

## FÖRRÄD SGÖDSLING AV ROTADE TALLPLANTOR MED OLIKA KVÄVEGÖDSELMEDEL

C. J. WESTMAN

### SUMMARY:

#### FERTILIZATION OF CONTAINERIZED SCOTS PINE SEEDLINGS WITH DIFFERENT NITROGEN FERTILIZERS

Saapunut toimitukselle 1976-11-05

Den för handen varande undersökningen utvisar, att förrädsgödsling med olika kvävegödselmedel av rotade tallplantor (paper-pot VH-608) omedelbart före utplanteringen resulterade i en tydlig, men kortvarig höjning av torvsubstratets kvävehalt.

Kvävehalten i plantornas ovanjordiska delar ökade även efter kvävetillförseln; den största ökningen erhöles med ammoniumsulfattillförsel, vilken isynnerhet för materialet från den näringsfattigare av de två studerade lokalerna tenderade att resultera i en bestående ökning. Kvävetillförseln hämmade i någon mån plantornas invintringsprocess. Plantdödligheten var för samtliga försöksled avsevärd, men på den näringsfattigare lokalen synes ammoniumsulfattillförsel i någon mån ha inverkat positivt på överlevelsen. Motsvarande positiva verkan framträder även för vardera försökslokalerna om man granskar kvävetillförselns inverkan på de ovanjordiska plantdelarnas utveckling under växtsäsongen efter utplanteringen.

### INLEDNING

I Finland produceras årligen ca 200 milj. skogsträdplantor varav ungefär en femtedel utgör på sätt eller annat rotade plantor. Plantskoleteknikens målsättning är givetvis ett fysiologiskt gott plantmaterial med bl.a. ett optimalt innehåll av näringämnen. Det sistnämnda är betydelsefullt då plantornas lyckade primärutveckling i hög grad är beroende härav (bl.a. HOLSTENER-JØRGENSEN 1960 och SANDVIK 1968). En för låg halt av näringsämnen inverkar givetvis menligt på plantans utveckling, men fall

har även rapporterats där höga halter av näringsämnen i barren resulterat i otillfredsställande tillväxt hos gran (BJÖRKMAN 1953 och 1954). Orsaken till tillväxthämningen torde här ha varit nedsatt mykorrhizabildning som ett resultat av alltför kraftig plantskolegödsling. Höga näringsämneskoncentrationer kan även ha andra negativa verkningar som t.ex. nedsatt vinterhärdighet hos plantorna.

Möjligheterna att i samband med plantersåtgärden eller omedelbart efter den-

samma inverka på skogsträdplantans näringstillstånd kan under de förhållanden, som råder i Finland, i allmänhet anses vara små. Gödsling i samband med plantering resulterar, då man använder lättlösliga gödselmedel, i starkt ökad plantavgång. Detta gäller för såväl fastmarker som torvmarker (VIRO 1966, SEPPÄLÄ 1971 samt LEIKOLA och RIKALA 1974). Mest förödande synes resultatet vara om gödselmedlet placeras i planteringsgropen i omedelbar närhet av plantans rötter. En användning av svårösliga gödselmedel har däremot verkat föga på plantavgången. Detta har lett till att gödsling i samband med plantering utförs enbart på torvmarker. Dels är vattentillgången där en annan och dels är näringsämnesbehovet även ett annat, vilket medger användandet av svårösliga gödselmedel.

Ovan refererade försök har utförts med barrotsplantor, vilka gödslats i samband med utplanteringen, det är tänkbart att de konstaterade svårigheterna inte uppstår med rotade plantor. Dels är de rotade plantornas rötter skyddade av torvsubstratet och dels innehåller torven vid utplanteringen ett begränsat vattenförråd. Torven som

växtsubstrat erbjuder även vissa kemiska fördelar; det organiska materialet kan binda endel växtnäringsämnen. Detta gäller framför allt kväve i ammoniumform och isynnerhet ammoniumkväve bildat av urea (KIVINEN 1948 och OVERREIN 1968). Sålunda har t.ex. skogsmark gödslad med urea på sikt uppvisat en tydlig ökning av markens kväveförråd (bl.a. WILLIAMS 1972 och WESTMAN 1974).

Denna ammoniumkvävet fastläggning i torven erbjuder en eventuell möjlighet att förse rotade skogsträdplantor med ett reservförråd av kväve, vilken möjlighet är så mycket intressantare då tidigare försök (INGESTAD 1963, BENZIAN 1965 och ALDHOUS 1972) tyder på att kväve synnerhet i ammoniumform föredras av skogsträdplantor och har resulterat i en klart bättre tillväxt än den som erhållits med andra kvävegödselmedel.

Målsättningen för den för handen varande undersökningen har varit att studera i vilken mån ammonium-, nitrat- och urakvävet fastläggs i rotningssubstratet, inverkar på dess kemiska egenskaper samt på de rotade tallplantornas primärutveckling efter utplanteringen.

### MATERIAL OCH METODER

I denna undersökning har som försäksmaterial använts 1 Lk (RAULO och HINTALA 1975) paper-pot VH-608 tallplantor, vilka drivits enligt normal plantskolepraxis. Plantorna var vid försöksanläggningen 11 veckor gamla och hade före utplanteringen den 14—15. 6. 1974 härdats 3 veckor under bar himmel. Ur detta plantparti uttogs subjektivt 10 stycken jämnvärdiga plantark,

vilka slumpmässigt parades sålunda, att två ark ingick i varje försöksled. Ur dessa ark uttogs systematiskt 33 pottar sålunda, att från ett ark togs en fullständig rad och från de övriga arken den mittersta potten i vardera kortsidan. Dessa pottar analyserades individuellt för friskvikt, torrsvikt, totalkväve och organiskt kol (tabell 1).

Det framgår, att den genomsnittliga kol-

Tabell 1. Pottarnas genomsnittliga friskvikt, torrsvikt, totalkvävehalt samt halt organiskt kol.

