaja	4	—	—	10
Tikutaja	2	—	—	5
Metskiur	—	—	6	15
Linavästrik	—	4	—	10
Salu-lehelind	16	4	8	40
Muströstas	—	4	2	10
Punarind	4	—	—	10
Metsvint	4	2	8	20
Talvike	8	2	—	20

Tabel 4

Asustustihedus ja liigiline koosseis IV trassiosal

Linnuliik	Kohatud isendite arv			Isendite arv 10 hektaril
	16.05.1984 kell $7^{25}...7^{50}$	16.05.1984 kell $10^{00}...10^{25}$	17.05.1984 kell $10^{00}...10^{25}$	
Metskiur	4	4	4	9
Pruunselg-põõsalind	4	—	2	9
Salu-lehelind	4	6	4	13
Punarind	—	2	2	4
Musträstas	4	—	—	9
Laulurästas	—	—	2	4
Metsvint	—	—	2	4
Siisike	2	4	4	9
Kanepilind	2	—	—	4
Talvike	2	—	2	4

Kolmandal trassiosal kohati veel sinikael-parti, piilparti (3 isalindu tegutsesid tee kõrvale värskelt kaevatud tiigil), naerukajakat, hõbekajakat, kalakajakat, suitsupääsukest, hallvarest. Antud trassiosal võis 22. juuni õhtul jälgida metskurvitsa mängulendu.

Neljas trassiosa kulgeb 1984. aasta talvel ja kevadel täiendavalt kuivendatud rabaalal. Loendusribaga külgnevad kuni 2,5 m kõrgused kuuse kultuurid, mille koosseisus kasvab rohkesti loodusliku päritoluga kaske ja mändi. Antud ala on võrreldes eelpool käsitletutega sarnaseim loodusliku puisrabaga. Trassiosa pikkuseks on 450 m pindala 4,5 ha (tabel 4).

Lisanduvad liigid: sinikael-part, hiireviu, suurkoovitaja, naerukajakas, hõbekajakas, suitsupääsuke. Viimane trassiosa ulatub vahetult loodusliku puisraba servani. Läheduses asuv lagerabaala põhjustab ka tüüpilise madalsoo- ja luhalinnu suurkoovitaja sattumist loendustrassi lähedusse.

Eesti rabadel pesitseb E. Kumari (1972) andmetel 31 linnuliiki, neist 6 meie tingimustes ainult rabadel: rabapüü (*Lagopus lagopus rossicus* Ser.), põldrüüt (*Pluvialis apricaria apricaria* (L.)), rabapistrik (*Falco peregrinus peregrinus* Tunst.), hallõgija (*Lanius excubitor excubitor* L.), väikekoovitaja (*Numenius phaeopus phaeopus* (L.)) ja punakurk-kaur (*Gavia stellata stellata* (Pont.)). A. Manki (1953) vaatluste alusel esinesid Rae rabas pesitsejatena neli esimest. Rabas, siirde- ja madalsool pesitsevaid ühiseid linnuliike on 7: teder, sookurg (*Grus grus grus* (L.)), sookiur, mudatilder, kiivitaja, suurkoovitaja ja heletilder (*Tringa nebularia*

(Gunn.)) (Кумари, 1965). Viimatinimetatutest on A. Mank (1953) kohanud tervelt kuut esimest liiki ja lisaks veel põldlõokest.

Lagerabale iseloomulikke linnuliike võib loendusalal kohata vaid juhuslikult. Nimestikust nähtub, et välitööde käigus ei õnnestunud kohata ühtki lagerabale iseloomulikku liiki. Mitmele sootüübile orienteerunud linnuliikidest sattusid loendustrassi lähedusse ainult kiivitaja ja suurkoovitaja. Sellest järeldub, et katsealal on rabale ja puisrabale iseloomulikud linnuliigid asendunud teistele sootüüpidele ja mineraalmaa metsadele iseloomulike linnuliikidega.

Kõige arvukamalt olid trassil esindatud salu-lehelind ja metsvint. A. Kumari (1958) andmetel on salu-lehelinnu kõrge arvukus iseloomulik madalsookaasikutele. Ka metskiur ja pruunselg-põõsalind on enamkohatavad madalsoodes. Arvukamateks linnuliikideks Rae raba katsealal on veel talvike, esineb ka musträstast, laulurästast ja vainurästast. A. Manki (1953) poolt puisrabade liigiks märgitud hallrästast ei õnnestunud loendustrassil kohata.

Kõige liigirikkamaks osutus teine trassiosa, mis oli ka kõige vaheldusrikkam. Võrreldes A. Manki vaatlusandmetega selgub, et praeguseks metsastatud alal võib kohata 18 uut linnuliiki. Inimtegevusest mõjutatud rabale on omane suhteliselt suur liigiline mitmekesisus. Siin võib kohata mitmeid inimasustusega seotud linnuliike (suitsupääsuke, kuldnokk jt.), keda looduslikes puisrabades tavaliselt pole. Koos nn. külalistega kohati 1984. aasta kevadise vaatluse ajal katsealal 38 linnuliiki.

Rae raba linnustikust ülevaate saamiseks tehti kaks vaatluskäiku soomassiivi teistele osadele. Lisaks vaatlusala linnuliikidele kohati veel kanakulli, mudatildrit, sookiuru, kuldnokka ja hallrästast. Tetrede arvukus on rabal nähtavasti suurenenud. A. Mank (1953) märgib liigi juhuslikuks haudelinnuks, kuid metsavalvetöötajate andmetel kohatakse kevadisel mänguperioodil tetri küllaltki sageli. Mitmed A. Manki eelpool nimetatud artiklis mainitud liigid on tänaseks rabalt arvatavasti kadunud. Nende hulgas on rabapüü, hõbekajakas kui pesitsev liik, rabapistrik, kaldapääsuke (*Riparia riparia riparia* (L.)) jt. Nimetatud liikide väikearvuliseks muutumine või Rae rabalt kadumine on tingitud väga mitmesugustest põhjustest. Üks olulisemaid mõjutavatest teguritest on inimtegevuse intensiivsuse suurenemine ja sellest tingitud muutused.

Järgnevalt esitatav Rae rabal kohatud lindude nimestik ei ole täiuslik, kuid annab ülevaate 1984. aasta kevadel rabas kohatud liikidest.

Tabel 5

Rae raba linnustik 1984. aasta kevadel

Linnuliik	Kohatud enne kuivendamist (Mank, 1953)	Kohatud 1984. a. kevadel puisrabas
1	2	3
1. Sinikael-part, *Anas platyrhynchos platyrhynchos* L.	+	+
2. Piilpart, *Anas crecca crecca* L.	+	+
3. Luitsnokk-part, *Anas clypeata* L.	—	+
4. Kanakull, *Accipiter gentilis gentilis* (L.)	—	—
5. Hiireviu, *Buteo buteo vulpinus* (Glog.)	+	+
6. Väikepistrik, *Falco columbarius aesalon* Tunst.	+	+
7. Teder, *Lyrurus tetrix tetrix* (L.)	+	—
8. Kiivitaja, *Vanellus vanellus* (L.)	+	—
9. Mudatilder, *Tringa glareola* L.	+	—
10. Suurkoovitaja, *Numenius arquata arquata* (L.)	+	—
11. Metskurvits, *Scolopax rusticola* L.	+	—
12. Tikutaja, *Gallinago gallinago gallinago* (L.)	+	+
13. Naerukajakas, *Larus ridibundus* L.	+	—
14. Hõbekajakas, *Larus argentatus argentatus* Pont.	+	—
15. Kalakajakas, *Larus canus canus* L.	+	—
16. Kaelustuvi, *Columba palumbus palumbus* L.	+	+
17. Kägu, *Cuculus canorus canorus* L.	+	+
18. Piiritaja, *Apus apus apus* (L.)	+	+
19. Hallrähn, *Picus canus canus* Gm.	—	+
20. Suur-kirjurähn, *Dendrocopos major major* (L.)	+	+
21. Suitsupääsuke, *Hirundo rustica rustica* L.	+	+
22. Põldlõoke, *Alauda arvensis arvensis* L.	+	—
23. Metskiur, *Anthus trivialis trivialis* (L.)	+	+
24. Sookiur, *Anthus pratensis pratensis* (L.)	+	—
25. Linavästrik, *Motacilla alba alba* L.	+	+
26. Kuldnokk, *Sturnus vulgaris vulgaris* L.	—	—
27. Pasknäär, *Carrulus glandarius sewertzowii* Bogd.	+	+
28. Harakas, *Pica pica fennorum* Löhnb.	+	+
29. Hallvares, *Corvus corone cornix* L.	+	+
30. Käblik, *Troglodytes troglodytes troglotytes* (L.)	—	+
31. Aed-põõsalind, *Sylvia borin borin* (Bodd.)	—	+
32. Pruunselg-põõsalind, *Sylvia communis communis* Lath.	+	+
33. Salu-lehelind, *Phylloscopus trochilus acredula* (L.)	—	+
34. Väike-lehelind, *Phylloscopus collybita abietinus* (Nilss.)	—	+
35. Mets-lehelind, *Phylloscopus sibilatrix* (Becst.)	—	+
36. Punarind, *Erithacus rubecula rubecula* (L.)	—	+

1	2	3
37. Hallrästas, *Turdus pilaris* L.	+	+
38. Musträstas, *Turdus merula merula* L.	—	+
39. Vainurästas, *Turdus iliacus iliacus* L.	—	+
40. Laulurästas, *Turdus philomelos philomelos* Brehm.	—	+
41. Sootihane, *Parus palustris palustris* L.	—	+
42. Rasvatihane, *Parus major major* L.	—	+
43. Metsvint, *Fringilla coelebs coelebs* L.	+	+
44. Rohevint, *Carduelis chloris chloris* (L.)	—	+
45. Siisike, *Carduelis spinus* (L.)	—	+
46. Kanepilind, *Acanthis cannabina cannabina* (L.)	+	+
47. Karmiinleevike, *Carpodacus erythrinus erythrinus* (Pall.)	—	+
48. Talvike, *Emberiza citrinella citrinella* L.	—	+

KIRJANDUS

Kumari, A. Vahe-Eesti kaguosa loodusmaastiku linnustikust. — Rmt.: Ornitoloogiline kogumik I. Trt., 1958.

Kumari, E. Eesti lindude välimääraja. Tln., 1984.

Kumari, E. Kuidas vaadelda linde. Tln., 1963.

Kumari, E. Changes in the birds fauna of Estonian peat bogs during the last decades. — Aquilo, Ser. Zool., 1972, N 13.

