Väetamise mõju hariliku kuuse (*Picea abies* (L.) Karst) poogenditele Pauska seemlas

Malle Kurm^{1*}, Jürgen Aosaar² ja Andres Kiviste³

Kurm, M., Aosaar, J., Kiviste, A. 2011. The effect of fertilization on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) grafts: a case study in Pauska seed orchard. – Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused 54, 71–89. ISSN 1406-9954.

Abstract. Altogether 197 grafts were studied in Pauska seed orchard in South-Estonia to find out the effect of the fertilization on Norway spruce grafts. The fertilization trials were carried out in May 1988 and 2006. The grafts of 4 different clones with 5 different fertilization treatments (N, P, K, NPK, control) were under study. The effect of three factors (fertilization, clone and year) on different characteristics of spruce grafts was studied. The linear methods with R software were used to find out relationships between variables. In addition to the morphological features and the content of nutrients in needles, the quantities and qualities of the mean cone and the weight of 1000 seeds were measured. Furthermore, the variation of quantities of needles (density, weight, length) and the content of nutrients in needles between years 1988 and 2007 were compared, using the linear methods with R software package. The morphological characteristics and nutrient content of needles, the mass of cones and seeds have depended the most on a calendar year. During the last research period (2003–2007), the needles of grafts under study were longer, lighter and with lower density compared to earlier research period (1988–1993). The effect of a clone was also essential. Needles of younger grafts were longer, heavier and set sparser than needles of older grafts. The needle nutrient content of younger grafts was also higher compared to the older ones. The effect of fertilizers on the grafts was dependent on the period of time. Nitrogen fertilizers increased the N-content in their needles during the first four years and also after repetitive fertilization. Phosphate fertilizers increased the P-content in their needles starting from the third year after their fertilization. The impact of potassium fertilizers on the K-content of their needles appeared 2–4 years after their fertilization. Combined fertilizers increased the N- and P-content in the needles to some extent, whereas it decreased their Ca- and Mg-content.

Key words: Norway spruce, seed orchard, fertilization, clone, year factor, needles.

Authors' addresses: ¹Department of Forest Biology, Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences; Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia, *e-mail: malle.kurm@emu.ee

²Department of Silviculture, Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences; Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia;

³Department of Forest Management, Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences; Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia.

Sissejuhatus

Seemlaid rajatakse geneetiliselt kõrge-kvaliteediliste seemnete saamiseks, milliseid kasutatakse uue metsapõlve rajamiseks. Seemlaseemnete kvaliteet on kõrgem,

neist kasvatatud taimed on elujõulisemad ja hektaritagavara suurem kui puistuseemne puhul (Samuelson, 1980). Pikaajalised aretusprogrammid toetavad seemlates jätkuvalt parendatud geneetilise materjali tootmist (Moriguchi *et al.*, 2008). Eestis on

praegu 45,7 ha hariliku kuuse seemlaid, mis on rajatud aastatel 1965–1982, 1997–1998 ja 2005–2010. Varasema statistika andmeil korduvad hariliku kuuse seemneaastad Eestis keskmiselt iga 4–5 aasta järel (Etverk, 1967). Eesti seemlad on andnud aastail 1989/1990, 1992/1993, 1993/1994, 1996/1997, 1998/1999, 2000/2001 ja 2006/2007 kokku 4325,5 kg kuusesseemet (Aastaraamat ..., 2009).

Seemnekandvust stimuleerivate meetodite süsteemis on olulisel kohal poogendite toitumistingimuste parandamine. Üheks lihtsamaks ja tõhusamaks vahendiks kloonide poogendite mineraalse toitumise parendamisel ja arengu kiirendamisel on osutunud väetamine (Sarvas, 1970). Mineraalväetiste kasutamise metsamajanduslik efektiivsus sõltub paljudest teguritest, eelkõige aga kasvukoha mullatingimustest, puistu vanusest, kasutatud väetise liigist ja annustest (Seemen & Tälli, 1992). Väetamiseks sobivaks peetakse keskmise või madala loodusliku viljakusega muldi, sest kõrge mullaviljakus tingib seemlas tugevama vegetatiivse kasvu ning seemnekandvuse pidurdumise. Madal mullaviljakus seevastu kergendab järgnevat mineraalse toitumise reguleerimist kogu seemla kasutusaja jooksul. Väetamine annab suurimat efekti, kui nende kasutamise aeg vastab stroobilite moodustumise perioodile (Buijtenen & Hanover, 1986).

Kirjandusest võib väetamiskatsete kohta leida erinevaid tulemusi. Väetamisel erinevate väetistega on avastatud nende koosmõju lämmastikväetisega. Salih'i ja Anderssoni (1999) analüüside kohaselt on lämmastikuga väetamisel eraldi või koos fosforväetisega kasvu aeglustav efekt. Soovitavaks peeti täisväetise (NPK) kasutamist. Nilsen ja Abrahamsen (2003) täheldasid hariliku kuuse katsealal kõrgeima N doosiga väetamisel (90 kg ha^{-1}) P-, Mg-, ja K-sisalduse vähenemist okastes. Ka meie varasemates töodes (Kurm & Kiviste, 2001, 2002) ilmnes, et ammooniumsalpeeter suurendas okaste pikkust ja massi, kuid vähen-das okaste Mg ja Ca sisaldust ning mõninal määral ka okaste K sisaldust.

Harilikul kuusel on leitud tugev seos kasvukoha toitainetega varustatuse ja puude okaste toiteelementide sisalduse vahel (Evers & Hüttel, 1990). Okaste toiteelementide sisaldus kajastab hästi poogendite toiteainetega varustatuse taset ja näib olevat parem mineraalse toitumise diagnoosimise meetod seemlas kui mullaanalüüs (Jett, 1987). Oluline näitaja on ka fotosünteesitava pinna suurus, mis määrab ära okaste poolt toodetava orgaanilise aine hulga ning mis on tugevas seoses okkamassiga. Rosvall ja Untinen (1982) on täheldanud, et väetiskatsetes on enim kasutatav lämmastikväetis, mille kasutamisel on täheldatud puude okkamassi suurenemist. Lämmastik kuulub aminohapete, proteiinide, klorofüllide ja nukleotiidide koostisse (Johnson, 1983). Lämmastik on taimedele eluliselt oluline, kuna on tähtis komponent taimede valkudes. Lämmastikupuudusel väheneb või lakkab valgusüntees, pidurdub taimede kasv, rakkude pooldumine ja vegetatiivsete organite areng (Kärblane, 1996). Halb lämmastikuga varustatus kutsub esile nii lehepinna kui ka netoassimilatsiooni vähenemise lehepinna ühiku kohta (Raid, 1996). Sageli on väetamisprogrammidesse toetavate ja tasakaalustavate elementidena lülitatud ka fosfor ja kaalium. Erinevalt lämmastikust kiirendab fosfor mitte niivõrd taimede kasvu kui nende arengut (Kärblane, 1996). Fosfor täidab olulist rolli taimede energiavahetuses. Kaalium aktiveerib taimedes erinevaid ensüüme etendades tähtsat rolli ka õhulõhede reguleerimises (Johnson, 1983). Samas mõjutab veel paljude fermentide tegevust ning reguleerib taimedes veerežiimi ja stabiliseerib ainevahetust (Mohr & Schopfer, 1995). Noorte kasvavate taimeosade suur kaaliumisisaldus annab tunnistust selle suurest tähtsusest kasvuprotsessides. On uuritud, et kui ühe toiteelemendi tase suureneb, siis vajadus mõne teise toiteelemendi järele ja selle teise kasutamise efektiivsus on mõjutatud. Seega lisatud toiteaine võib tekitada teise toiteaine puuduse (Harrison *et al.*, 2005). Seemla poogendite okastes on