Table 1. Mean fresh weight, dry weight, total nitrogen and organic carbon of the containers used.

Pot typ Container type	Friskvikt Fresh weight g/pot	Torrsvikt Dry weight g/pot	Totalkväve Total nitrogen %	Organiskt kol Organic carbon %
Paper-pot VH 608 .....	73.3 ± 14.2	16.6 ± 0.7	0.67 ± 0.02	35.2 ± 0.97

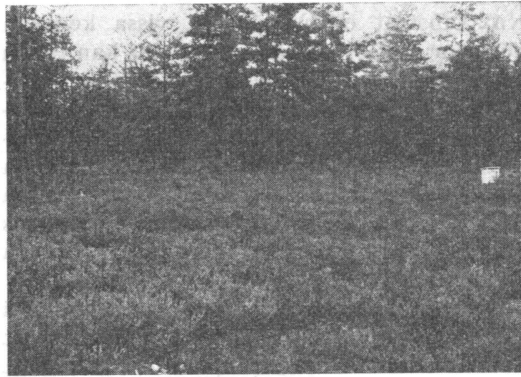


Fig. 1. Försöksfältet i Bromarf.  
Fig. 1. Research area in Bromarf.

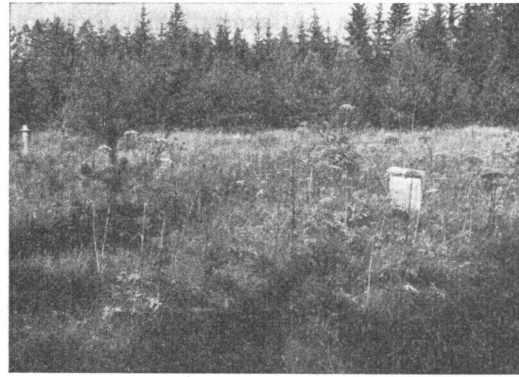


Fig. 2. Försöksfältet i Pojo.  
Fig. 2. Research area in Pojo.

kvävekvoten för den använda torven är ca 50 och för att höja denna kvot till 20 erfordras ett tillskott av 23 g kväve per

plantark. Omedelbart före utplanteringen tillfördes plantarken parvis 46 g kväve i form av urea, ammoniumsulfat och kalium-

Tabell 2. Försöksområdenas genomsnittliga klimatiska egenskaper enligt KOLKKI (1966) och HELIMÄKI (1967).

Table 2. Macroclimate of the areas studied (KOLKKI 1966 and HELIMÄKI 1967).

Egenskap Climate characteristic	Observationsstation Observation station	
	Hangö <sup>1</sup>	Fiskars <sup>2</sup>
Årsnederbörd, ..... mm Annual precipitation,	590	964
Sommarnederbörd, ..... mm Summertime precipitation,		
	VI	48
	VII	70
	VIII	81
Årsmedeltemperatur, ..... °C Annual mean temperature,	5.5	4.7
Sommarmedeltemperatur, ..... °C Summertime mean temperature,		
	VI	14.0
	VII	16.9
	VIII	15.2
Januari medeltemperatur, ..... °C January mean temperature,	-4.2	-6.0
Växtperiodens längd, ..... dg Length of growing period,	183	—
Effektiv temperatursumma, ..... dd Effective temperature sum,	1339.4	—

<sup>1</sup>) ca 9 km W från försöksfältet i Bromarf.  
about 9 km W from the research area in Bromarf.

<sup>2</sup>) ca 15 km NO från försöksfältet i Pojo.  
about 15 km NE from the research area in Pojo.

nitrat. Kvävet tillfördes löst i 2,5 l vatten och tvättades från plantorna med ytterligare 2,5 l rent vatten. I allt tillfördes varje ark 5 l vätska i samband med gödslingen.

Försöket utlades på två olikartade lokaler, den ena var belägen i Bromarf socken (59° 52' N, 23° 5' E) och den andra i Pojo socken (60° 4' N, 23° 27' E). Försöksfältet i Bromarf var beläget på en extremt torr svallad grusmo och försöksfältet i Pojo på en igenväxande relativt fuktig åker (figur 1 och 2). Försöksfältens genomsnittliga klimatiska egenskaper och jordmånsegenskaper framgår av tabellerna 2 och 3.

På vardera lokalen utlades försöket i två upprepningar sålunda att den enskilda försöksrutan omfattade fem plantrader med tio planteringsgröpar i varje rad. Avsikten med denna försöksuppläggning var att från varje försöksruta med tre veckors intervall skörda en plantrad för att dels studera plantornas såväl yttre som inre egenskaper och dels torvsubstratets kemiska egenskaper. Provtagningarna utfördes un-

der sommaren 1974 den 5. 7., 26. 7., 17. 8. samt den 7. 9. Dessutom inventerades en plantrad på varje försöksruta den 8. 10. 1974. Desamma raderna slutinventerades för överlevelse samt höjdtutveckling den 2. 10. 1975.

Vid provtagningen avskars plantorna vid substratytan och det sålunda erhållna materialet har i sin helhet radvis analyserats för torrsvikt samt ask- och kvävehalter. Den skördade pappersomhöljda substratklumpen analyserades radvis tillsammans med plantrötterna för kvävehalt, askhalt, pH samt ledningstal. Kvävebestämningarna utfördes som Kjeldahlförbränningar med natriumsulfat och selen som katalysatorer. Askhalten bestämdes genom glödning vid 550 C°. pH bestämdes ur en jord-vattensuspension (1:2.5) efter ett dygns ståt. Ur samma suspension bestämdes den elektriska ledningsförmågan, vilken omvandlades till ledningstal genom följande formel:  $LT = 10\,000/\text{specifikt motstånd } \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ .

Den här använda försöksuppläggningen

Tabell 3. Jordmånens fysikaliska och kemiska egenskaper på försöksområdena.

Table 13. Physical and chemical properties of soil in both the growth sites studied.

Provtagnings-skikt Sampling horizon	Jordmånsfördelning, Particle size distribution, %					C org. %	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	C.E.C. m.e./100 g	Näringsämnesförråd, <sup>2)</sup> Nutrient contents, mg/100 g				
	grus gravel	sand coarse sand	mo sand	mjåla fine sand	ler clay				N	P	K	Ca	Mg
Matjord Cultivated soil layer	—	10	47	19	24	7.7	5.2	11.3	391	90	1 250	550	14
Råhumus Humus layer	—	—	—	—	—	19.0	4.2	24.3	852	85	850	235	35
Blekjord Leached horizon	—	99	1	—	—	2.7	4.7	2.0	43	—	150	15	5
Rostjord Enriched horizon	18	76	6	—	—	0.7	5.0	0.7	35	63	100	90	35

<sup>1</sup>) Effektiv katjonbyteskapacitet, vilken erhållits genom extraktion med 1-n KCl ur vilket extrakt bestämts utbytbar aluminium och vete samt kalsium och magnesium. Cation exchange capacity determined by extraction with 1-n KCl. Aluminium, hydrogen, calcium and magnesium content determined from this extract.

<sup>2</sup>) N har bestämts enligt Kjeldahl förfarande, P, K, Ca och Mg har extraherats med het 2-n HCl. Total N determined by the Kjeldahl-method and P, K, Ca and Mg by extraction with hot 2-n HCl.

medger inga långtgående slutledningar rörande åtgärdernas värde med tanke på skogsodling, men för att ge resultaten en mera allmängiltig karaktär har den procentuella plantavgången i de enskilda pottarna efter

arcsini-transformation underkastats en variansanalys varefter medelvärdena testats med Student-Neuman-Keules medelvärdestest. Plantornas höjdtutveckling har studerats på motsvarande sätt.

## RESULTAT OCH RESULTATGRANSKNING

### Gödslagens inverkan på växtsubstratets kemiska egenskaper

Vid försöksanläggningen tillfördes varje plantark 23 g kväve i form av urea, kaliumnitrat och ammoniumsulfat, varvid växtsubstratets genomsnittliga kvävehalt avsågs höjas från 0.67 till 1.76 %. Den tillförda kvävemängden utgjorde i sin helhet vattenlösligt kväve, vilket beroende av molekylens kemiska egenskaper kunde bindas i, urlaks eller avdunsta ur substratet (jfr. WESTMAN 1972).

De utförda kvävebestämningarna visar givetvis, att kvävehalten i substratet ökat starkt efter kvävetillförseln, men att den erhållna ökningen varit temporär och kortvarig. Redan sex veckor efter näringsämnestillförseln låg kvävehalten för samtliga försöksled på samma nivå (figur 3 och 4).

Granskar man kurvorna i figur 3 och 4 mera ingående framgår, att kvävehalten efter näringsämnestillförseln ligger avsevärt lägre än de beräknade värdena. För försöksrutorna i Bromarf ligger kvävehalten på

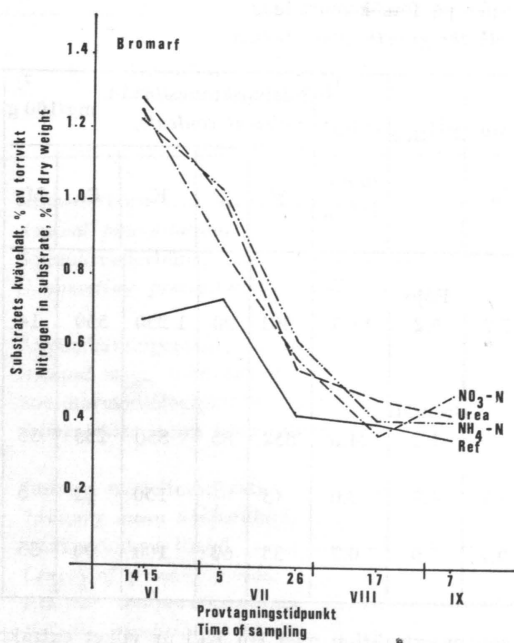


Fig. 3. Torvs substratets kvävehalt under växtperioden efter utplanteringen, Bromarf.

Fig. 3. Nitrogen content of the peat during the growing period after planting, Bromarf.

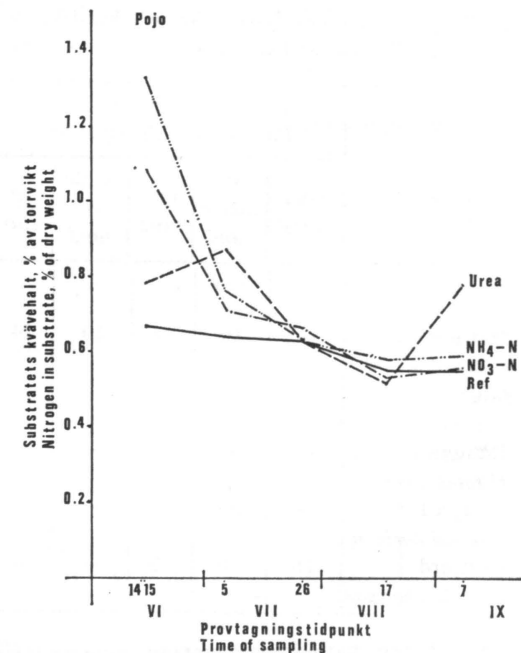


Fig. 4. Torvs substratets kvävehalt under växtperioden efter utplanteringen, Pojo.