Mank, A. Rae raba linnustikust. — Rmt.: Looduseuurijate Seltsi Juubelikoguteos. Tln., 1953.

Raudsepp, A. Eesti NSV turbasood. Trt., 1946.

Valk, U. Eesti rabad ja nende kasutamise perspektiivid metsamajanduses. Tln., 1968.

Valk, U. Eesti rabad, nende metsanduslik-ökoloogiline iseloomustus ja kasutamise perspektiivid metsamajanduses. Trt., 1969. Doktori dissertatsioon TRÜ Teaduslikus Raamatukogus.

Кумари Э. В. Верховые болота Эстонии как местообитания птиц. — Орнитология, 1965, № 7.

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В СООБЩЕСТВЕ ПТИЦ НА ОПЫТНОЙ ПЛОЩАДИ ОСУШЕННОГО И ОБЛЕСЕННОГО ВЕРХОВОГО БОЛОТА РАЭ

А. ПЕТЕРСОН

Резюме

В результате осушительных работ существенно изменяется сообщество птиц на верховых болотах. На верховом болоте Раэ после проведения осушительных работ в 1950 г. на площади 80 га заложили опытные культуры. Вследствие этого значительно изменились биотоп и сообщество птиц. По сравнению с 1953 г. на бывшем открытом верховом болоте распространилось 18 совершенно новых видов птиц. На территории опытных культур, где велись наблюдения, было обнаружено всего 38 видов птиц. Из результатов маршрутного учета выясняется, что более многочисленными видами птиц на опытной площади являются пеночка-весничка (*Phylloscopus trochilus acredula* (L.)) и зяблик (*Fringilla coelebs coelebs* L.) Такие характерные для открытого верхового болота виды птиц, как сапсан (*Falco peregrinus* Tunst.), белая куропатка (*Lagopus lagopus rossicus* Ser.) и другие к настоящему времени с болотного массива Раэ, вероятно, исчезли. На верховом болоте встречаются птицы, типичные для переходных и низинных болот. Близость культурных ландшафтов является причиной распространения на опытной площади и на всем болоте Раэ видов птиц, связанных с поселениями человека. В связи с этим орнитофауна здесь многочисленнее, чем на верховых болотах вдали от поселений человека. В ходе наблюдений на болотном массиве Раэ зарегистрировали 48 видов птиц. Составленный список неполный, но он дает представление о сообществе птиц упомянутого болота весной 1984 г.

ÜBER ANDERUNGEN IN DER VOGELFAUNA EINER ENTWÄSSERTEN UND AUFGEFORSTETEN VERSUCHSFLÄCHE DES HOCHMOORES RAE

A. PETERSON

Zusammenfassung

Linientaxierung auf der entwässerten und aufgeforsteten Versuchsfläche des Hochmoores Rae ergab, daß das früher offene Hochmoor heute von 18 neuen Vogelarten besiedelt wird. Insgesamt wurden auf der Versuchsfläche 38 Vogelarten angetroffen, wobei der Fitis (*Phylloscopus trochilus acredula* (L.)) und der Buchfink (*Fringilla coelebs coelebs* L.) an zahlreichsten vertreten waren. Die für den offenen Hochmoor charakteristischen früheren Bewohner der Versuchsfläche waren durch Vogelarten des Übergangsmoores und des Niedermoores ersetzt worden. Die Nähe der Kulturlandschaft bedingt die Ausbreitung einiger mit menschlicher Siedlung verbundenen Vogelarten sowohl auf der Versuchsfläche als auch auf dem Hochmoor überhaupt. Davon bedingt ist die Vogelfauna dieser Sumpflanschaft ziemlich zahlreich. Während der Beobachtungszeit wurden auf dem Hochmoor Rae insgesamt 48 Vogelarten angetroffen.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО РОСТА СТВОЛОВ МУЖСКИХ И ЖЕНСКИХ ДЕРЕВЬЕВ ОСИНЫ

Ю. ТАММ, Х. ТУЛЛУС

В лесоводственной литературе встречается немало работ, где приводятся данные о некоторых особенностях мужских и женских деревьев осины. Так, например, Е. Г. Орленко и О. Ф. Сыромятникова (1958) отмечают, что мужские особи выделяются широкой раскидистой кроной, сложенной крупными сучьями, более ранним облиственением и поздним листопадом. С. Н. Макаров (1954), напротив, приходит к выводу, что женские особи начинают вегетацию раньше, чем мужские. По нашим многолетним (за 1972. . .1983 гг.) наблюдениям в Тяхтвереском опытном лесничестве существенных различий во времени облиствения у деревьев разного пола не отмечалось: деревья с ранним и поздним временем облиствения встречались в равном количестве как среди женских, так и среди мужских особей. Некоторые авторы (Орленко, Сыромятникова, 1958) утверждают, что у мужских деревьев листья значительно длиннее и шире, чем у женских. Наши исследования, проведенные относительно нескольких морфометрических признаков листьев мужских и женских деревьев, подтверждают половое различие на всех 13 участках. По таким признакам, как ширина листовой пластинки, длина черешка, площадь листа, преимущество почти на всех участках остается за мужскими деревьями, а по содержанию сухого вещества — за женскими (Тамм, Ханнус, 1977; Тамм, 1979).

Многие исследователи (Макаров, 1954; Вихров, Федоров, Кочановский, 1966; Кочановский, 1968, 1976; Царев, 1969) пришли к выводу, что женские деревья гораздо меньше поражаются осиновым трутовиком, чем мужские. Мужские экземпляры имеют более высокую фотосинтетическую активность (особенно в начале вегетационного периода), чем женские. Количество зеленых пигментов и первичных продуктов фотосинтеза в листьях осин женского пола меньше, чем в листьях мужских особей. Несмотря на отмеченные различия в уровне фотосинтеза и содержании зеленых пигментов, осины женского пола имеют одинаковую с мужскими экземпляра-

ми интенсивность накопления древесной массы, что можно объяснить меньшим расходом образующихся в процессе фотосинтеза углеводов на дыхание (Федоров, Раптунович, 1970).

Исходя из предыдущего, мы решили провести наблюдения за радиальным приростом стволов мужских и женских деревьев осины в Эстонской ССР. По нашим данным таких исследований в нашей республике до сих пор не проводилось. Прирост диаметра осины в Эстонии изучали в течение вегетационного периода 1930 г. (Kohh, 1932 a, b). Исследование Э. Коха базируется на данные измерений нескольких молодых деревьев и в них не рассматриваются половые различия. Увеличение диаметра берез бородавчатых и пушистых, растущих на осушенных переходных болотах, в течение вегетационного периода проследил П. Коллист (Kollist, 1962, 1965). Зависимость нарастания диаметра некоторых наиболее молодых 10—15-летних лиственных деревьев (береза, тополь, клен, липа, дуб, ясень) от развития листьев рассматривается в работе О. Хенно (Henno, 1958). Данные о росте диаметра и высоты у сосен и берез, растущих на верховом болоте и на минеральной почве, содержатся в работах У. Валка (Valk, 1962, 1965). Наблюдения за приростом диаметра сосен и берез на заболоченных минеральных почвах непосредственно после осушения в течение трех лет проводились У. Рейнбергом (Reinberg, 1969).

Объект и методика исследования

Измерения проводились в древостое с преобладанием осины (состав 7 Ос 3 Б + Е) в Тяхтвереском опытном лесничестве. Древостой, средний возраст которого составляет 46 лет, произрастает на выщелоченной глеевой почве (легкий суглинок на карбонатной красно-бурой суглинистой морене). Тип леса — осинник осушенный лабазниковый. Измерения были начаты весной 1979 г. непосредственно после зимней прорубки.

Весной во время цветения для измерения было выбрано 15 мужских и 15 женских деревьев, которые по времени облиствения существенно не отличались. Весной 1980 г. было выбрано дополнительно еще по 5 деревьев из обоих полов. Таким образом, в 1980. . .1983 гг. под наблюдением находилось 20 мужских и 20 женских деревьев. Измерения были начаты весной перед облиствением осины, причем у каждого дерева зарегистрировали и дату распускания почек (т.е. день облиствения). В начале вегетационного периода, во время интенсивного роста измерения проводились через 3 суток. Позже, с уменьшением интенсивности роста, измерения проводились через 4, 5 и 7 дней. В течение вегетационного периода у каждого дерева было сделано до 26 измерений.

Таблица 1

Таксационная характеристика опытных деревьев (осенью 1982 г.)

№ дерева	Мужские деревья			Женские деревья		
	Возраст, лет	диаметр, см	высота, м	Возраст, лет	диаметр, см	высота, м
1	39	25,7	22,5	48	31,5	21,5
2	42	27,2	23,0	44	28,8	21,5
3	52	28,6	23,0	51	29,7	20,0
4	52	30,4	19,5	52	32,2	20,5
5	52	29,4	22,5	50	30,5	20,5
6	48	30,5	21,5	46	24,1	21,5
7	52	29,7	21,5	48	33,1	24,0
8	44	30,2	24,0	50	28,3	22,5
9	46	35,4	23,0	42	32,8	23,0
10	42	27,7	19,5	39	28,6	22,0
11	42	30,0	19,5	52	24,1	20,0
12	52	37,7	21,5	46	22,6	19,0
13	52	37,4	23,0	46	28,6	21,0
14	46	28,5	18,0	46	33,4	20,0
15	42	25,4	18,0	44	33,0	20,5
16	42	23,4	19,5	39	34,4	21,0
17	39	23,3	18,5	40	26,5	20,5
18	44	27,2	20,5	46	28,7	21,5
19	48	26,2	22,0	39	27,8	19,0
20	45	26,8	19,0	35	22,2	18,0
Среднее	46,0	29,0	21,0	45,2	29,0	20,9

Таксационные данные деревьев, находящихся под наблюдением, приводятся в таблице 1.

Наблюдения за приростом стволов по радиусу велись при помощи дендрометра, основной частью которого является индикатор часового типа ИЧ10 (ГОСТ 577-68). Чтоб приспособить индикатор для измерения прироста радиуса, были использованы некоторые методические указания (Нарышкин, Смирнов, 1959; Молчанов, Смирнов, 1967). Дендрометр с точностью измерения 0,01 мм устанавливался на западной стороне ствола (рис. 1).