keskmiselt rohkem lämmastikku ja fosforit kui metsapuude okastes, samas kaaliumisisaldused on lähedased. Kaltsium on taimedele vajalik aktiveerimaks biokeemilisi protsesse ning soodustamaks mullas ka mikroorganismide elutegevust (Kärblane, 1996). Kuna kaltsium on raskesti reutiliseeruv ühend ja annab lehtedes orgaaniliste hapetega väheliikuvaid sooli, on eriti kaltsiumirikkad just vanad lehed (Miidla, 1984). Magneesium mõjutab fotosünteesi etendades ensüümide aktiveerija osa (Johnson, 1983). Magneesium esineb taimedes klorofüllil koosseisus ja on seal asendamatu, kuna Mg puudusel klorofüll laguneks (Miidla, 1984; Mohr & Schopfer, 1995). Üldiselt soovitatakse poogendite seemnekandvuse stimuleerimiseks siiski kasutada eelkõige lämmastikväetisi, sest võra tihenemine mõjub stroobilite moodustumisele soodustavalt (Rosvall, Untinen, 1982).

Seemlas pole poogendite kasv omaette eesmärgiks, pigem tuleb keskenduda seemnekandvuse parandamisele. Danusevičiuse andmeil (1987) on täheldatud erinevate kloonide poogendite seemnesaagi suurt varieeruvust. Mõned indiviidid annavad saaki sageli, kuid teised üsna harva. Mineraalväetised suurendavad seemnesaaki ja parandavad poogendite saagikust. Suurte okastega poogendid toodavad raskemaid seemneid, millel on rohkem proteiinivarusid kui kergematel seemnetel (Savonen & Saarsalmi, 1999). Tähtsamad toitelemendid hariliku kuuse noorte puistute toitainete puuduse vältimiseks on N, P ja K. Nende elementide kontsentratsioon seemnetes oli madal rikkaliku seemnesaagiga aastal hoolimata väetamisest. Produktiooni ja ökonoomika seisukohalt näib eelistatavam väetada igal teisel aastal, kuid väetamine igal kolmandal aastal võib samuti olla tasuv valik (Bergh *et al.*, 2008). Okaste lämmastiku kontsentratsioon suureneb oluliselt esimese kasvusesiooni vältel kõigi väetamisvariantide korral. Kordusväetamisel lämmastikuga saadakse paremaid tulemusi juhul, kui väetamine viiakse läbi enne põhiväetamise

mõjuperioodi lõppu.

Etverki (1973) järgi ei tohi seemnesaaki suurendada sel moel, et plusspuudeks valitakse rikkalikult käbisid kandvad puud, vaid tuleb parandada kasvuolusid. Suurendades omastatavate toitainete sisaldust mullas, saab ühtlasi rohendada poogendite seemnekandvust (Kurm, 1996). Väetamise positiivne efekt seisneb peamiselt seemnete hulga suurenemises, mõnel juhul paraneb ka seemnete kvaliteet (Raid, 1975). Eestis on kuuse seemnekandvuse uurimisel täheldatud kõige suuremat seemnesaagi tõusu jänesekapsa kasvukohatüübis lämmastiku ja kaaliumiga väetatud katsevariandis (Raid, 1992a).

Seemlate uurimisel peab meeles pidama, et väetiskatsed annavad harva sarnaseid tulemusi, sest tulemused ei sõltu ainult väetistest, vaid ka ilmastikutingimustest ja kloon kvaliteedist (Kurm, 1996).

1988. a rajati Eestis Pauska seemlas väetamise katseala, kus on tehtud mõõtmisi üheksal vaatlusaastal. Seni on avaldatud uurimistulemusi väetamise mõjust kuusepoogendite okaste omadustele, juurdekasvule, poogendite erinevatele tunnustele ja eelkõige seemnekandvusele eraldi teatud vaatlusaastatel (Kurm & Kiviste, 2001, 2002, 2004; Aosaar *et al.*, 2006; Kurm & Aosaar, 2006). Antud töö eesmärgiks on selgitada, milline on väetamise pikaajaline mõju kuuseseeimlas kasvavate poogendite okastele, nende toitelementide sisaldusele, käbi massile ja 1000 seemne massile kui ühele kõige olulisemale seemnete kvaliteedi näitajale.

Materjal ja meetodika

Seemla üldiseloomustus

Pauska seemla, kogupindalaga 13,63 ha, paikneb Kõpus, Viljandimaal (58°21'N ja 25°21'E). Väetiskatse rajati Pauska seemlasse 1988. a kevadel endisele põllumaale (Podzoluvisols FAO UNESCO klassifikatsiooni järgi). Seemlas kasvab 2852 poogendit 103 kloonilt (209 poogendit hektari kohta). Väetiskatse uurimisobjektideks valiti suurema arvu poogenditega esinda-

tud kloonid. Väljavalitud kloonide K1 ja R3 poogendid olid istutatud 1970. a kvartalile nr 12 seaduga 5×5 meetrit ning kloonide VL37 ja VL67 poogendid olid istutatud 1978. a kvartalile nr 1 seaduga 5×7 meetrit. Varasemate vaatluste käigus selgus, et kloonid R3 poogendid olid rikkaliku seemnekandvusega ja kloonid K1 poogendid vähese seemnekandvusega. Kloonide VL37 ja VL67 poogendid, mis olid nooremad, vaatlusperioodi jooksul käbisid ei kandnud. Kokku oli uurimise all 197 poogendit. Katse kordusväetamine tehti mais 2006. a. Enne vaatlusperioodi (1988–1993) kuusepoogendid käbisid ei kandnud. Vaatlusperioodi jooksul esines seemlas neli seemneaastat (1989, 1992, 1993 ja 2006). Vanemaist poogendeist andsid esimesel seemneaastal saaki 52%. (17% kloonid K1 poogendeist ja 86% kloonid R3 poogendeist). Need poogendid kandsid käbisid samuti teisel seemneaastal, samadest poogenditest kandsid käbisid pooled ka 1993. aastal (Kiviste & Kurm, 2004).