Fig. 4. Nitrogen content of the peat during the growing period after planting, Pojo.

ca 1.3 % och för rutorna i Pojo mellan 0.8 och 1.3 %. Orsaken till att kvävehalten understiger det beräknade värdet kan antas bero av att gödselkvävet vid tillförseln inte absorberats helt av växtsubstratet. Skillnaderna mellan kurvornas förlopp för försöksfälten i Bromarf och Pojo har sin förklaring i att planteringen och därmed provtagningen utfördes en dag senare i Pojo och under den mellanliggande tiden har den tillförda vätskan kunnat rinna genom substratet varvid isynnerhet nitratkväve och urea urlakats. Det kan även antas, att kväveförluster uppstått genom ammoniakavdunstning, vilket den låga kvävehalten för ureatillförseln tyder på. Den stora spridningen i materialet har sannolikt även inverkat på kurvornas förlopp.

Intressant är, att inget av de använda gödselmedlen verkar att på sikt höja växtsubstratets kvävehalt. De relativt höga kvävehalten, som nitratkurvan i Bromarf och ureakurvan i Pojo uppvisar i slutet av växtperioden får förklaras som resultat av spridning i analysmaterialet och eventuella okontrollerbara analysfel. En skenbar ökning av kvävehalten kan dock tänkas uppstå efter ureatillförsel. Enligt NÖMMIK (mutlig information) resulterar ureatillförseln starka pH höjande verkan i en ökad mikrobiell verksamhet, vilken i sin tur kan resultera i en relativ anrikning av organiskt bundet kväve. Att detta här varit fallet är osannolikt då ureatillförseln resulterat i en mycket tvivelaktig höjning av substratets pH, som snabbt förbytts till en bestående pH-sänkning (figur 7).

Den raska nedgången i kvävehalten redan under de tre första veckorna efter utplanteringen är synnerligen intressant då man beaktar den extremt ringa nederbörden under ifrågavarande period (jfr. KORSMAN 1970), endast 3.4 och 7.2 mm i Bromarf respektive Pojo (tabell 4). Minskningen har sålunda skett genom att kvävet dels upptagits av plantorna och dels och troligtvis huvudsakligen genom att vätska runnit ur växtsubstratet. Dessutom har givetvis den tävlande bottenvegetationen isynnerhet på försöksfältet i Pojo upptagit av det tillförda kvävet. Under den återstående tiden av undersökningsperioden har nederbörden varit normal eller rikligare än normalt (jfr. tabell 2 och 4), vilket även inverkat på den fortsatta snabba nedgången i kvävehalten samt att urlakningen i Bromarf där försöksfältet var beläget på genomsläpplig jordmån (tabell 3) skett snabbare än i Pojo. Sålunda ligger kvävehalten för substratproven från Bromarf vid den sista provtagningen ca 0.2 procentenheter lägre än i proven från Pojo.

Näringsämnestillförselns inverkan på isynnerhet substratvätskans elektrolythalt (ledningstal) och osmotiska tryck är av största intresse då växternas vattenupptagning försvåras och omöjliggörs vid alltför stora värden. Enligt PUUSTJÄRVI (1973) bör beroende på årstid växtsubstratets ledningstal variera mellan 4.0 och 9.0 och det osmotiska trycket mellan 0.5 och 2.0 atm.

Av figur 5 och 6 framgår, att ledningstalen för de gödslade växtsubstraten vid tidpunk-

Tabell 4. Medeltemperatur och nederbörd under perioderna mellan de olika provtagningarna sommaren 1974.

Table 4. Mean temperature and precipitation during the periods between sampling in summer 1974.

Försökslokal Research area	Medeltemperatur och nederbörd Mean temperature and precipitation							
	14.6—4.7		5.7—25.7		26.7—16.8		17.8—7.9	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
Bromarf .....	16.7	3.4	16.1	52.2	14.6	33.6	16.7	16.5
Pojo .....	14.7	7.2	16.0	52.8	13.9	78.4	15.5	30.4



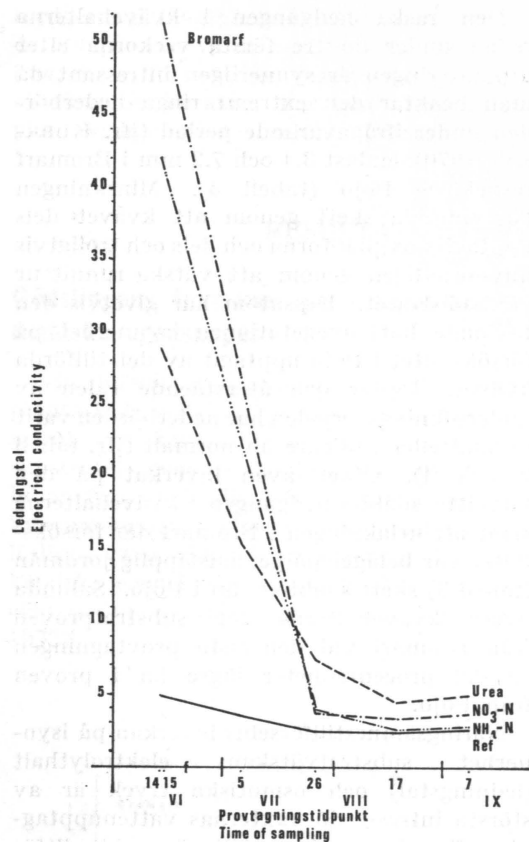


Fig. 5. Torvsubstratets ledningstal under växtperioden efter utplanteringen, Bromarf.

Fig. 5. Electrical conductivity of the peat during the growing period after planting, Bromarf.

ten för försöksanläggningen uppvisar extremt höga värden och att de högsta värdena erhållits med kaliumnitrat och de lägsta med urea.