Некоторые авторы (Смирнов, 1964, и др.) отмечают, что толщина ствола в дневные часы изменяется в зависимости от метеорологических условий и усиленной транспирации. Ход изменения радиуса ствола в течение суток имеет вид синусоиды. Эти наблюдения говорят о том, что замеры ствола необходимо производить всегда в одно и то же время суток. Правильнее всего это делать между 5—7 часами утра, когда у осины наблюдается максимальная величина радиуса. Однако, по техническим причинам нам это делать было неудобно и все замеры производились в промежутке между 8—10 часами утра.

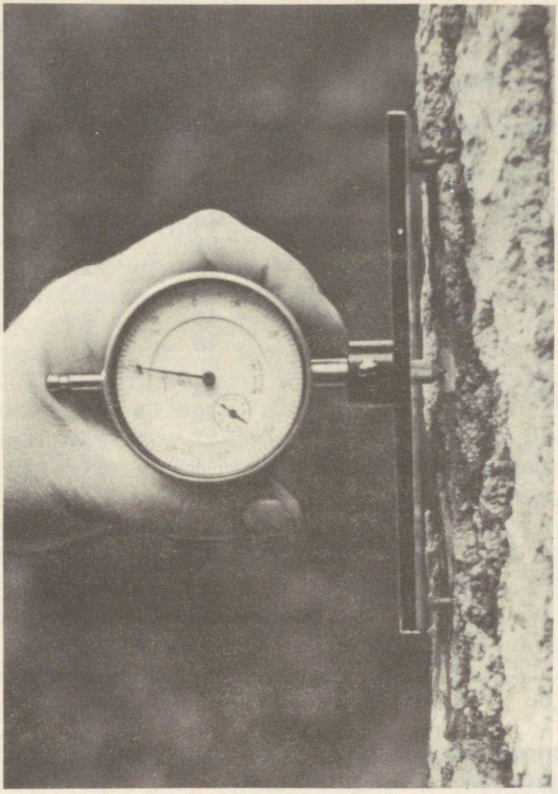


Рис. 1. Измерение прироста ствола дендрометром, основной частью которого является индикатор часового типа. Фото Ю. Тамма.

Обсуждение результатов

Данные наших наблюдений подтверждают, что начало радиального прироста осины совпадает с временем облиствения весной. До облиствения начинают расти только отдельные деревья, в основном прирост по радиусу начинается одновременно с облиствением или в течение 5 дней после начала облиствения. Наш 3-дневный интервал измерений не позволяет определить начало радиального роста совершенно точно. По данным наблюдений, проведенных в Тяхтверескóм опытном лесничестве, период облиствения осины в разные годы длится от одной до трех недель (Tamm, 1978). В начале и конце этого периода происходит облиствение небольшой части деревьев, а в середине — основной части. Так как деревья, выбранные нами для измерения прироста, покрывались листьями как раз

в середине периода облиствения, их можно считать типичными для популяции. Относительно ранораспускающихся и позднораспускающихся деревьев необходимы еще дополнительные наблюдения.

Д. Мак Дугол (MacDougal, 1938) отмечает, что летне-зеленые деревья начинают использовать продуцируемые молодыми листьями фотосинтетические продукты непосредственно для образования новых клеток не раньше, чем площадь листьев достигнет почти половины от их полной площади. Поэтому начальный рост листьев и образование годового кольца происходит за счет запасных веществ, накопленных в предыдущем году. По нашим данным (Ross, Tamm, 1974; Тамм, Росс, 1980) рост площади листьев осины заканчивается через 20. . .30 дней после облиствения, а половины площади листья достигают за 10. . .12 дней.

В таблице 2 приводятся статистические данные, характеризующие относительный рост по радиусу осины на 10-й, 30-й и 80-й день после облиствения. Из приведенных данных вытекает, что в начале периода роста вариация значительно больше, чем в конце. Во все годы (за исключением 1982 г.) коэффициенты вариации, характеризующие относительный радиальный прирост мужских деревьев, в начале и середине периода роста больше, чем у женских деревьев. Между относительным радиальным приростом мужских и женских деревьев нет статистически достоверного различия, так как границы доверительного уровня 0,95 почти совпадают во все моменты наблюдений (табл. 2).

На рис. 2 в качестве примера представлен ход относительного радиального прироста по данным 1982 и 1983 гг. Подобно росту в 1982 г. относительный радиальный прирост проходил в 1979 и 1981 гг. В эти годы относительный прирост был несколько больше у мужских деревьев. В 1980 г. кривые хода радиального прироста мужских и женских деревьев почти совпадали, но в 1983 г. (как исключение) относительный радиальный прирост женских деревьев превышал прирост мужских деревьев. Во все годы наблюдений разница в радиальном приросте у мужких особей оказалась незначительной и статистически недостоверной.

Прирост по радиусу у осины в наших условиях продолжается в течение 95. . .100 дней (в 1983 г. прирост практически закончился за 85 дней), причем 50 % от прироста текущего года деревья достигают за 40. . .45 дней (в 1983 г. за 32 дня).

По данным П. Коллиста (Kollist, 1962, 1965), у берез пушистых и бородавчатых для годичного прироста диаметра требуется 81. . .87 дней, причем увеличение диаметра в течение периода роста происходит неравномерно. Весной и в начале лета увеличение диаметра у берез происходит интенсив-

Таблица 2

Статистические показатели, характеризующие относительный прирост осины по радиусу

Год наблюдений	Пол	Коэффициент вариации			Границы доверительного уровня 0,95		
		на 10 день*	на 30 день	на 80 день	на 10 день	на 30 день	на 80 день
1979	♀	28	20	7	8...11	34...43	84...91
	♂	32	23	6	6... 9	36...47	90...97
1980	♀	23	11	2	12...14	42...47	96...98
	♂	35	20	2	10...13	40...49	96...98
1981	♀	21	13	3	7... 9	30...33	88...92
	♂	48	18	4	7...10	31...37	91...95
1982	♀	50	20	4	4... 6	27...33	91...95
	♂	49	17	5	4... 6	27...33	93...97
1983	♀	24	12	3	13...16	49...54	97...99
	♂	41	17	2	9...13	45...54	97...99

* дни приведены с момента облиствения

нее, чем в середине лета. Аналогичная закономерность наблюдается и при увеличении годичного кольца у осины.

Среди факторов, оказывающих влияние на рост деревьев, самое решающее значение имеют температура воздуха и количество осадков (Valk, 1962 и др.). Уже давно известно, что самым существенным метеорологическим фактором, влияющим на рост деревьев, является тот фактор, который в данном месте произрастания наиболее далек от оптимума. В Эстонской ССР основное влияние на рост деревьев оказывает температура воздуха весной и летом. Начиная с июля существенной связи между ростом текущего года и температурой воздуха не наблюдается (Valk, 1962; Kollist, 1962, 1967; Патов, 1983). Данная закономерность целиком подтверждается и нашими наблюденями за сезонной динамикой радиального роста стволов мужских и женских деревьев осины. Во все годы (1979. . .1983) отмечается связь между приростом по радиусу и температурой воздуха, особенно в первой половине периода роста. Большие подъемы и падения температуры воздуха соответственно отражаются также в увеличении и уменьшении относительного прироста по радиусу у мужских и женских деревьев (рис. 3). Более явно это заметно в те годы (1980 и 1982 гг.), когда колебание температуры воздуха весной более резкое. Существенных различий в относительном приросте мужских и женских деревьев осины не наблюдается; только в некоторые годы во второй половине периода роста относительный прирост у женских деревьев немного больше, чем у мужских.

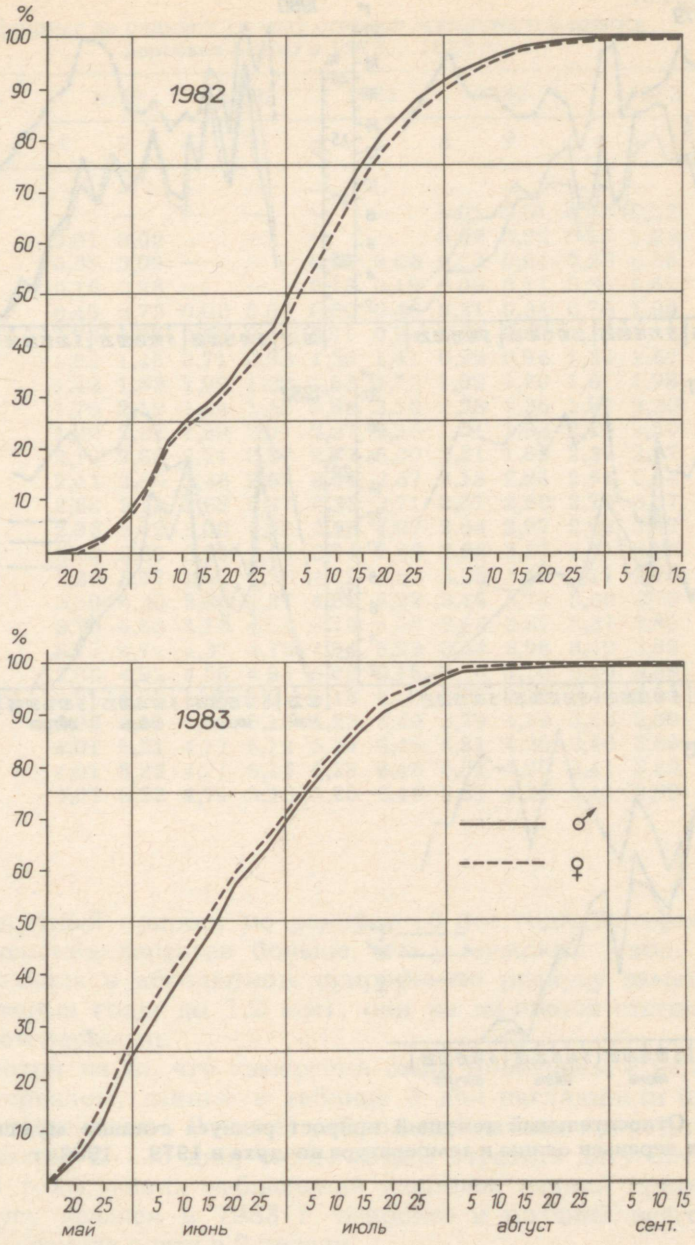


Рис. 2. Относительный прирост радиуса стволов мужских и женских деревьев осины в Тяхтвереском опытном лесничестве в 1982 и 1983 гг.