Katse kirjeldus

Väetamiseks kasutati ammooniumnitraati, superfosfaati ja kaaliumkloriidi. Väetiste hulgad on antud toimeainena kilogrammides hektari kohta. Väetamine toimus käsitsi,

poogendite kaupa. Väetis külvati ringikujuliselt ümber puu, vastavalt puu võra laiusele, jälgides ka asjaolu, et väetatud puud ei asuks üksteise kõrval ning et iga katsevariant sisaldaks sama kloonid üksikisendeid. Kasutusel oli neli erinevat katsevarianti: N300, P300, K300 ja N200P300K150, lisaks veel kontrollvariant, mille puhul väetisi ei kasutatud. Väetiste doosid võeti suhteliselt suured rikkaliku rohu tõttu katsealal. Ülevaate katsealuste poogendite arvust ja nende mõõtmistest uuritavatel aastatel on esitatud joonisel 1.

Mõõtmised

Poogendeid analüüsiti kuue väetamisele järgnenud aasta jooksul, aastatel 1988–1993. Saamaks teada väetamise pikaajalisemast mõjust seemlates kasvavatele poogendeile, tehti uued analüüsid ja mõõtmised alates aastast 2003. Kõigilt poogendeilt võeti okkaanalüüsiks üheksal aastal vegetatsiooniperioodi lõppu novembri esimesel dekaadil viimase aasta männasest üks võrse. Mõõdeti okaste pikkus (mm), 100 okka kuivmass (g) ja okastuse tihedus võrsel 1 dm kohta. Poogendite okaste pikkus mõõdeti tarkvara paketi WinMacFolia version 5.0 a. Eesti Maaülikooli taimebiokeemia laboris määrati alates 2004. a katse-

Joonis 1. Katsealuste poogendite ja nende mõõtmiste jaotused kloonide ja aastate lõikes.

Figure 1. Distributions of grafts and measurements by clones and measurements years.

aluste poogendite okaste toiteelementide (N, P, K, Ca ja Mg) sisaldus ning võrreldi neid varasemate aastate tulemustega. Analüüsid eelmise uurimisperioodi kohta aastatel 1988–1993 tehti endise Eesti Metsainstituudi mullalaboris. Vahetult peale okaste mõõtmist ja okastuse tiheduse määramist okkad kuivatati.

Lämmastikuisaldus määrati Kjeldahli meetodi järgi (lahjendamine kontsentreeritud H_2SO_4 -ga, destilleerimine $NaOH$ -ga ja tiitrimine 2% H_3BO_3 lahusega). Fosforisisaldus määrati kolorimeetriliselt, kaaliumisisaldus leekfotomeetriliselt ja kaltsiumi- ning magneesiumisisaldus trilonomeetriliselt. P, K, Ca ja Mg analüüside jaoks kasutati tuhastust temperatuuril $400\text{ }^{\circ}C$ – $500\text{ }^{\circ}C$ 25% HCl lahusega.

Pauska kuuseseemla katsealalt koguti kähid poogendite kaupa. Kähbi- ja seemnekandvuse kohta on meie katsealal igal katsealusel poogendil mõõdetud 1989., 1992., 1993. ja 2006. a kaks tunnust: keskmine kähimass ja keskmine 1000 seemne mass.

Andmeanalüüs

Andmeanalüüsi käigus uuriti kolme diskreetse faktori (klooni, mõõtmisaasta ja väetamisvariandi) mõju poogendite tunnustele (okkapikkus, okkatiheus, 100 okka mass, okaste N, P, K, Ca ja Mg sisaldused, kähimass, 1000 seemne mass). Kõigi uuritud funktsioontunnuste jaotused olid lähedased normaaljaotusele, kusjuures eelnevalt oli andmestikust kõrvaldatud mõned erindid. Mõjude uurimiseks kasutati kolme fikseeritud faktoriga dispersioonanalüüsi mudelit, kusjuures kasutati nii maksimaalset mudelit (arvestades ka faktorite koosmõjusid) kui ka ainult peamõjudega mudelit (tabel 1). Lisaks klassikalisele dispersioonanalüüsile kasutati ka segamudelit, kuhu lisati juhusliku faktorina puu number, kuid see ei lisanud suuremat selgust mõjude uurimisel. Uuritud faktorite mõju näitlikustamiseks koostati karpdiagrammid kõigi faktorite ja tunnuste osas. Väetamise mõju näitlikustamiseks koostati tunnuste dünaamikat iseloomustavad

joonised väetamisvariantide ja kontrollvariandi võrdluses. Andmeanalüüs sooritati vabavara R keskkonnas (R Development Core Team, 2009).

Tulemused ja arutelu

Okaste tunnuste analüüs

Kõige enam mõjutas okaste pikkust kloon (olulisuse tõenäosus $p < 0,001$), kusjuures kõik neli vaatlusalust klooni eristusid omavahel. Noorte poogendite puhul, eriti klooni VL37 poogendil täheldati pikemaid okkaid (joonis 2). Ilmnes, et kõige lühemate okastega olid rikkaliku kähikandvusega klooni R3 poogendid. Uuritud faktoritest oli oluline ka klooni ja aasta koosmõju ($p < 0,001$). Okka pikkuse jaoks kõige soodsamad (joonis 3) olid 2006. a ja sellele järgnevalt 2007. a, mis võib olla tingitud vastavate aastate normist kõrgema efektiivsete temperatuuride summast (vastavalt $1681\text{ }^{\circ}C$ ja $1590\text{ }^{\circ}C$) (Agrometeoroloogiline ülevaade, 2005/2006). Samuti osutus statistiliselt oluliseks väetamise peamõju ($p = 0,014$) ning veelgi enam väetamise koosmõju klooniga ($p = 0,0003$). Väetamise koosmõju aastaga ei olnud statistiliselt usaldusväärne ($p = 0,1$). Väetisvariantide puhul eristusid lämmastikväetise ja fosforväetise okka pikkust suurendav mõju, mida oli märgata katsevariantides: N300, P300 ja N200P300K150.