De höga värdena som ledningstalen uppvisar är en naturlig följd av tillförsel av närssalter i så stora kvantiteter som här varit fallet. Sålunda var ledningstalen för de tillförda näringsämneslösningarna >60 för vardera kaliumnitrat- och ammoniumsulfatlösningarna. För urealösningen var ledningstalet endast 1.9, vilket beror av att ureamolekylen ej hydrolyseras i ren vattenlösning och förblir odissocierad. Detsamma förhållande speglas även av näringsämneslösningarnas teoretiska osmotiska tryck, vilket för kaliumnitratets del

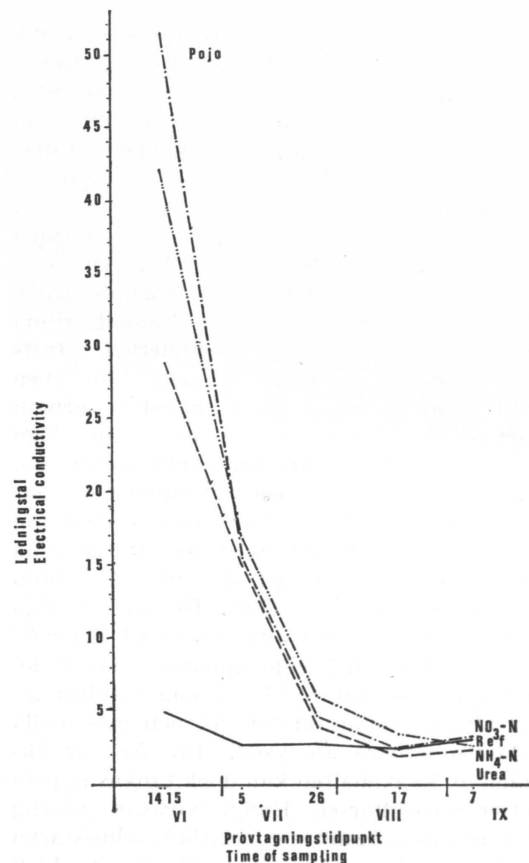


Fig. 6. Torvsubstratets ledningstal under växtperioden efter utplanteringen, Pojo.

Fig. 6. Electrical conductivity of the peat during the growing period after planting, Pojo.

är 15.8 atm och för ammoniumsulfatets del 11.7 atm. Den rena urealösningens osmotiska tryck är 3.9 atm och i hydrolyserat och dissociert tillstånd 15.7 atm.

De angivna extrema värdena gäller för de tillförda näringslösningarna. Vid gödningen av plantarken späds lösningarna ut och då arken i genomsnitt innehöll 7.3 l vätska blir det genomsnittliga teoretiska osmotiska trycket för kaliumnitratet, ammoniumsulfatet och urean 6.4, 4.7 respektive 1.6 atm. Motsvarande minskning sker även med ledningstalen. Härvid är dock att beakta, att ureamolekylen i torvsubstratet hydrolyseras på enzymatisk väg och att ledningstalen härefter stiger kraftigt.

Intressant är, att de uppmätta lednings-

talen efter näringsämnestillförseln i samtliga fall uppvisar värden, vilka extremt överstiger de värden som anges vara optimala. Detsamma förhållande gäller lösningarnas osmotiska tryck och som en följd härav borde plantavgången vara i det närmaste total. Att detta inte varit fallet (jfr. tabell 8) får förklaras med ett flertal faktorer. Den använda analysmetoden där substratproven torkats (105°C) och malats ( $\phi < 2$  mm) har sannolikt resulterat i överdrivet höga ledningstal, vilket dock inte innebär, att de faktiska värdena skulle falla inom den optimala intervallen. Sannolikt är även, att den som växtsubstrat använda torven genom sin stora specifika yta rätt snabbt förmått adsorbera de tillförda katjonerna i det diffusa jonskikt, som omger varje fast partikel. Sålunda har elektrolythalten i

den fria substratvätskan minskat avsevärt; de obundna anjonerna har raskt urlakats, vilket den snabba nedgången i kurvorna i figur 5 och 6 även tyder på. Kurvorna uppvisar redan 3–6 veckor efter utplanteringen värden, vilka närmar sig de rekommenderade värdena och under slutet av undersökningsperioden ligger ledningstalen för samtliga prov inom samma område. Den rikliga tillgången till substratvätska (ca 50 vol. %) har säkerligen även inverkat positivt på plantornas överlevelse. Det kan inte heller uteslutas, att plantorna genom någon form av aktiv anpassning av rötternas fysiologiska processer kunnat motverka de negativa verkningarna av den höga saltkoncentrationen i substratvätskan (jfr. INGESTAT 1974, KYLIN och QUATRANO 1975).

Växtsubstratets surhetsgrad är av relativt underordnad betydelse vid drivning av tall och gran då dessa växer väl inom en relativt bred pH intervall, omän dessa trädslags optimala pH ligger vid ca 5.0–5.5 (MIKOLA 1959, BENZIAN 1965, ALDHOUS 1972 samt ARMSON och SADREIKA 1974). De uppmätta pH-värdena kan anses i det närmaste optimala. Intressant är dock, att såväl urea- som ammoniumsulfattillförsel förorsakat en klar 0.5–1.0 pH-enheter stor nedgång i växtsubstratets surhetsgrad, vilken för ureans del synes utjämnas mot slutet av undersökningsperioden. Motsvarande resultat har tidigare rapporterats i ett flertal fall (IGNATIEFF och PAGE 1958, BENZIAN 1965 samt ALDHOUS 1972). För ureatillförsels del hade dock kunnat förväntas en klarare markerad temporär pH stegring under den första treveckorsperioden än den ökning som antyds i figur 7. Orsaken till att en pH ökning inte framträder kan eventuellt vara, att analyserna utförts av torkade och fämalda prov.