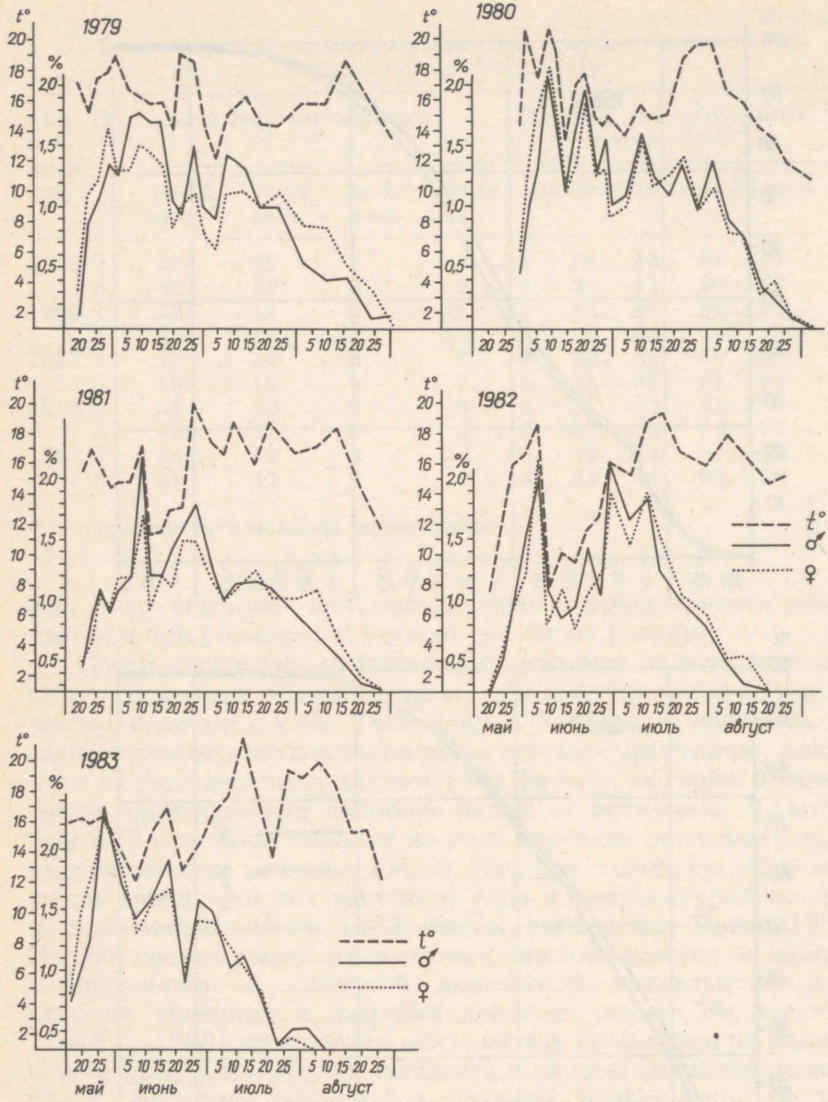


Рис. 3. Относительный текущий прирост радиуса стволов мужских и женских деревьев осины и температура воздуха в 1979. . .1983 гг.

Таблица 3

Прирост по радиусу (в мм) стволов мужских и женских деревьев осины в 1979. . .1983 гг.

Дата	1979		1980		1981		1982		1983	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
15.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18.05	—	—	—	—	—	—	0,01	0,01	0,08	0,12
20.05	0,01	0,02	—	—	—	—	0,02	0,02	0,15	0,23
22.05	0,05	0,09	—	—	0,05	0,06	0,04	0,04	0,23	0,35
25.05	0,16	0,28	—	—	0,18	0,19	0,09	0,11	0,35	0,55
31.05	0,45	0,73	0,06	0,08	0,50	0,46	0,31	0,34	0,76	1,00
5.06	0,78	1,09	0,29	0,40	0,79	0,94	0,64	0,67	1,10	1,42
10.06	1,08	1,45	0,71	0,93	1,35	1,41	0,92	0,96	1,34	1,67
15.06	1,42	1,83	1,09	1,32	1,53	1,73	1,09	1,20	1,61	1,98
20.06	1,70	2,12	1,44	1,68	1,86	2,10	1,28	1,35	1,95	2,30
25.06	1,90	2,37	1,80	2,07	2,27	2,55	1,51	1,58	2,10	2,50
30.06	2,19	2,65	2,11	2,37	2,72	3,00	1,81	1,89	2,37	2,77
5.07	2,41	2,86	2,36	2,62	3,04	3,37	2,18	2,25	2,61	3,04
10.07	2,68	3,12	2,68	2,97	3,33	3,71	2,51	2,60	2,79	3,27
15.07	2,93	3,42	3,00	3,28	3,63	4,07	2,84	2,97	2,98	3,47
20.07	3,16	3,69	3,25	3,60	3,94	4,46	3,06	3,27	3,11	3,64
25.07	3,36	3,97	3,57	3,96	4,22	4,82	3,25	3,49	3,17	3,70
31.07	3,59	4,30	3,86	4,27	4,52	5,22	3,44	3,72	3,30	3,78
5.08	3,70	4,53	4,16	4,54	4,75	5,58	3,56	3,87	3,37	3,85
10.08	3,77	4,74	4,37	4,75	4,94	5,93	3,64	3,98	3,40	3,88
15.08	3,86	4,92	4,55	4,94	5,08	6,15	3,70	4,10	3,40	3,89
20.08	3,95	5,06	4,65	5,01	5,18	6,30	3,75	4,15	3,40	3,89
25.08	3,96	5,15	4,68	5,10	5,23	6,40	3,79	4,19	3,40	3,89
31.08	4,01	5,21	4,71	5,12	5,24	6,45	3,81	4,20	3,40	3,89
5.09	4,01	5,22	4,71	5,13	5,25	6,46	3,81	4,20	3,41	3,89
10.09	4,01	5,22	4,71	5,13	5,25	6,46	3,81	4,20	3,41	3,89

Абсолютный прирост по радиусу во все годы измерений был у женских деревьев больше, чем у мужских (табл. 3). Хотя различия в абсолютном приросте по радиусу заметны (в некоторые годы до 1,2 мм), они не являются статистически достоверными.

Несмотря на то, что измерения были проведены с неравным интервалом, данные в таблице 3 для наглядности приводятся по пентадам. В начале наблюдений данные приводятся с интервалом 2. . .3 дня, чтобы точнее отразить дату начала роста. В годы наших наблюдений наиболее ранний прирост по радиусу начался в 1983 г. наиболее и поздний всего в 1980 г. — разница почти в 2 недели.

По данным наблюдений 1981 и 1982 гг. на рис. 4 представлен ход прироста радиуса мужских и женских деревьев осины. Кстати, различия в приросте между деревьями разного пола

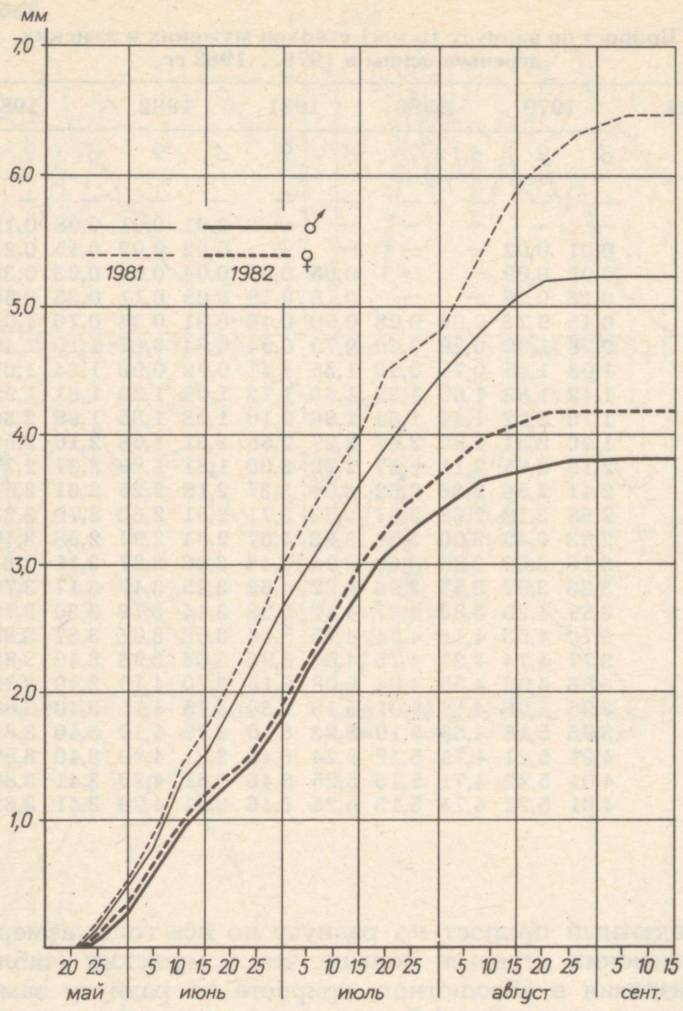


Рис. 4. Абсолютный прирост радиуса стволов мужских и женских деревьев осины в 1981 и 1982 гг.

оказались наиболее заметными в 1981 г. (1,21 мм) и менее заметными в 1982 г. (0,39 мм). В начале вегетационного периода прирост по радиусу у деревьев разного пола протекает одинаково, но позднее прирост женских деревьев несколько больше, чем у мужских. Нарастание годового кольца в течение почти двух месяцев (июнь, июль) происходит более-менее