Okaste mass sõltub ühelt poolt kasvukohast ja selle viljakusest, teisalt aga kasutatud mineraalväetiste kombinatsioonist ja koostisest (Raid, 1985). Okkamass oli oluliselt mõjutatud (tabel 1) nii klooni ja aasta ($p < 0,0001$), kui ka väetiste poolt ($p = 0,001$). Väetamisjärgselt eristus teistest variantidest eelkõige lämmastikuga ($p = 0,001$) ja fosforiga ($p = 0,001$) väetamise usaldusväärne mõju okka massile, nagu on täheldatud ka varasemates uurimustes (Kurm & Kiviste, 2001, 2002), lisaks ilmnes käesolevas uurimuses ka täisväetise positiivne mõju ($p = 0,01$). Ka Etverki (1969a) uurimistulemused väljendasid pärilikkuse ja väetamise võrdset mõju kuuseokaste morfoloogilistele omadustele. Kõik kloonid eris-

Tabel 1. Faktorite mõjud kuusepoogendite tunnustele. Faktorite mõju loetakse oluliseks, kui $p < 0,05$. MM – maksimaalne mudel, PM – peamõjudega mudel.
 Table 1. Dependence of graft variables on factors (year, clone, fertilization). The effect of the factor is considered significant if $p < 0.05$. MM – Maximal model, MEM – Main effects model.

Tunnus Variables	Mudeli tüüp Type of model	Valimi maht Number of obser- vations	Mudeli parameet- rite arv Number of model parameters	Jäakstan- dardhälve Residual standard error	Determi- natsiooni- kordaja R ² Coefficient of determi- nation	Mõju olulisuse tõenäosus / Effect p-value						
						Kloon Clone	Aasta Year	Väetami- ne Fertiliza- tion	Aasta:kloon Year: clone	Aasta:väeta- mine Fertilization: year	Aasta:kloon: väetamine Year:clone: fertilization	
Okka pikkus Needle length	MM/MM PM/MEM	1300 1300	165 16	1,682 1,904	0,5887 0,4726	<0,0001 <0,0001	<0,0001 0,0439	0,0135 0,0003	<0,0001 0,0003	0,0990	0,0639	
100 okka mass Weight of 100 needles	MM/MM PM/MEM	1300 1300	165 16	0,115 0,1243	0,5821 0,5117	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	0,0684	0,0031	
Okastus Density of needles	MM/MM PM/MEM	1290 1290	165 16	38,17 44,58	0,6223 0,4848	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	0,1201 0,2514	<0,0001 0,0142	0,0014	<0,0001	
N-sisaldus okastes Content of N in needles	MM/MM PM/MEM	982 982	144 15	0,1386 0,1956	0,743 0,488	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	0,0012 <0,0001	<0,0001	<0,0001	
P-sisaldus okastes Content of P in needles	MM/MM PM/MEM	989	144	0,0322	0,7369	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
K-sisaldus okastes Content of K in needles	MM/MM PM/MEM	987 987	144 15	0,1077 0,1534	0,8292 0,6535	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	0,0004 0,0375	<0,0001 <0,0001	<0,0001	<0,0001	
Mg-sisaldus okastes Content of Mg in needles	MM/MM PM/MEM	987 987	144 15	0,0493 0,0679	0,5824 0,2092	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	<0,0001	<0,0001	
Ca-sisaldus okastes Content of Ca in needles	MM/MM PM/MEM	989 989	144 15	0,1433 0,1639	0,577 0,4464	1,080 <0,0001	<0,0001 <0,0001	0,0029 0,0152	<0,0001 <0,0001	0,0012	<0,0001	
1 käbi mass / The weight of one cone	MM/MM PM/MEM	234 234	39 9	3,504 3,805	0,3924 0,2833	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	0,8139 0,8558	<0,0001 0,1970	0,2054	0,0830	
1000 seemne mass / The weight of 1000 seeds	MM/MM PM/MEM	193 193	38 9	0,5784 0,6225	0,619 0,5587	<0,0001 <0,0001	<0,0001 <0,0001	0,6012 0,6674	0,0034 0,4645	0,0034	0,5381

Joonis 2. Okka pikkuse, okastuse ja okkamassi jaotused kloonide, mõõtmisaastate ja katsevariantide lõikes.

Figure 2. Distributions of needle length, density and weight by clones, measurement years and treatments.

tusid omavahel, seejuures noorematel poogendeil olid okkad keskmiselt raskemad (joonis 2). Koosmõju täheldati nii klooni ja väetamise kui ka aasta ja klooni puhul ($p < 0,0001$). Aasta ja väetamise koosmõju osutus mõnevõrra tagasihoidlikumaks ($p = 0,01$). Kuigi 2006. ja 2007. a olid okkad eelnevate vaatlusaastatega võrreldes pike-mad, olid need samas peenemad ja nende okkamass mõnevõrra väiksem.

Okastuse tihedus sõltus nii kloonist kui ka aastast ja nende koosmõjust ($p < 0,0001$)

(tabel 1). Noorematel (kloonide VL37 ja VL 67) poogendeil esinesid okkad hõredamalt (joonis 2). Aastate lõikes täheldati kõige suuremat okastuse tihedust 2003. a (182,9 okast dm kohta), sel aastal oli efektiivsete temperatuuride summa (1274 °C) normist väiksem ja sademeid normist rohkem (Agrometeoroloogiline ülevaade, 2003/2004) ja väikseimat tihedust kolmandal aastal peale väetamist (109,4 okast dm kohta) (joonis 5). Võrreldes okastuse tiheduse ja okkapikkuse tunnuseid ilmnes, et

Joonis 3. Okka pikkuse dünaamika katsevariantide (kriipsjoon) lõikes võrreldes (pidev joon) kontrolliga.
Figure 3. Dynamics of needle length by treatments and control group (solid line).

need on pöördvõrdelises seoses. Nii esinesid suurima okastuse tihedusega klooni R3 poogendeil kõige lühemad okkad ja vastupidi klooni VL37 poogendite okastus oli hõredam ning okkad seejuures kõige pikemad (joonis 2). See tulemus leidis kinnitust lineaarmetoditega analüüsil, kus okkapikkus ja okastuse tihedus olid tugevamas seoses võrreldes okastuse tiheduse seosed klooni ja aastaga (Kurm & Kiviste, 2002). Antud töö puhul täheldati veel aasta ja väetamise ($p = 0,001$) ning klooni ja väetamise koosmõju ($p = 0,01$).