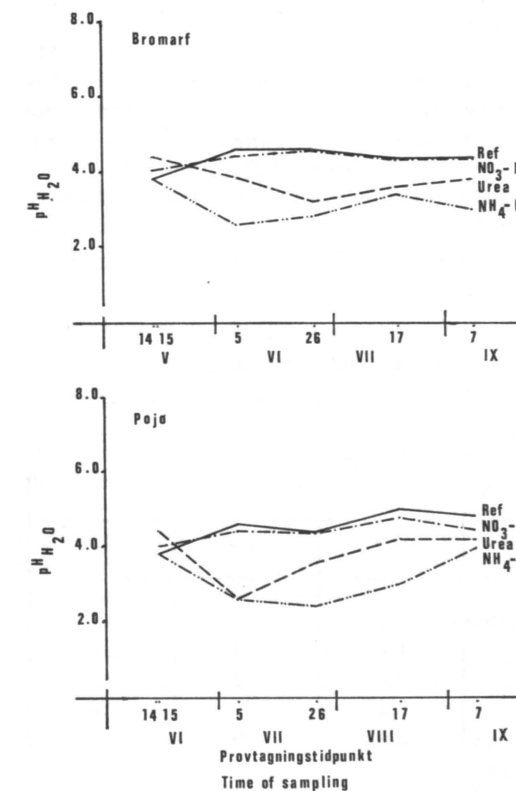


Fig. 7. Torvsubstratets surhetsgrad under växtperioden efter utplanteringen.

Fig. 7. Acidity of the peat during the growing period after planting.

### Gödningens inverkan på plantornas fysiologiska tillstånd

Det insamlade plantmaterialet analyserades i sin helhet för totalkväve, resultatet framgår av tabell 5 och figur 8. Vid granskning av dessa bör beaktas, att de analyserade proven omfattade plantornas ovanjordiska delar och att i proven ingick samtliga plantor från de insamlade pottarna, även



de döda. Isynnerhet i de fall där plantav-  
gången varit stor är analysresultaten  
behäftade med en avsevärd inre spridning.

Av tabell 5 framgår klart, att ett tillskott  
av kväve resulterat i en höjd kvävehalt i  
plantmaterialet. Plantmaterialets kväve-  
halt låg vid tidpunkten för försöksanlägg-  
ningen något under de värden som TAMM  
(1955) och INGESTAD (1962) angett som  
optimala för tall, varför en positiv reaktion  
även kunde förväntas. Den största ökningen  
har erhållits med ammoniumsulfattillförsel  
varvid kvävehalten temporärt ökat med  
1.5–2.0 procentenheter. Motsvarande vär-  
den för kaliumnitrat- och ureatillförseln  
är 0.8–1.5 respektive 1.0–1.5 procenten-  
heter. Stegningen i kvävehalterna har varit  
kortvarig och redan under den andra trevec-  
korsperioden har halterna börjat närma  
sig referensvärdena. Vid slutet av växtpe-  
rioden har kvävehalterna för de gödslade  
plantorna i Bromarf stabiliserat sig på en  
något högre nivå än jämförelsematerialets  
motsvarande värden. För materialet från  
Pojo ligger kvävehalterna på i stort sett  
samma nivå och uppvisar förutom för  
ureabehandlingen en stigande tendens.  
Orsaken till skillnaden mellan de båda  
försöksfälten är den, att referensplantorna  
i Bromarf inte kunnat uppta kväve från den  
omgivande mineraljorden och nu uppvisar

en tydlig kvävebrist. Dessas genomsnittliga  
kvävehalt, 1.6 %, är enligt INGESTAD (1962)  
den övre gränsen för synliga kvävebrists-  
symptom.

Av figur 8 framgår vidare, att endast  
efter ammoniumsulfattillförsel har det skett  
en bestående upplagring av kväve i plant-  
materialet från vardera försöksfälten. För  
materialet från Pojo kan samma tendens  
ses även för de plantor som erhållit kalium-  
nitrat. Den nedgång i kvävehalt och upp-  
taget kväve som ureakurvan för Bromarf  
och Pojo samt nitratkurvan för Bromarf  
uppvisar får förklaras som ett resultat av  
den stora plantavgång som skett efter dessa  
behandlingar.

Intressanta är de olikartade reaktions-  
förlopp som de använda gödselmedlen gett  
upphov till. Sålunda tyder resultaten på att  
kvävet i ammoniumform efter gödningen  
upptagits på normalt sätt via plantornas  
rötter. Nitrat- och ureakvävet däremot  
verkar att ha upptagits via eller adsorberats  
på plantornas ovanjordiska delar. Att  
mineralnäringsämnen i löst form kan upptas  
av växternas gröna delar är ett sedan länge  
känt faktum (t.ex. IGNATIEFF och PAGE  
1958 samt MENGEL 1968), men att denna  
mekanism skulle vara så känslig och effektiv  
som de här erhållna resultaten ger för handen  
är något förbryllande. Sålunda uppvisar

Tabell 5. Det ovanjordiska plantmaterialets kvävehalt under den studerade växtperioden.

Table 5. Nitrogen content of the above ground part of the seedlings during the growing period studied.

Behandling Treatment	N, % av torrsvikt N, % of dry weight				
	14–15.6	5.7	26.7	17.8	7.9
	Bromarf				
Ref. ....	1.9	1.6	1.4	1.4	1.6
UREA-N .....	2.3	3.0	2.4	2.3	2.3
NO <sub>3</sub> -N .....	3.2	3.2	2.2	2.1	2.0
NH <sub>4</sub> -N .....	1.9	4.1	3.0	1.9	1.9
	Pojo				
Ref. ....	1.9	1.4	1.4	1.8	2.6
UREA-N .....	2.4	2.5	2.0	2.3	2.5
NO <sub>3</sub> -N .....	3.3	2.2	2.1	1.8	2.5
NH <sub>4</sub> -N .....	1.6	3.4	2.6	1.9	2.5