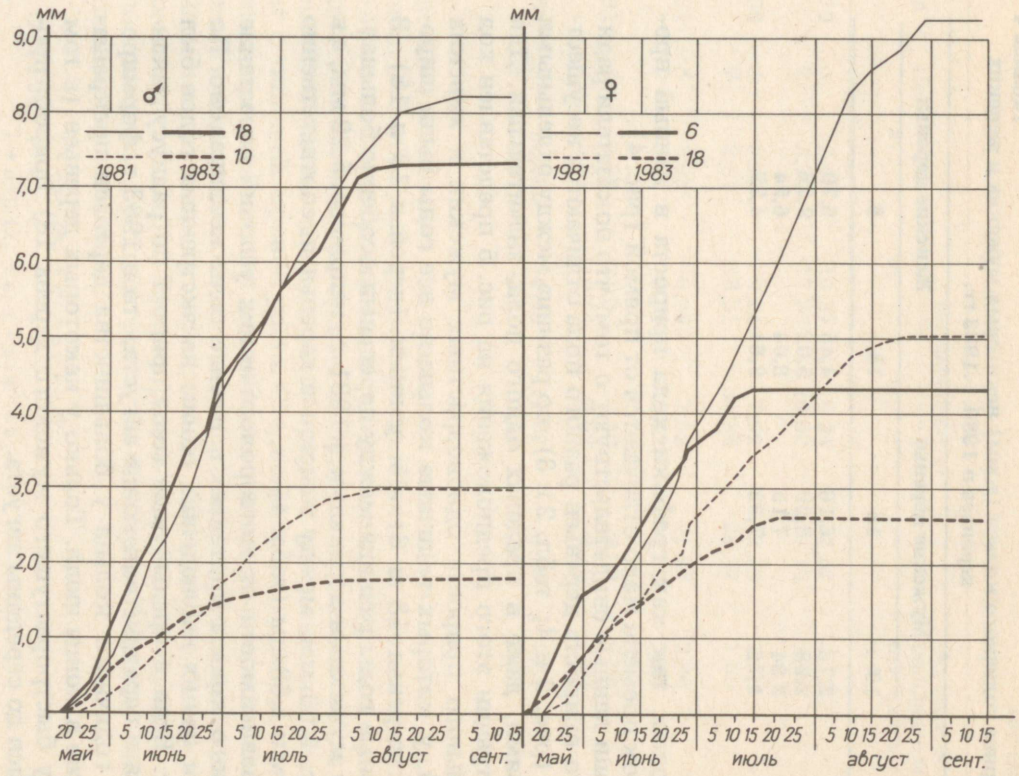


Рис. 5. Ход радиального прироста некоторых мужских (№ 18 и № 10) и женских (№ 6 и № 18) деревьев с широким (сплошная линия) и узкими (штрихованная линия) годичными кольцами в 1981 и 1983 гг.

Таблица 4

Ширина годичного кольца (в мм) некоторых мужских и женских деревьев в 1980. . .1983 гг.

Год	Мужские деревья		Женские деревья	
	10	18	18	6
1980	2,76	6,16	4,45	6,79
1981	2,98	8,20	5,02	9,26
1982	2,34	7,15	3,04	6,24
1983	1,76	7,32	2,61	4,29

однородно, так как графики хода прироста в данный промежуток времени мало отличаются от прямой (рис. 4).

Наши данные свидетельствуют о том, что показатели радиального прироста деревьев разного пола отличаются несущественно (рис. 2 и 4; табл. 2 и 3), но разница между отдельными деревьями, даже в пределах одного пола, значительная. Для иллюстрации этого предположения на рис. 5 представлен ход радиального прироста одновозрастных мужских и женских особей, у которых годичные кольца во все годы были широкими (деревья 18 и 6) или узкими (деревья 10 и 18). В отдельные годы разница между деревьями особенно большая: между мужскими деревьями в 1981 г., например, 5,22 мм, а в 1983 г. 5,56 мм, между женскими деревьями соответственно 4,24 мм и 1,68 мм (табл. 4).

В зависимости от метеорологических условий нарастание годичного кольца протекает в разные годы неодинаково. По данным наших наблюдений, одним из экстренных годов был 1983 г. Если в предыдущие годы прирост по радиусу заканчивался в середине или конце августа, то в 1983 г. формирование годичного кольца у большинства деревьев прекращалось уже в конце июля. Только у некоторых деревьев (в том числе у быстрорастущего мужского дерева 18) прирост продолжался до середины августа.

Мы уже отметили, что прирост у различных деревьев (как годовой, так и текущий) по абсолютной величине неодинаков и ход прироста в течение вегетационного сезона у различных деревьев не совпадает. В связи с этим мы сочли целесообразным рассмотрение относительного прироста, выраженного в процентах от окончательной ширины полностью сформировавшегося годичного кольца.

При обработке данных радиального прироста осин была также поставлена задача, найти математическое приближение для относительного прироста по радиусу в течение всего периода роста. При анализе кривых роста (рис. 2 и др.) выяс-

Таблица 5

Оценка коэффициентов в формуле (1) Ф. Вингерта

Год	Пол	Коэффициенты				Остаточное стандартное отклонение в %
		a_1	a_2	a_3	a_4	
1979	♂	3,41	-10,37	8,24	-2,32	3,13
	♀	3,72	-17,83	29,50	-20,10	1,57
1980	♂	3,18	-9,54	7,99	-2,28	3,30
	♀	3,37	-18,31	34,36	-28,37	1,50
1981	♂	3,55	-9,89	7,52	-1,89	2,00
	♀	3,68	-8,08	5,62	-1,23	2,65
1982	♂	5,96	-11,03	10,40	-3,03	2,58
	♀	5,81	-10,14	9,02	-2,70	2,65
1983	♂	22,48	-9,45	11,07	-4,35	2,31
	♀	16,71	-8,71	10,02	-3,88	2,58

нилось, что прирост по радиусу несколько отличается от типичной S-образной кривой роста. Почти на протяжении 2/3 от всего периода роста нарастание годичного кольца происходит более-менее однородно и прирост протекает почти по прямой. В конце периода роста прирост замедляется и совпадает с типичной кривой роста. Следовательно, в данном случае лучшим регрессионным уравнением является полином. Остаточные стандартные отклонения, характеризующие уравнения, найденные по методу наименьших квадратов, оказались в промежутке 3. . . 6%. Лучшие результаты были получены при использовании функции роста Ф. Вингерта (Wingert, 1971), общая формула которой:

$$y = 100 \frac{1 + \exp(a_1 + a_2 + a_3 + a_4)}{1 + \exp(a_1 + a_2 x + a_3 x^2 + a_4 x^3)}, \qquad (1)$$

где $x = b/100$;

b — время в днях с начала роста;

y — относительный прирост по радиусу в %;

a_1, a_2, a_3, a_4 — коэффициенты.

Графики этой функции гибки и пригодны для описания кривых роста, отличающихся от типичных. Остаточные стандартные отклонения, характеризующие ошибку прогноза наших уравнений, оказались в промежутке 1,5. . .3,3% (табл. 5).

ЛИТЕРАТУРА

Вихров В. Е., Федоров Н. И., Кочановский С. Б. Об устойчивости осины к сердцевинной гнили. — В кн.: Пути повышения продуктивности лесов. Минск, 1966.

Кочановский С. Б. Некоторые физиологические особенности деревьев осины мужского и женского поля. — Лесоведение, 1968, № 2.

Кочановский С. Б. Сердцевинная гниль осины. Минск, 1979.

Макаров С. Н. Половые различия у растений по вегетативным и биологическим признакам. — Бюллетень Главного ботанического сада, 1954, вып. 17.

Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. М., 1967.

Нарышкин М. А., Смирнов В. В. Прибор для определения прироста деревьев. — Лесное хозяйство, 1959, № 7.

Орленко Е. Г., Сыромятникова О. Ф. О биологических особенностях мужских и женских деревьев осины. — Бюллетень научно-технической информации. (БелНИИЛХ), 1958, 3.

Патов А. И. Сезонная динамика радиального роста стволов сосны, ели и березы в подзоне средней тайги. — Труды Коми филиала АН СССР, 1983, № 59.

Смирнов В. В. Сезонный рост главнейших древесных пород. М., 1964.

Тамм Ю. А. Морфометрия листьев мужских и женских деревьев осины. — Лесоведение, 1979, № 3.

Тамм Ю., Росс В. Закономерности роста листа осины. Известия АН ЭССР. Биология, 1980, г. 29, № 1.

Тамм Ю., Ханнус Я. М. О морфометрии листа осины. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XIII. Tln., 1977.

Федоров И. И., Раптунович Е. С. Фотосинтетическая активность деревьев осины мужского и женского пола. — Лесоведение, 1970, № 1.

Царев А. П. Половой диморфизм осины. — Лесоведение, 1969, № 2.

Henno, O. Lehtpuude diameetrikasvu olenevus lehtede arengust. — Eesti Loodus, 1958, nr. 3.

Kohh, E. Uurimusi puude läbimõõdu ja kõrguse kasvu kohta Tartu Ülikooli õppe- ja katsemetskonnas 1930. a. — Tartu Ülikooli Metsaosakonna toimetised, 1932a, nr. 23.

Kohh, E. Puude diameetri- ja ladva-kasv ühel vegetatsiooni perioodil. — Rmt.: Eesti Metsanduse Aastaraamat VI. Tartu, 1932b.

Kollist, P. Aru- ja sookasest kuivendatud soodel. — Rmt.: Teaduslik-tehniline kogumik. Maaparanduse ja metsakuivenduse küsimusi. Tln., 1962.

Kollist, P. Kuivendatud siirdesool kasvavate aru- ja sookaskede diameetri suurenemisest vegetatsiooniperioodi jooksul. — Rmt.: Loodusuurijate Seltsi Aastaraamat, 57. kd. Trt., 1965.

Mac Dougal, D. Tree growth. Leiden-Holland, 1938.

Reinberg, U. Puude diameetri juurdekasvust soostunud mineraalmuldade kuivendamisele vahetult järgnenud aastatel. — Rmt.: Loodusuurijate Seltsi Aastaraamat, 59. kd. Tln., 1969.

Ross, V., Tamm, Ü. Haavalehtede kasvu fütomeetriline uurimine. — Rmt.: Metsanduslikud uurimused XI. Tln., 1974.

Tamm, Ü. Haava lehtimisest. — Eesti Loodus, 1978, nr. 5.

Valk, U. Puude kasvudünaamikast vegetatsiooniperioodil ja seda mõjutavatest teguritest. — Rmt.: Teaduslik-tehniline kogumik. Maaparanduse ja metsakuivenduse küsimusi. Tln., 1962.

Valk, U. Lehepungade puhkemist ja puude kõrguskasvu mõjutavatest teguri test. — Rmt.: Loodusuurijate Seltsi Aastaraamat, 57. kd. Tln., 1965.

Wingert, F. Eine Verallgemeinrung der logisticher Wachstumsfunktion. — Biometrishe Zeitschrift, 1971, Bd. 13, H. 1.

ISAS- JA EMASHAABADE RAADIUSE JUURDEKASVU SESOONNE DÜNAAMIKA

Ü. TAMM, H. TULLUS

Kokkuvõte

Aastail 1979. . .1983 jälgiti Tähtvere katsemetskonnas haava enamusega puistus puude raadiuse suurenemist. 1979. a. kevadel haabade õitseajal valiti mõõtmiseks välja 15 isas- ja 15 emashaaba. Järgmisel kevadel valiti veel mõõtmisteks täiendavalt 5 puud kummastki soost. Seega oli aastatel 1980—1983 vaatluse all 20 isas- ja 20 emashaaba. Nendel puudel mõõdeti tüve läänepoolsel küljel raadiuse suurenemine. Mõõtmistega alustati enne haabade lehtimist, kusjuures igal puul registreeriti ka lehtimise kuupäev. Vegetatsiooniperioodi algul intensiivse kasvu perioodil toimusid mõõtmised 3-päevase intervalliga. Vastavalt kasvu intensiivsuse vähenemisele pikendati intervalli järk-järgult 4, 5 ja 7 päevale. Mõõtmisteks kasutati kella-tüüpi indikaatorist (tüüp ИЧ 10) kohandatud dendromeetrit, mis võimaldas teha mõõtmisi 0,01 mm täpsusega.