Minimaalselt vajalik lämmastiksisaldus kuuseokastes on 1,1% Valk ja Raidi (1994) andmeil. Raidi järgi (1992b) on puude lämmastiktoitumine positiivses

seoses sademetega puude kasvuperioodil ja negatiivses seoses sademetega jooksva aasta põuaperioodil. Halb lämmastikuga varustatus kutsus esile nii lehepinna kui ka netoassimilatsiooni vähenemise lehepinna ühiku kohta (Raid, 1996). Kui kasutasime okaste lämmastiku sisalduvuse mudelit (Kurm & Kiviste, 2002), siis arvestatav oli ka okkamassi ($p = 0,0001$) ja okka tiheduse mõju ($p = 0,0023$). Meie töös uuritud faktoritest olid olulised (tabel 1) okaste N-sisaldusele nii klooni ja aasta kui ka väetamise mõjud ($p < 0,0001$). Samuti osutusid statistiliselt oluliseks aasta ja klooni ning aasta ja väetamise koosmõjud ($p < 0,0001$) (tabel 1). Savonen ja Saarsalmi (1999) saadud tulemuste põhjal oli klooni mõju tootelemen-

Joonis 4. Okkamassi dünaamika katsevariantide (kriipsjoon) lõikes võrreldes kontrolliga (pidev joon).
Figure 4. Dynamics of needle weight by treatments and control group (solid line).

tide kontsentratsioonile tugevam kui väetamise mõju. Ka meie uurimuses eristusid nooremate kloonide poogendid kõrgema N-sisaldusega (joonis 6). Joonisel 7 on näha, et lämmastikväetisega väetamisel esimese nelja väetamisjärgse aasta jooksul on okaste N-sisaldus oluliselt suurem kui kontrollvariandil. Samuti suurenes lämmastiksisaldus okastes pärast kordusväetamist 2006. a. Peaaegu samasugune protsess on täheldatav täisväetisega väetamise korral. Fosfor- ja kaaliväetisega väetamisvariantide lämmastiksisaldus ei erinenud oluliselt kontrollvariandist. Käesolevas uurimuses oli aastate lõikes kloonide keskmine lämmastiksisaldus okastes kontrollvariandil 1,28%, aga

lämmastikväetise puhul 1,41% ja täisväetisega väetamisel 1,40%. Kirjanduses esitatud tulemuste järgi (Jacobsen *et al.*, 2003) uuriti hariliku kuuse puhul makroelementide sisaldust tüvepuidus, kooses, okastes ja juurtes ning okaste puhul saadi N-sisalduseks 1,34%.

Fosforit kasutatakse taimekudede ülesehitamiseks kuni 10 korda vähem lämmastikust (Raid, 1996). Eelnevates uurimustes (Raid, 1975) on märgitud, et fosforisisalduse suurenemine kuuseokastes on järgnenud harilikult peale väetamist lämmastik- või lämmastik-fosforväetistega. On uuritud, et kui ühe toiteelemendi tase suureneb, siis vajadus mõne teise toiteelemendi järele ja selle teise kasutamise efektiivsus

Joonis 5. Okastuse dünaamika katsevariantide (kriipsjoon) lõikes võrreldes kontrolliga (pidev joon)
 Figure 5. Dynamics of needles density by treatments and control group (solid line).

on mõjutatud. Seega lisatud toiteaine võib tekitada teise toiteaine puuduse (Harrison *et al.*, 2005). Eesti metsateadlased (Valk & Raid, 1994) on selgitanud, et vajalik minimaalne fosforisisaldus kuuseokastes on 0,15%. Jacobseni *et al.* (2003) andmetel saadi kuuseokaste P-sisalduseks 0,13%. Etverki (1969b) järgi oli 10-aastaste kuuskede okaste fosforisisaldus keskmise tugevusega positiivses seoses okaste massi ja tihedusega. Meie uurimuses selgus, et okaste P-sisaldusele olid olulised nii kloonide ja aasta kui ka väetamise mõjud ($p < 0,0001$), samuti osutusid statistiliselt oluliseks nende faktorite koosmõjud ($p < 0,0001$) (tabel 1). Väetistest suurendasid okaste P-sisaldust fosforväetis ja täisväetis, aga vähendas seda kaaliväetis.

Fosforväetiste toimele P-sisaldus (joonis 6) oli kõige kõrgem kolmandal katseaastal (0,28%), kuid järgnevatel aastatel erinevus kontrollvariandist vähenes (joonis 8). Ka kordusväetamise järgselt väetamise mõju polnud veel ilmnenu. Antud uurimuses eristusid erinevate kloonide järglaskondade puhul nooremate kloonide poogenidid okaste kõrgema fosforisisalduse poolest (joonis 6).

Valgevene teadlaste Pobedovi jt andmetel (1977) on lehestandardi järgi vajalik K-sisaldus 0,6–0,7%. Valk ja Raid (1994) leidsid minimaalse vajaliku kaaliumisisalduse kuuseokastes 0,6% ja Jacobseni *et al.* (2003) järgi oli kaaliumi kuuseokastes 0,57%. Meie uurimustes oli suurima mõjuga okaste

Joonis 6. Okaste toitelementide sisalduse jaotused kloonide, mõõtmisaastate ja katsevariantide lõikes.
Figure 6. Distributions of nutrients content in needles by clones, measurement years and treatments.

Joonis 7. Okaste N-sisalduse dünaamika katsevariantide (kriipsjoon) lõikes võrreldes kontrolliga (pidev joon).

Figure 7. Dynamics content of N in needles by treatments and control group (solid line).

K-sisaldusele kloon ja aasta ($p < 0,0001$), aga täheldati ka väetamise olulist mõju ($p = 0,0004$) (tabel 1). Olulised olid samuti kõigi faktorite: aasta, klooni ja väetamise koosmõjud ($p < 0,0001$). Kõige kõrgem oli okaste K-sisaldus kaaliväetisega väetamise puhul. Kaaliväetise mõju ilmnes teisel, kolmandal ja neljandal väetamisjärgsel aastal (joonis 9). Meie uurimuses oli okaste keskmine kaaliumisisaldus 0,73%, nooremate kloonide poogendid eristusid okaste kaaliumisisalduse poolest ja eriti kõrge oli see näitaja kloon VL67 puhul (1,0%) ja madalaim kloon R3 poogendeil (0,59%) (joonis 6). Samuti osutusid nooremate poogendite okaste toitainete sisaldused kõrgemaks kui

vanematel poogenditel, mis on arvatavasti põhjustatud sellest, et nooremad poogendid ei ole veel kandnud käbisid.

Meie uurimuses sõltus okaste Ca-sisaldus kõige enam kloonist ja aastast ($p < 0,0001$), kuid täheldati ka mõningast lämmastikväetisega väetamise negatiivset mõju ($p = 0,0029$) (tabel 1). Väetamisjärgselt sõltus okaste Ca-sisaldus kloonist, aastast, väetistest, samuti okaste P- ja Mg-sisaldusest ($p < 0,0001$) (Kurm & Kiviste, 2002). Järgnevatel aastatel täheldati kontrolliga võrreldes lämmastik-, kaalium- ja täisväetise puhul okaste Ca-sisalduses täielikku kokkulangevust, väike negatiivne efekt ilmnes vaid fosforväetise kasutami-

Joonis 8. Okaste P-sisalduse dünaamika katsevariantide (kriipsjoon) lõikes võrreldes kontrolliga (pidev joon).