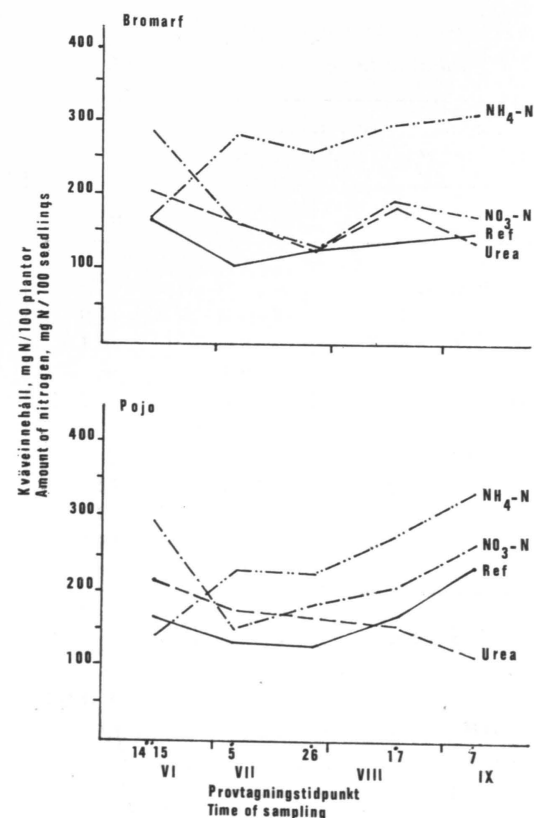


Fig. 8. Det ovanjordiska plantmaterialets kväveinnehåll under växtperioden efter utplanteringen.

Fig. 8. Total amount of nitrogen in the above ground part of the seedlings during the growing period after planting.

kvävehalterna i plantmaterialet efter kalium-  
nitratillförsel sina maximala värden omedelbart  
efter gödningen. Tendensen är densamma för  
ureatillförseln och då såväl urea- som nitratkväve  
inom några få timmar (materialet från Bromarf)  
svårigen kan ha diffunderat från substratväs-  
kan via rötterna till plantans gröna delar får man  
anta, att näringsupptagningen åtminstone till en  
del skett över plantornas gröna delar. Eventuellt  
får den stora mängden upptaget kväve förklaras  
med att närsalter trots bevattning med rent vatten  
efter näringsämnestillförseln adsorberats på  
plantornas ovanjordiska delar. Den tendens till  
ökning i mängd upptaget kväve som urea- och  
nitratkurvorna för försöksfältet i Bromarf  
uppvisar efter

den tredje treveckorsperioden beror inte på  
ökad kväveupptagning utan på förändringar i  
plantornas tillväxt (figur 11 och 12).

Intressant är att försöksmaterialet i Pojo  
etablerat sig väl efter utplanteringen och synes  
ha utvecklat ett funktionsdugligt rotsystem. Detta  
framgår av figur 8 där kurvorna uppvisar en klart  
stigande tendens, vilket tyder på en effektiv  
upptagning av mineraliserat kväve från den  
omgivande mineraljorden. Motsvarande ökning  
har uteblivit i Bromarf, vilket kan förklaras  
med att lokalens näringsämnesfattiga jordmån  
inte förmår mineralisera kväve (jfr. tabell 3).

Plantornas innehåll av aska kan anses  
avspegla det totala innehållet av mineralnärings-  
ämnen och då de kraftiga gödningssingrepp som  
använts kan antas ha inverkat på plantornas  
näringsupptagning i sin helhet har plantmaterialet  
analyserats för askinnehåll (tabell 6 samt figur 9  
och 10).

Askhalten beräknad i procent av torrsvikten  
varierar avsevärt för försöksmaterialet och var  
vid anläggningstidpunkten i genomsnitt  $8.8 \pm 2.3$  %.  
Trots den stora variationen kan för samtliga  
försöksled konstateras ett maximum vid tid-  
punkten för den tredje provtagningen och två  
minimumvärden före och efter detsamma, vilka  
får antas bero av transport och omlagring av  
mineralnäringsämnen och assimilat inom plantorna.  
Först mot slutet av undersökningsperioden  
uppvisar askhalten en tendens att variera beroende  
av gödningssåtgärd. Granskar man askhalten vid  
tidpunkten för den sista provtagningen framgår  
det klart, att kaliumnitratillförseln resulterat i  
en märkbar ökning av värdena. Hur denna ökning  
har skett kan inte fastställas, men eventuellt kan  
en luxuskonsumtion av kalium ha skett då denna  
jon funnits rikligt i växtsubstratet. En annan  
möjlighet, vilken kan antas vara fallet efter  
ureatillförsel, är att näringsämnestransporten eller  
translokeringen av assimilat i plantan rubbats.

Kurvorna i figur 9 och 10 tyder även på en  
kraftig ökning av askinnehållet i plantorna  
efter ammoniumsulfattillförsel, men orsaken  
här till står att finna i den kraftiga biomas-  
produktion som behandlingen resulterat i.

Erfarenhetsmässigt är det klart påvisat, att  
isynnerhet i plantskolor inducerar kraftig

Tabell 6. Det ovanjordiska plantmaterialets askhalt under den studerade växtperioden.  
Table 6. Ash content of the above ground part of the seedlings during the growing period studied.