Tulemuste analüüsil selgus, et haava jämeduskasvu algus kevadel langeb hästi kokku lehtimise algusega. Haava raadiuse juurdekasv kestab 95. . .100 päeva, kusjuures 50 % jooksva aasta juurdekasvu saavutamiseks kulub 40. . .45 päeva. Puude relatiivset radikaalkasvu iseloomustavad variatsioonikoefitsiendid on vegetatsiooniperioodi algul tunduvalt suuremad kui perioodi lõpus. Seega on puude suhteline radikaalkasv alguses erinev, vegetatsiooniperioodi lõpus aga ühtlustub. Kõigil aastatel (välja arvatud 1982. a.) on variatsioonikoefitsiendid vegetatsiooniperioodi algul ja keskel isaspuudel suuremad kui emaspuudel. Emas- ja isaspuude suhtelises radiaalkasvus ei ole statistiliselt usaldatavat erinevust, sest 0,95 usaldusnivoo piirid kattuvad kõigil vaatlusmomentidel.

Haabade aastarõnga suurenemine, eriti juurdekasvu algperioodil, sõltub kevadisest õhupemperatuurist. Õhutemperatuuri tõus või langus peegeldus vastavalt ka raadiuse juurdekasvu suurenemises või vähenemises. Ilmekamalt võis seost märgata nendel aastatel (1980., 1982.), kus kevadised õhutemperatuuri kõikumised olid suuremad.

Raadiuse absoluutne juurdekasv oli kõikidel vaatlusaastatel emaspuudel keskmiselt suurem kui isaspuudel, kuid need erinevused ei osutunud statistiliselt usaldatavaks.

Haabade radikaalkasvu andmete töötlemisel seati muuhulgas eesmärgiks anda matemaatiline lähend relatiivsele kasvukäigule vegetatsiooniperioodi jooksul. Kasvukõverate analüüsil selgus, et juurdekasv ei kulge tüüpilise S-kujulise kasvukõvera järgi. Vegetatsiooniperioodi algul (ligemale 2/3 kasvuajast) on kasvukiirus ühtlane ja kasv kulgeb peaaegu sirgjooneliselt, kasvuperioodi lõpul juurdekasv aeglustub ja see osa vastab tüüpilisele kasvukõverale. Seega võis eeldada regressioonivõrrandile sobivaks kujuks polünoomi. Paremaid tulemusi andis F. Wingerti (1971) kasvufunktsiooni kasutamine. Selle funktsiooni graafikud on väga paindlikud ja sobivad hästi tavalisest mõnevõrra erinevate kasvukõverate kirjeldamiseks. Saadud võrrandite prognoosiviga iseloomustavad standardhälbed jäid vahemikku 1,5. . .3,3 %.

SEASONAL DYNAMICS OF RADIUS INCREMENT OF MALE AND FEMALE ASPENS

Ü. TAMM, H. TULLUS

Summary

The radius increment of trees in aspen — dominated stands in Tähtvere forest district was observed during the years 1979 — 1983. In the spring of 1979 during the blossoming period of aspens, 15 male and 15 female aspens were selected for measurements. In the subsequent spring, 5 more trees of either group were selected for measurements. With these, during the years 1980 — 1983, a total of 20 male and 20 female aspens were under observation. The radius increment of the western side of the trukns was measured. Measurements were commenced prior to their coming into leaves. The date about coming into leaves of each tree were registered. At the beginning of the vegetation period, during the period of intensive growth, the measurements were made every 3 days. With the decrease in growth intensity, the intervals were gradually increased to 4, 5 and 7 days. A dendrometer adapted from a clock-type indicator (Type ИЧ 10) was used for measurements (which permitted measurements with 0,01 mm precision).

The analysis of the results shows that commencement of the thickness growth of aspens in spring coincides well with the commencement of their coming into leaves. The radius increment of aspen lasts for 95 — 100 days; 50 % of a given year's increment takes 40 — 45 days. Variation coefficients of the trees characterizing their relative radial growth are noticeably larger at the beginning of the vegetation period than at the end. Hence the relative radial growth of the trees is initially varing but becomes uniform at the conclusion of the vegetation period. In all, the years (excluding 1982) the variation coefficients for male trees at the beginning and middle of the vegetation period are greater than those for female trees. As for radial growth of male and female trees, there is statistically no significance level difference as all observations are covered by 0.95 significance level.

Increase in the annual rings of the aspen, especially during the initial period, is dependent upon spring air temperature. Rise or fall in air temperature was also reflected in the increase or decrease in radius increment. Such correlation was most noticeable during the years in which the fluctuation in spring air temperature was the largest.

The absolute radius increment during all the years under observation was on an average, larger for female trees as compared to that for male trees though these differences could not be proved to be statistically trustworthy.

In processing the data concerning the radial growth of aspens, one of the aims set forth was to find an approximation for the relative growth in the course of the vegetation period. In analysing the growth in the course of the vegetation period. In analysing the growth curves, it was established that the increment does not take place as per the typical S-curve. At the beginning of the vegetation period (approximately 2/3 of the growth period) the speed of growth is uniform, the growth thereby, taking place almost in a straight line whereas during the conclusion of the growth period the curve corresponds to the typical growth curve. Hence, polynome can he presumed to be a suitable shape for the regression equation. Use of F. Wingert's (1971) growth function gave better results. The figures of this function are very flexible and suit well for describing the growth curves somewhat varying from the usual one. The standard deviations characterizing the prognosis error of the equation derived by us remained within 1.5 — 3.3 %.

SISUKORD

P. Kollist. Kuivendusjärgsetest muutustest siirdesoo turbas, alustaimestikus ja puistus statsionaarsel katsealal 7
U. Valk. Eesti soometsade tootlikkuse suurendamise võimalusi 24
L. Raid. Väetamise mõjust metsakõdu omadustele. Kokkuvõte 46
H. Seemen. Väetamise mõjust pohla- ja mustikamännikute alustaimestikule 48
U. Valk, P. Peterson. Jõhvika väetamiskatsete tulemustest Tanipalu soos . . 64
L. Raid. Lämmastikväetiste ühekordse ja korduva kasutamise mõju kuuse- ja männiseemikute kasvule 81
P. Tälli. Kaaliumväetiste migratsioon mõningates Eesti NSV metsamuldades. Kokkuvõte 114
J. Pikk. Kuivendatud ja väetatud soode pinnavee lämmastikusisaldus ja reaktsioon 117
V. S. Pobedov, E. A. Lebedev, V. V. Kopõtkov. Toiteelementide migratsioon gravitatsioonivetega aeglasetoimeliste lämmastikväetiste kasutamisel metsas. Kokkuvõte 133
V. S. Pobedov, V. V. Kopõtkov. Aeglasetoimeliste väetiste kasutamise perspektiivid metsamajanduses. Kokkuvõte 139
P. Tälli. Ammoniaagi lendumine karbamiidi kasutamisel väetisena metsataimla tingimustes 141
A. Peterson. Linnustiku muutustest kuivendatud ja metsastatud Rae raba katsealal 150
Ü. Tamm, H. Tullus. Isas- ja emashaabade raadiuse juurdekasvu sesoonne dünaamika. Kokkuvõte 173

СОДЕРЖАНИЕ

П. Коллист. Об изменениях, происходящих в торфе, живом напочвенном покрове и насаждении переходного болота после осушения (по данным стационарного опытного участка) 22
У. Валк. Возможности повышения производительности болотных лесов Эстонии. Резюме 35
Л. Райд. О влиянии удобрения на свойства лесной подстилки 38
Х. Сээмен. О влиянии удобрения на живой напочвенной покров сосняков-брусничников и сосняков-черничников. Резюме 62
У. Валк, П. Петерсон. О результатах опытов по удобрению клюквы в болоте Танипалу. Резюме 79
Л. Райд. Влияние одноразового и повторного внесения азотного удобрения на рост еловых и сосновых сеянцев. Резюме 92
П. Г. Тялли. Миграция калийных удобрений в некоторых лесных почвах Эстонии 94
Я. Пикк. Содержание азота в поверхностной воде осушенных и удобренных болот и ее реакция. Резюме 126
В. С. Победов, Е. А. Лебедев, В. В. Копытков. Миграция питательных элементов с гравитационными водами при использовании медленнодействующих азотных удобрений в лесу 128
В. С. Победов, В. В. Копытков. Перспективы использования медленнодействующих удобрений в лесном хозяйстве 135
П. Тялли. Улетучивание аммиака при применении карбамида в условиях лесного питомника. Резюме 148
А. Петерсон. Об изменениях в сообществе птиц на опытной площади осушенного и облесенного верхового болота Раэ. Резюме 158
Ю. Тамм, Х. Туллус. Сезонная динамика радиального роста стволов мужских и женских деревьев осины 159

CONTENTS-INHALT

P. Kollist. Über entwässerungsfolgende Änderungen in Torfboden, Bodenvegetation und Baumbestand des Übergangsmoores nach Ergebnissen von einer stationären Versuchsfläche. Zusammenfassung 23
U. Valk. Possibilities of raising Estonian Peatland Forest Productivity. Summary 36
L. Raid. Influence of Fertilization on Forest Litter Characteristics. Summary 47
H. Seemen. Influence of Fertilization upon Ground Cover of Rhodoccum vitis-idae and Vaccinium myrtillus Site-type Pine Stands. Summary 63
U. Valk, P. Peterson. Results of Cranberry Fertilization Experiments in Tanipalu Mire. Summary 80
L. Raid. Die Wirkung der ein- und mehrmaligen Anwedung von Stickstoffdüngung auf das Wachstum der Fichten- und Kiefern-sämlinge. Zusammenfassung 93
P. Tälli. Die Migration von Kalidüngern in einigen Waldböden der Estnischen SSR. Zusammenfassung 115
J. Pikk. Nitrogen Content and Reaction of Surface Waters of Drained and Fertilized Bogs. Summary 127
V. Pobedov, E. Lebedev, V. Kopytkov. Nutrients Migration with Infiltrated Waters by applying slow-released Nitrogen Fertilizers in the Forest. Summary 134
V. Pobedov, V. Kopytkov. The Prospects of slow-acting Fertilizers Application in Forest Management. Summary 140
P. Tälli. Gasförmige N-Verluste in der Form von NH_3 bei Harnstoffdüngung unter den Bedingungen der Forstbaumschulen. Zusammenfassung 148
A. Peterson. Über Änderungen in der Vogelfauna einer entwässerten und aufgeforsteten Versuchsfläche des Hochmoores Rae. Zusammenfassung 158
Ü. Tamm, H. Tullus. Seasonal Dynamics of Radius Increment of Male and Female Aspens. Summary 174