Figure 8. Dynamics content of P in needles by treatments and control group (solid line).

sel. Kõige suurem kaltsiumisisaldus esines 2006. aastal, mil Ca-sisaldus tõusis kuni 0,99%-ni. Nooremate kloonide poogendid eristusid okaste kaltsiumisisalduse poolest ja eriti kõrge oli see näitaja kloon VL37 puhul (0,65%) ja madalaim kloon K1 poogendeil (0,56%) (joonis 6).

Meie uurimuses olid kuuseokaste Mg-sisaldusele olulised nii kloon, aasta kui ka väetamise mõju ($p < 0,0001$) (tabel 1). Ka täheldati aasta ja kloon, kloon ja väetamise, aasta ja väetamise ning kõigi nende faktorite koosmõju ($p < 0,0001$). Vahetult peale väetamist ammooniumsalpeetri kasutamisel Mg-sisaldust langes, hiljem olulist vahet polnud (joonis 6). Meie uuri-

muses oli keskmine Mg-sisaldus okastes 0,17%. Kõrgeima Mg-sisaldusega eristusid kloon VL37 poogendid (0,20%) ja väikseimaga kloon K1 poogendid (0,14%).

Keskmine käbimass sõltus oluliselt kloonist ja aastast ($p < 0,0001$) (tabel 1). Täheldati ka aasta ja kloon koosmõju ($p < 0,0001$). Väetamise mõju keskmisele käbimassile ei olnud oluline. Esimese käbisaagi puhul kogutud käbid olid kõige raskemad (joonis 10). Keskmine käbimass oli seemne-aasta järelaastal, 1993. a oluliselt vähenenud, kuid suurenes jälle 2006. a. Vähesed käbikandvusega 1993. a iseloomustas vihmane (sademeid 422 mm) ja jahe suvi (efektiivsete temperatuuride summa 1274 °C

Joonis 9. Okaste K-sisalduse dünaamika katsevariantide (kriipsjoon) lõikes võrreldes kontrolliga (pidev joon).

Figure 9. Dynamics content of K in needles by treatments and control group (solid line).

norm 1384 °C) (Agrometeoroloogiline ülevaade, 1992/1993). Keskmise käbimassi langus seemneaasta järelaastal võis olla põhjustatud ka teatud häiritusest puude toitainete varudes, mis nähtub okaste madalamas N-sisalduses ja kõrgendatud K-sisalduses (joonis 10). Hea saagi eelduseks on sademete ja külmade puudumine öitsemise ajal ning piisav efektiivsete temperatuuride juunis-septembris seemnete küpsemise ajal (Попов & Тучин, 1982). Kloonid eristusid selgelt üksteisest ($p = 0,001$).

Meie uurimuses sõltus 1000 seemne mass eelkõige aastast ja kloonist ($p < 0,0001$) (tabel 1). Samuti esines aasta ja klooni ning aasta ja väetise koosmõju ($p = 0,001$).

Aastate lõikes suurimat 1000 seemne massi täheldati käbikandvuse alguses pärast väetamist, seemnete mass vähenes seemneaasta järelaastaks 1993 ja suurenes jälle pärast kordusväetamist 2006. a (joonis 10). Meie uurimuses saadud 1000 seemne mass ühtib Yefimovi (1993) andmetega, kus 1000 seemne mass varieerus 6,1–8,4 g-ni. Meie andmetel 1000 seemne mass keskmiselt ei sõltunud väetisvariandist ($p = 0,6$) (tabel 1). Koosmõjude uurimisel selgus, et väetamine mõjus oluliselt 1000 seemne massile seemneaasta järelaastal 1993. a ($p = 0,0034$) (joonis 11). Eelnenud aastal oli käbikandvus mõjunud ressursi nõudvalt ja seetõttu osutus väetamine seemnesaaki toetavaks.

Joonis 10. Keskmise käbimassi jaotused kloonide, mõõtmisaastate ja katsevariantide lõikes.
Figure 10. Distributions of weight of cone by clones, measurement years and treatments.

Kokkuvõte

Pauska seemlas 18 aasta pikkuse väetis-katse uuringu kokkuvõtteks võib märkida järgmist:

Kuusepoogendite tunnused (okaste morfoloogilised tunnused ja toitainete sisaldus ning käbide ja seemnete mass) on kõige enam sõltuvad kalendriaastast, seejuures ilmnes, et viimasel uurimisperioodil (2003–2007) olid okkad pikemad, suurema tihedusega ja kergemad kui varasemal uurimisperioodil. Väga oluline on ka klooni mõju. Noorte poogendite okkad olid mõnevõrra pikemad, hõredamad ja suurema massiga kui vanemate poogendite okkad. Samuti osutusid nooremate poogendite okaste toitainete sisaldused kõrgemaks kui vanematel poogenditel.

Väetamise mõju poogenditele sõltus väetamisest möödunud ajast:

- Lämmastikväetis suurendas okaste N-sisaldust esimesel neljal aastal ning ka pärast kordusväetamist. Samas vähen-das okaste Ca- ja Mg-sisaldust.

- Fosforväetis tõstis okaste P-sisaldust peamiselt kolmandal aastal peale väetamist.
- Kaaliväetise puhul ilmnes selle mõju okaste K-sisaldusele 2–4 aastat pärast väetamist.
- Täisväetis suurendas mõnevõrra okaste N-sisaldust ja P-sisaldust, kuid vähen-das samas okaste Ca-sisaldust ja Mg-sisaldust.
- Väetamine üldjuhul kloonide seemnesaaki ei mõjutanud, siiski, kaali- ja täisväetise kasutamine suurendas mõnevõrra 1000 seemne massi käbikandvuse järelaastal 1993. Oodatust tagasihoidlikum väetamise mõju käbikandvuse puhul võib olla tingitud asjaolust, et seemla on rajatud endisele põllumaale, kus ei tohiks olla olulist toitainete puudust.

Tänuavaldus. Käesolev uurimus valmis Haridus- ja Teadusministeeriumi sihtfinantseeritava teema SF0170014s08 toetusel.

Joonis 11. Keskmise 1000 seemne massi dünaamika katsevariantide (kriipsjoon) lõikes võrreldes kontrolliga (pidev joon).

Figure 11. Distribution of weight 1000 seeds by treatments and control group (solid line).