Министерство лесного хозяйства и охраны природы Эстонской ССР.
Эстонский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
и охраны природы.
Лесоводственные исследования XXII.
Осушение и удобрение лесов.
Сборник научных трудов.
Составитель П. Тялли. На эстонском, русском, немецком и английском языках. Художник-оформитель В. Ершов. Таллин, "Валгус".
Toimetaja K. Justi. Kunstiline toimetaja R. Eilsen. Tehniline toimetaja A. Värv.
Korrektorid M. Kurik ja A. Veskimeister.
ИБ № 5970.
Laduda antud 26. 09. 86. Trükkida antud 17. 04. 87. MB-01742. Formaat 60x90/16. Trükipaber nr. 1. Kiri Century. Ofsettrükk. Tekst on laotud kirjastuses ladurkirjutil. Tingtrükipoognaid 12,0. Tingvärvitõmmiseid 12,0. Arvestuspoognaid 11,03. Trükiarv 800. Tellimuse nr. 2616 . Hind rbl. 1.—. Tellitud. Kirjastus "Valgus", 200090 Tallinn, Pärnu mnt. 10. Trükikoda "Pärnutrükk", 203600 Pärnu, Ringi t. 1.

УДК 630*385.1

Об изменениях, происходящих в торфе, живом напочвенном покрове и насаждении переходного болота после осушения (по данным стационарного опытного участка). Коллист П. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987 (эст.; рез. русск., нем.).

Используются данные опытного участка, заложенного в 1958 г. в Веневереском лесничестве. Опытный участок располагался на типичном переходном болоте с хилым сосняком. Болото осушили в 1958 г. таким образом, что на опытном участке образовались площади с расстоянием между канавами 40, 60, 120, 140 и 180 м, где было заложено 18 пробных площадок. В работе рассматриваются изменения, происшедшие в живом напочвенном покрове и древостое после осушения к 1969 и 1979 гг., и изменения в содержании питательных веществ в торфе к 1979 г.

К 1979 г. в верхнем слое торфа (0—20 см) значительно увеличились зольность торфа, содержание CaO и N, а также кислотность торфа (уменьшилось значение pH_{KCl}). Значительные изменения произошли также в видовом составе и покрытии живого напочвенного покрова.

УДК 630*562:630*385.1

Возможности повышения производительности болотных лесов Эстонии. Валк У. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987 (эст.; рез. русск., англ.).

1/3 гослесфонда Эстонской ССР находится на болотных почвах, из которых округленно 60 % покрыто лесом. Болотные леса составляют 22,1 % от всех государственных лесов. Плодородие естественных болотных почв и производительность произрастающих на них насаждений низкие. Производительность болотных лесов значительно повысилась в результате осушения. Чем продолжительнее и интенсивнее влияние осушения, тем больше производительность насаждений сосны, ели и березы бородавчатой. Насаждения березы пушистой на осушение не реагировали или реагировали мало, вследствие этого их следует заменить насаждением ели, сосны и реже березы бородавчатой. Хорошие результаты дала реконструкция насаждений березы пушистой елью, высаженной в прорубленные в березняках коридоры.

Производительность осушенных болотных лесов Эстонии можно повысить уменьшением расстояния между канавами, лучшим уходом

К 1979 г. исчез 41 первоначально встречавшийся на опытном участке вид и прибавилось 32 новых вида. Прирост запаса древостоя, который до осушения составлял на пробных площадках в среднем 1 $м^3$ в год, достигал после осушения 6. . .7 $м^3$ в год. Увеличение поперечного сечения деревьев началось на третьем году после осушения, достигнув максимального уровня к началу второго десятилетия. К 1979 г. на некоторых пробных площадках отмечалось определенное снижение прироста. У елей прирост поперечного сечения был больше, чем у сосен. Табл. 3, рис. 5. Библ. 17 назв.

за осушительной сетью, выращиванием подходящей для местопроизрастания древесной породы, удобрением осушенных болотных лесов и снижением возраста рубки насаждений, что особенно важно в отношении ели. Библ. 62 назв.

УДК 630*114.351:630*237.4

О влиянии удобрения на свойства лесной подстилки. Райд Л. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987 (русск.; рез. эст., англ.).

Через десять лет после удобрения мощность лесной подстилки на удобренном участке брусничникового и черничникового типов местопроизрастания значительно меньше ($t > 3$), чем в неудобренном насаждении. Средняя мощность лесной подстилки в неудобренном варианте брусничникового типа местопроизрастания составила 5,0 см, а в насаждении, где было внесено полное удобрение — 4,6 см или 92 % от неудобренного. На опытном участке черничникового типа местопроизрастания соответствующие показатели были 8,4 и 6,1 см. Следовательно, мощность лесной подстилки на удобренном участке сосняка-черничника составляет 73 % от мощности контрольного варианта. Меньшая мощность подстилки в удобренном насаждении обусловлена интенсификацией микробиологических процессов в результате удобрения, интенсификация этих процессов содействовала разложению подстилки. То, что в удобренном насаждении подстилка разложилась лучше, чем в неудобренном, под-

УДК 630*16:630*237.4

О влиянии удобрения на живой напочвенный покров сосняков-брусничников и сосняков-черничников. Сээмен Х. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987, (эст., рез. русск., англ.).

В удобренных сосняках-брусничниках покрытие кустарничкового яруса увеличилось за 8 лет после удобрения в среднем на 25 %. Из основных видов покрытие вереска повысилось в 1,6 раза, черники — в 1,4 раза и брусники — в 1,2 раза. В черничном типе местопроизрастания как общее покрытие кустарничкового яруса, так и покрытие основных компонентов яруса уменьшились на 13. . .14 %.

В сосняках-брусничниках отмечалось увеличение покрытия травянистых растений в результате применения больших доз азота (N_{200}. . . N_{500}). В сосняках-черничниках покрытие травянистого яруса увеличилось за счет удвоения покрытия молнии голубой.

В удобренных сосняках-брусничниках покрытие мохового яруса уменьшилось на 26 %, а в сосняках-черничниках — на 18 %. По чувствительности к удобрениям виды мхов распределялись следующим обра-

тверждает и объемный вес подстилки. Так, объемный вес верхнего слоя горизонта лесной подстилки в неудобренном насаждении черничникового типа местопроизрастания составляет 0,09 г/см^3, в нижнем слое 0,11 г/см^3; в варианте, где внесено полное удобрение, объемный вес равен соответственно 0,11 и 0,15 г/см^3. В брусничниковом типе местопроизрастания объемный вес верхнего слоя подстилки как в удобренном, так и неудобренном варианте одинаков (0,09 г/см^3). В нижнем слое объемный вес подстилки был на удобренном участке больше (соответственно 0,13 и 0,14 г/см^3).

Через десять лет после удобрения не отмечено существенного различия в содержании питательных веществ в удобренной и неудобренной лесной подстилке. Табл. 2. Библ. 13 назв.

зом (в направлении уменьшения влияния) : птилиум гребенчатый, сфагнум, дикранум многоножковый, гилокомиум блестящий и плевроциум Шребера. Табл. 4, рис. 4. Библ. 19 назв.

УДК 582.912.46:631.816

О результатах опытов по удобрению клюквы в болоте Танипалу. Валк У., Петерсон П. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987, (эст.; рез. русск., англ.).

Болото Танипалу расположено в районе, где находятся самые хорошие клюквенные болота Эстонии. В ходе исследований 1975. . .1981 гг. выяснили, можно ли здесь при помощи внесения суперфосфата увеличить урожай ягод.

В результате исследований выяснилось, что удобрение суперфосфатом повлияло на урожай ягод на первом году плохо: в удобренной части болота ягоды были меньше и легче. В 1975. . .1977 гг. урожай клюквы был на большей части опытных вариантов удобренного болота значительно меньше, чем на неудобренном участке. При применении большей дозы суперфосфата (900 кг/га) урожай ягод падал больше, чем при применении меньшей дозы (300 кг/га). В 1978. . .1981 гг., т. е. через 4. . .7 лет после внесения удобрений, урожай ягод был больше на удобренном участке. Общий урожай ягод в 1975. . .1981 гг. был на удобренных вариантах округленно на 10 % больше, чем на неудобренной пло-

УДК 630*114.444:630*237.4

Влияние одноразового и повторного внесения азотного удобрения на рост еловых и сосновых сеянцев. Л. Райд. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987, (эст.; рез. русск., нем.)

С целью разработки более целесообразного режима удобрения в ходе опытов в питомниках и вегетационных опытов изучили влияние одноразового и повторного внесения азотного удобрения на рост еловых и сосновых сеянцев.

При выращивании однолетних сосновых сеянцев в теплице на малоплодородном субстрате относительно лучшие результаты получили при внесении 75. . .150 мг азота на 1 л субстрата.

Сходные результаты получили при однократном внесении удобрений до посева семян и при внесении этой же дозы удобрения в двух частях равными долями до посева и поверхностно в июне.

При внесении дозы удобрения тремя равными долями в вегетационный период, причем последнее поверхностное удобрение проводится в середине июля, сеянцы в росте не достигают лучших результатов, чем при

щади, но различие не было статистически существенным ни на одном из опытных вариантов.

В ягодах, собранных с удобренных суперфосфатом опытых вариантов, содержание сахарозы и аскорбиновой кислоты было во все годы различимо меньше, чем в ягодах, собранных с неудобренного опытного участка.

Влияние удобрения суперфосфатом, в сравнении с влиянием погодных условий, в вегетационный период было слабым и четкой пользы для выращивания ягод не принесло. Табл. 9, рис. 4. Библ. 8 назв.

•

одноразовом внесении. Поверхностное удобрение в середине лета удлиняет период роста сеянцев, в результате чего последние не успевают к концу вегетационного периода одеревенеть.

Если сосновые и еловые сеянцы выращивают в питомнике в открытом грунте в течение двух лет, то удобрять их азотом целесообразно каждый год, внося половину дозы до посева в почву и вторую половину следующей весной поверхностно. Если агрофон питомниковых почв высокий, то нет необходимости в удобрении сеянцев хвоиных пород в течение вегетационного периода. Если питомник расположен на малоплодородной почве с легким составом, то на первом году роста следует вносить удобрения два раза: первый раз до посева в почву в апреле и второй раз поверхностно в конце июня или начале июля. Табл. 3. Библ. 13 назв.

УДК 630.237.4:631.811.83

Миграция калийных удобрений в некоторых лесных почвах Эстонии. Тялли П. Г. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987 (русск., рез. эст., нем.).

Миграцию калия, внесенного с удобрениями, изучали в лабораторных условиях по методу контейнерных лизиметров. Опытные почвы происходили из сосняков лишайникового, брусничного, черничного и сфагнового типов местопроизрастания, а также из ельника-кисличника. Глубина лизиметров было 50 или 100 см, диаметр 30 см. Лизиметры заполняли почвой в строгой последовательности с природным расположением почвенных горизонтов. Калийные удобрения (хлористый калий, сульфат калия и калимагнезия) высевали поверхностно. Использовали одно-(K_{100}), двух-(K_{200}) и четырехкратные (K_{400}) дозы. Дождевание проводили дистиллированной водой три раза в неделю по 10 мм. Фильтрат проанализировали через 2. . .3 недели. Установлено, что в результате внесения калийных удобрений концентрация калия в гравитационной воде лесных почв повышается и улучшаются условия питания калием во всем корнепитающем почвенном профиле. Уровень и динамика кон-

УДК 630*181.32:543.34

Содержание азота в поверхностной воде осушенных и удобренных болот и ее реакция. Пикк Я. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987, (эст.; рез. русск., англ.)

Приведенные в работе данные получены в результате анализа почвенно-грунтовых (ПГВ) и стоковых вод в Эстонии в 1981. . .1984 гг. Под наблюдением находились три опытные площади в сосняках верхового болота и одна — в сосняке переходного болота. После удобрения в ПГВ болот можно дополнительно обнаружить NH_4 в течение более, чем четырех лет. NO_3 исчезает через 1. . .1,5 года, но эпизодически дополнительные дозы в переходном болоте отмечаются и позже. Водохранительные полосы шириной 2 м возле канав, оставленные при удобрении, предупреждают сильное загрязнение стоковых вод на первом году. Табл. 2. Библ. 19 назв.

центрации калия в почвенной воде зависят от типа местопроизрастания леса. По уменьшению концентрации калия в почвенной воде типы местопроизрастания леса располагаются следующим образом: лишайниковый > брусничный > черничный = сфагновый > кисличный. Уровень и динамика концентрации калия в почвенной воде зависят от формы использованного удобрения. При использовании равной дозы калийные удобрения располагаются в направлении снижения концентрации калия в почвенной воде следующим образом: хлористый калий > калимагнезия > сульфат калия.

В неудобренных лесных почвах потеря калия (К) вследствие вымывания относительно маленькая — 4. . .8,3 кг/га. Установлено, что при внесении сульфата калия потери калия в результате вымывания приблизительно в два раза меньше, чем при внесении хлористого калия. Табл. 11. Рис. 5. Библ. 8 назв.

УДК 630:631.814

Миграция питательных элементов с гравитационными водами при использовании медленнодействующих азотных удобрений в лесу. Победов В. С., Лебедев Е. А., Копытков В. В. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987, (русск.; рез. эст., англ.).

В полевом опыте методом контейнерных лизиметров изучалось вымывание азота, кальция, магния и калия. Размер лизиметра 40x40x60 см. Исследования проводились в 70-летнем сосняке-зеленомошнике в центральной части межкроновых пространств доминантной парцеллы биогеоценоза. Варианты опыта: контроль (без удобрений), аммиачная селитра в дозе 150 кг/га (Naa150), аммиачная селитра с полимерным покрытием в дозах 150 и 100 кг/га (Naa-п150 и Naa-п100). Повторность опыта 4-кратная.

Установлено, что вымывается, в основном, нитратная форма азота, в меньшей степени выщелачиваются ионы аммония. Нитритный азот встречается в фильтрате в незначительных концентрациях. Наибольшее промывание азота зафиксировано на варианте с обычной аммиачной

УДК 630.0:631.81

Перспективы использования медленнодействующих удобрений в лесном хозяйстве. Победов В. С., Копытков В. В. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987, (русск.; рез. эст., англ.).

Анализируются предпосылки использования медленнодействующих минеральных удобрений в лесном хозяйстве. Определены непродуктивные потери азота в газообразной форме из обычной аммиачной селитры с полимерным покрытием. Установлено, что потери азота в форме аммиака из обычной аммиачной селитры при удобрении сосновых насаждений составили 10,7 кг/га, или 7 % от внесенной дозы. Потери азота в газообразной форме из медленнодействующих удобрений в дозе N150 и N100 составили соответственно 1,3 и 0,8 кг/га.

Миграция азота при весеннем и осеннем сроках внесения удобрений изучалась с помощью набивных лизиметров. При весеннем сроке внесения туков количество вымытого азота на глубину 60 см на варианте Naa150 составило 18,5 кг/га. На варианте Naa150 и N100 с полимерным

селитрой (16 %). На варианте с такой же дозой аммиачной селитры с полимерным покрытием потери азота составили 8 %. Самые низкие абсолютные потери азота с инфильтрационными водами зафиксированы в варианте с медленнодействующим удобрением и дозе N100.

Внесение азотных удобрений способствует также некоторому увеличению выщелачивания из почвы кальция, магния и калия. Табл. 3. Библ. 6 назв.

покрытием количество вымытого азота соответственно равно 9,5 и 7,3 кг/га.

При осеннем сроке внесения минеральных удобрений в 17-летние культуры сосны количество вымытого азота на варианте Naa150 составило 33,7 кг/га. На варианте с аммиачной селитрой с полимерным покрытием в дозах N150 и N100 азота вымылось 7,3 и 4,3 кг/га. Библ. 23 назв.

УДК 630.237.4:631.814.841

Улетучивание аммиака при применении карбамида в условиях лесного питомника. Тялли П. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987, (эст.; рез. русск., нем.).

При помощи статических сорбционных установок определили, что при поверхностном внесении карбамида ($N_м$200) на легкую суглинистую почву лесного питомника газообразные потери азота в виде аммиака достигали в течение 20 дней 16,6 % от внесенной дозы. При внесении $N_м$200 в почву улетучивание снизилось до 5,5 % от дозы. В результате смешивания $N_м$200 с гранулированным суперфосфатом ($P_{сг}$200) перед внесением улетучивание аммиака снизилось при применении смеси поверхностно до 13,3 % и при внесении в почву до 5,1 % от дозы. При дождевании улетучивание аммиака из карбамида при поверхностном внесении смеси $N_м$200 и $P_{сг}$200 также существенно снизилось.

При удобрении почв лесных питомников карбамидом желательно с целью уменьшения улетучивания аммиака вносить карбамид при обработке почвы. При поверхностном внесении целесообразно смешивать карбамид с гранулированным суперфосфатом и рассевать перед дождем или поливом. Табл. 1, рис. 2. Библ. 10 назв.

УДК 630*385.7:630*452

Об изменениях в сообществе птиц на опытной площади осушенного и облесенного верхового болота Раэ. Петерсон А. "Лесоводственные исследования XXII. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987, (эст., рез. русск., нем.).

В результате маршрутного учета птиц на опытной площади осушенного и облесенного верхового болота Раэ выяснилось, что к настоящему времени на бывшем открытом верховом болоте распространилось 18 новых видов птиц. На опытной площади встретили всего 38 видов, более многочисленными оказались пеночка-весничка (Phylloscopus trochilus acredula (L.)) и зяблик (Fringilla coelebs L.). Характерные для верхового болота виды заменились видами, типичными для переходных и низинных болот. Близость культурных ландшафтов является причиной распространения на опытной площади и на всем болоте видов, связанных с поселениями человека, в связи с чем орнитофауна на болотном массиве довольно многочисленная. Во время наблюдений на верховом болоте Раэ встретили всего 48 видов птиц. Табл. 5. Библ. 9 назв.

УДК 630*561.21:582.623.2

Сезонная динамика радиального роста стволов мужских и женских деревьев осины. Тамм Ю., Туллус Х. "Лесоводственные исследования XXI. Осушение и удобрение лесов". Таллин, 1987, (русск.; рез. эст., англ.).

В 1979. . .1983 гг. в Тяхтвереском опытном лесничестве в древостое с преобладанием осины исследовали прирост радиуса стволов осины. Под наблюдением находилось 20 мужских и 20 женских деревьев. Измерения были начаты весной перед облиственим осины, причем у каждого дерева зарегистрировали и дату распускания почек (т. е. день облиствения). В начале вегетационного периода во время интенсивного роста измерения проводились через 3 суток. Позже, с уменьшением интенсивности роста измерения проводились через 4, 5 и 7 дней. Наблюдения за приростом стволов по радиусу велись при помощи дендрометра, основной частью которого является индикатор часового типа ИЧ10. Дендрометр с точностью измерения 0,01 мм устанавливался на западной стороне ствола.

При анализе результатов выяснилось, что начало радиального при-

роста осины совпадает со временем облиственния весной. Прирост по радиусу у осины в наших условиях продолжается 95. . .100 дней, причем 50 % от прироста текущего года деревья достигают за 40. . .45 дней. Коэффициенты вариации, характеризующие относительный радиальный прирост, в начале периода роста значительно больше, чем в конце. Во все годы (за исключением 1982 г.) коэффициенты вариации в начале и середине периода роста у мужских деревьев больше, чем у женских. Между относительным радиальным приростом мужских и женских деревьев нет статистически достоверного различия, так как границы доверительного уровня 0,95 почти совпадают во все моменты наблюдений. Абсолютный прирост по радиусу во все годы измерений был у женских деревьев больше, чем у мужских, но эти различия оказались статистически недостоверными.

Во все годы отмечается связь между приростом по радиусу и температурой воздуха, особенно в первой половине периода роста. Большие подъемы и падения температуры воздуха соответственно отражаются также в увеличении и уменьшении относительного прироста по радиусу у мужских и женских деревьев. Табл. 5, рис. 5. Библ. 26 назв.

A
21920-22
146406

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00192511 6