Kasutatud kirjandus

- Aastaraamat Mets 2009. (Yearbook Forest 2009). 2010. Keskkonnateabe Keskus. Tartu, OÜ Paar, 217 pp. (In Estonian and in English).
- Agrometeoroloogiline ülevaade 1992/1993 põllumajandusaastast 1994. (Agrometeorological Review of the 1992/1993 Farming Year). 1994. Tallinn, 3–31. (In Estonian)
- Agrometeoroloogiline ülevaade 2003/2004 põllumajandusaastast 2005. (Agrometeorological Review of the 2003/2004 Farming Year). 2005. Tallinn, 3–30. (In Estonian)
- Aosaar, J., Kurm, M., Kiviste, A. 2006. Väetamise mõju kestvusest harilikule kuuse (*Picea abies* (L.) Karst.) poogendite tunnustele Pauska seemlas. (Duration of the fertilization effect on the properties of Norway spruce grafts in Pauska seed orchard.). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 44, 72–84. (In Estonian with English summary).
- Bergh, J., Nilsson, U., Grip, H., Hedwall, P.-O., Lundmark, T. 2008. Effects of frequency of fertilization on production, foliar chemistry and nutrient leaching in young Norway Spruce stands in Sweden. – Silva Fennica, 42(5), 721–733.
- Buijtenen, J.P., Hanover, J.W. 1986. Designing for yield. – Journal of Forestry, 84(3), 28–31.
- Danusevičius, J. 1987. Flowering and seed production of clones and their stimulation in seed orchards. – Forest Ecology and Management, 19(1–4), 233–240.
- Eriksson, G. 2008. *Picea abies*. Department of Plant Biology and Forest Genetics SLU, Uppsala, Sweden. 197 p.
- Etverk, I. 1967. Kuuse seemneaasta Eestis aastail 1964/1965. (Norway spruce seed year 1964/65 in Estonia). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 5, 5–27. (In Estonian with English summary).

- Etverk, I. 1969a. Harilikule kuuse kasvukiiruse varase diagnoosimise võimalustest okkaomaduste ja kõrguskasvu vältuse abil. (On possibilities of early diagnosing the rate of growth of the Norway spruce on the basis of needle properties and of the length of height growth period). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 7, 5–24. (In Estonian with English summary).
- Etverk, I. 1969b. Lämmastik- ja fosforväetiste mõjust kuuseokastele. (Effect of N and P fertilizers on Norway spruce needles). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 7, 25–39. (In Estonian with English summary).
- Etverk, I. 1973. Kuuse selektsiooni päevaprobleeme Eestis. (Present-day problems of breeding Norway spruce in Estonia). – EPA teaduslike tööde kogumik 89. (Transactions of the Estonian Agricultural Academy 89). Tartu, 65–72. (In Estonian with English summary).
- Evers, F.-H., Hüttel, R.F. 1990. A new fertilization strategy in declining forests. "Management of Nutrition in Forests Under Stress", IUFRO Symposium, Freiburg, 18.–21. September 1989. Water, Air, and Soil Pollution, 54, 495–508.
- Harrison, R., Prietzel, J., Jandl, R. 2005. Nutritional management of coniferous Forests. – Andersson, F. (ed.). Coniferous forests. Elsevier Inc., 485–501.
- Jacobsen, C., Rademacher, P., Meesenburg, H., Meiwes, K.J. 2003. Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten: Literaturstudie und Datensammlung. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme. (Element contents in tree compartments – Literature study and data collection). Reihe B, Bd. 69. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt. Göttingen., 81 pp. (In German).
- Jett, J. B. 1987. Seed orchard management: something old and something new. – Proc. 19 th South. For. tree Improv. conf. College Station, TX, pp.160–171.
- Johnson, L. G. 1983. Biology. Second printing. Iowa: Wn. C. Brown Company Publishers. 1105 p.
- Kurm, M. 1996. Väetamise mõjust erineva käbikandvuse intensiivsusega männipoogendeile. (Effect of fertilizers on the grafts of Scots pine of different reproductive abilities). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 27, 62–82. (In Estonian with English summary).
- Kurm, M., Aosaar, J. 2006. Selgitati väetamise mõju kuusepoogendeile. (Explaining effect of fertilization on spruce grafts). – Eesti Mets, 4, 36–40. (In Estonian).
- Kurm, M., Kiviste, A. 2001. Väetamise mõjust harilikule kuuse (*Picea abies* (L.) Karst) poogendeile Pauska seemlas. (The effect of fertilization on the grafts of Norway spruce in Pauska seed orchard). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 35, 133–148. (In Estonian with English summary).
- Kurm, M., Kiviste, A. 2002. The Effect of Fertilization on Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) Graft Foliage in Pauska seed orchard, Estonia. – Baltic Forestry, 8(2), 32–42.
- Kurm, M., Kiviste, A. 2004. The Effect of Fertilization on Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) Cone and seed Crops in Pauska seed orchard, Estonia. – Baltic Forestry, 10(2), 19–30.
- Kärblane, 1996. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. (Handbook of plant nutrition and fertilization). Tallinn. 285 lk. (In Estonian).
- Lindgren, D., Karlsson, B., Andersson, B., Prescher, F. 2008. The Swedish seed orchards program for Scots pine and Norway spruce. – Lindgren, D (ed.) Proceedings of a Seed Orchard Conference, Umeå, Sweden, 26–28 September 2007, 142–154.
- Miidla, H. 1984. Taimefüsioloogia. (Plant Physiology). Tallinn. 424 lk. (In Estonian).
- Mohr, H., Schopfer, P. 1995. Plant Physiology. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag. 629 pp.
- Moriguchi, Y., Prescher, F., Lindgren, D. 2008. Optimum lifetime for Swedish *Picea abies* seed orchards. – New Forests, 35, 147–157.
- Nilsen, P., Abrahamsen, G. 2003. Scots pine and Norway spruce responses to annual N, P and Mg fertilization. – Forest Ecology and Management, 174(1/3), 221–232.
- Raid, L. 1975. Mineraalväetiste mõjust männiseemikute okaste keemilisele koostisele pohla kasvukohatüübis. – (Auswirkungen von mineraldüngern auf die chemische Zusammensetzung von kiefernadeln im preiselbeerstandorttyp). Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 12, 96–117. (In Estonian with German summary).
- Raid, L. 1985. Väetamise mõjust männi- ja kuuseseemikute okastusele. (Of the effect of fertilization on pine and spruce seedling foliage). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 20, 86–95. (In Estonian with German summary).
- Raid, L. 1992a. Väetamise mõju männi ja kuuse järglaskonnale. (Einfluß der düngung auf die nachkommenschaft des Kiefers und der Fichte). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 24, 47–57. (In Estonian with German summary).
- Raid, L. 1992b. Metsakultuuride väetamisest. (Zur Waldkulturendüngung). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 27, 96–108. (In Estonian with German summary).
- Raid, L. 1996. Ühekordse ja korduva väetamise mõju okaspuuseemikute toitumisele. (Die Wirkung der einmaligen und wiederholten Düngung auf die Ernährung der Nadelholzsämlinge). – Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused, 27, 982–101. (In Estonian with German summary).
- Rosvall, O., Untinen, P. 1982. Fröplantagernas näringsstatus. (Nutritional status of grafts) Institutet för Skogsförbättring, Information, Skogsträdsförädling 1981/82, (4), 8. (In Swedish)

- R Development Core Team 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. [WWW document]. – URL <http://www.R-project.org>. [Accessed January 29, 2012].
- Salih, N., Andersson, F. 1999. Nutritional status of a Norway spruce stand in Sweden in response to compensatory fertilization. – *Plant and Soil*, 209(1), 85–101.
- Samuelson, K.R. 1980. Ger dagens plantagefrö produktionsöknningar och kvalitetsförbättringar + Summary: Will the seed from existing seed orchards give higher production and better quality? – *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, Häfte, 1–2, 58–64.
- Sarvas, R. 1970. Establishment and registration of seed orchards. – *Folia Forestalia*, 89, 1–24.
- Savonen, E.-M., Saarsalmi, A. 1999. Effects of clone and fertilization on the seed and foliar chemical composition of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) grafts. – *Silva Fennica*, 33(2), 107–117.
- Seemen, H., Tälli, P. 1992. Mineraalvæetiste ühekorde ja korduva kasutamise efektiivsusest pohlamännikutes. (Von wirkungsdauer ein- und mehrmaliger mineraldüngung in preiselbeer-kiefernbeständen). – *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused*, 24, 69–75. (In Estonian with German summary).
- Svenson, S. 1966. Att gödsla skog. (Forest fertilization). – *Västerbotten*, 39 (2), 53–5. (In Swedish).
- Valk, U., Raid L. 1994. Metsakultuuride ja noorendike väetamine. (Fertilization studies of forest cultures and young stands). – *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused*, 26, 58–66. (In Estonian with English summary).
- Yefimov, Y. 1993. Seed crop of Norway spruce in seed orchards of the central forest-styeppe of Russia. – Norway spruce provenances and breeding. Proceedings of IUFRO (S2.2-11) Symposium, Latvia, 254–258.
- Победов, В.С., Шиманский, П.С., Волков, В.Е., Прокшин, Д.Н.М. 1977. Справочник по применению удобрений в лесном хозяйстве. (Handbook of fertilizers application in forestry). Лесная промышленность, 184 с. (In Russian).
- Попов, В.Я., Тучин, П.В. 1982. Методические рекомендации по селекционной оценке семенной продуктивности плюсовых деревьев сосны и ели. (Methodological recommendations for selectional evaluation of spruce and pine plus trees on seed production). Архангельск, 8 с. (In Russian).

The effect of fertilization on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) grafts: a case study in Pauska seed orchard

Malle Kurm, Jürgen Aosaar and Andres Kiviste

Summary

Pauska seed orchard is situated at Kõpu, Viljandi county, Estonia (58° 21' N and 25° 21' E). The fertilization trials were established in the spring of 1988 in Pauska seed orchard, founded on a former arable land (Stagnic Luvisol soil). The re-fertilization trials were established in May 2006. The seed orchard covers a total area of 13.63 hectares. The trial objects were grafts of Clone K1 and of Clone R3 of a planted in 1970 on Compartment 12 (at the planting density of 5×5 m) and grafts of Clones VL37 and VL67 planted in 1978 on Compartment 1 (5×7m). During the observation period it became evident that grafts of Clone K1 had

a low seed-bearing capacity and grafts of Clone R3 had a high seed-bearing capacity. Unfortunately, clones VL37 and VL67 did not bear any cones during the observation period. The grafts were investigated for years 1988–1993 and in 2003, following fertilization and 2006–2007 following re-fertilization. During the period of investigation there were four seed years (1989, 1992, 1993 and 2006).

The effective annual sum of temperature ranged from 1274 °C in 1993 to 1681 °C in 2006. The total precipitation of the trial period remained between 318 mm during the vegetation period of 1992 and 554 mm

in 1988. All the seed years and its preceding years were warm considering the effective temperature.

The fertilizers used were ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride. Five different schemes were used: N300, P300, K300, N200P300K150 and control. Fertilizers were applied manually - graft by graft. They were placed circularly around a tree, according to the width of the crown, making sure that the studied trees would not be situated next to one another and that each trial variant would involve grafts from the same clones. The amounts of fertilizers have been given in kilograms of agent per hectare.

After the end of the investigation period a sprout of the newest whorl was taken from all the grafts for needle analyses. The average needle length, dry mass and density of needles per 1 dm of a sprout were measured. The needle length was measured with the help of the software package Win Mac Folia version 5.0.a.

In 2004 the Plant Biochemistry Laboratory of Estonian Agricultural University determined the content of nutrients (N, P, K, Ca, Mg) in the needles and compared them to the results of the previous years. The analyses of the first period of investigation were made in the soil laboratory of the former Forestry Institute of Estonia. The three-way analyses of variance with R software was used to analyze the obtained data.

To summarize the 18-year research conducted in Pauska seed orchard on using different fertilizers one can state the following:

The characteristics of spruce grafts (morphological characteristics and nutrient content of their needles, the mass of their cones and seeds) have depended the most on a calendar year. It also appeared that during the most recent research period (2003–2007) their needles were longer, lighter and more densely set than they used to be in earlier research period.

The effect of a clone was also essential. Needles of younger grafts were longer, heavier and set sparser than needles of older grafts. The needle nutrient content of younger grafts was also higher compared to older ones, most probably due to the fact that they had not produced any cones yet.

The effect of fertilizers on the grafts was dependent on the period of time. Nitrogen fertilizers increased the N-content in their needles during the first four years and also after repetitive fertilization, whereas the Ca- and Mg-content in their needles decreased.

Phosphate fertilizers increased the P-content in their needles starting from the third year after their fertilization.

The impact of potassium fertilizers on the K-content of their needles appeared 2–4 years after their fertilization.

Combined fertilizers increased the N- and P-content in the needles to some extent, whereas it decreased their Ca- and Mg-content.

In conclusion, the effect of fertilization in Pauska seed orchard has to be considered more modest than expected, which is probably caused by the fact that the orchard had been founded in former arable land where the effect of fertilization on the seed bearing did not become so evident.

Received January 20, 2012, revised January 30, 2012, accepted February 2, 2012