Behandling Treatment	Askhalt, % av torrsvikt Ash content, % of dry weight				
	14-15.6	5.7	26.7	17.8	7.9
	Bromarf				
Ref. ....	11.4	5.5	12.7	5.4	7.9
UREA-N .....	10.4	7.8	16.7	8.6	6.4
NO <sub>3</sub> -N .....	7.6	14.0	16.5	9.3	14.0
NH <sub>4</sub> -N .....	9.3	7.0	8.7	6.4	9.7
	Pojo				
Ref. ....	7.9	6.2	12.1	13.6	12.1
UREA-N .....	8.6	7.2	13.5	9.9	15.8
NO <sub>3</sub> -N .....	9.6	7.9	11.9	6.9	18.6
NH <sub>4</sub> -N .....	5.2	7.0	12.1	7.0	11.8

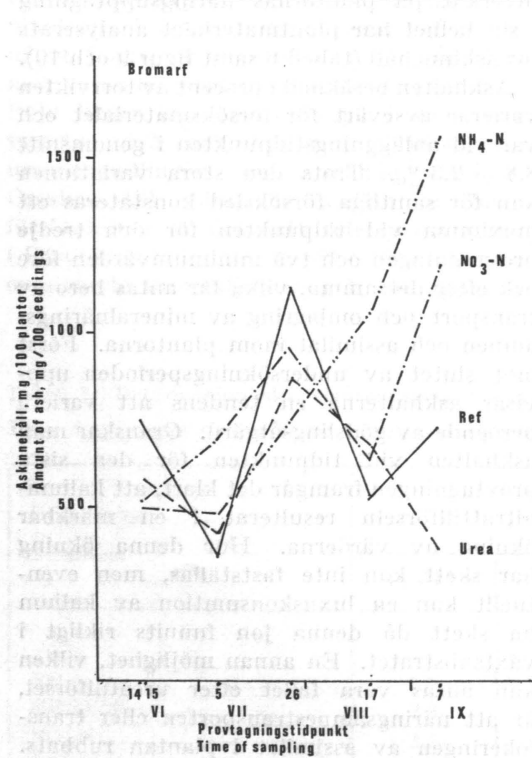


Fig. 9. Det ovanjordiska plantmaterialets askinnehåll under växtperioden efter utplanteringen, Bromarf.  
Fig. 9. Total amount of ash in the above ground part of the seedlings during the growing period after planting, Bromarf.

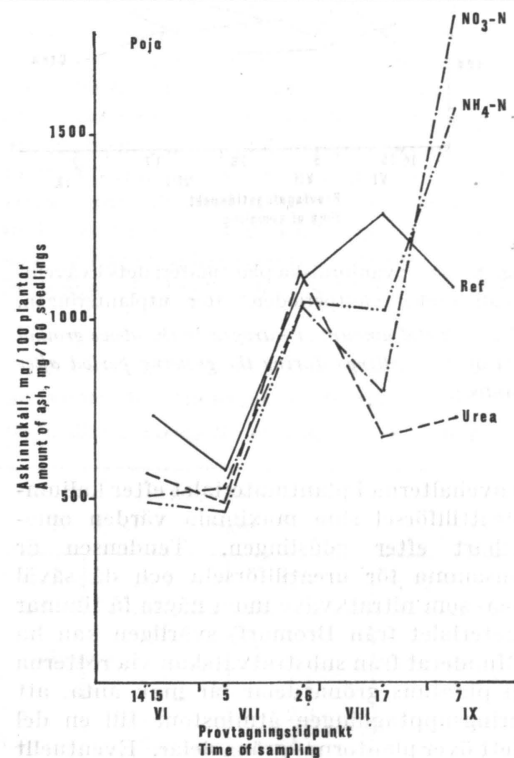


Fig. 10. Det ovanjordiska plantmaterialets askinnehåll under växtperioden efter utplanteringen, Pojo.  
Fig. 10. Total amount of ash in the above ground part of the seedlings during the growing period after planting, Pojo.

Tabell 7. Näringsämnestillförselns inverkan på knoppbildningen under den studerade växtperioden.  
Table 7. Effect of fertilizer treatment on terminal bud formation during the growing period studied.

Behandling Treatment	Antal plantor med knopp, % av levande plantor Number of seedlings with terminal bud, % of living seedlings		
	17.8	7.9	8.10
Ref.	88±3.4	97±2.1	96±0.8
UREA-N	67±8.6	83±9.2	86±26.2
NO <sub>3</sub> -N	62±6.3	90±2.3	91±4.1
NH <sub>4</sub> -N	66±2.1	90±3.2	94±1.3

kvävetillförsel en förlängd skottsträckning. Detta förhållande gäller speciellt gran, men har även konstaterats hos tall (jfr. SANDVIK 1968). BERGAN (1958) rapporterar även ökade frostsador på toppskott med ökad kvävetillförsel i unga granplanteringar.

För att erhålla uppgifter om näringsämnestillförselns inverkan på skottsträckningen inventerades den 17. 8., 7. 9. samt den 8. 10. de levande plantorna i varje pott med hänseende till knoppbildning. Resultatet har framräknats som medelvärden för samtliga i försöket ingående försöksrutor och framgår av tabell 7. Med beaktande av den förvånande homogenitet som materialet, förutom för de ureabehandlade rutorna uppvisar, framgår det klart, att en kvävetillförsel fördröjer knoppbildningen. Sålunda uppvisar de plantor, vilka tillförts kväve en lägre knoppbildningsfrekvens än referensplantorna vid inventeringen den 17. 8. Denna skillnad antyds eventuellt för de nitrat- och ammoniumkvävebehandlade plantorna vid inventeringarna den 7. 9. och 8. 10. För de ureabehandlade plantorna är skillnaderna genomgående markanta.

TAMM m. fl. (1974) rapporterar om abnormiteter i tillväxten hos unga tallar efter extrem kvävetillförsel, vilket antas bero av sena nattfroster under tillväxtperioden. I denna undersökning har inga tecken på dylika skador kunnat konstateras. Under den studerade perioden inträffade inte heller allvarligare nattfroster. Endast en

gång uppmättes i Pojo 25.-26. 6. en lindrig nattfrost då temperaturen vid markytan under två timmars tid sjönk till -1° C. Någon ökad plantavgång som en följd härav har knappast skett (jfr. tabell 8), men under andra förhållanden kan en risk för skador föreligga efter sådana gödslingsinsgrepp som här.

### Gödslingens inverkan på plantornas primärutveckling

Vid bedömning av resultatet av skogsplantering och tillhörande åtgärder är plantornas överlevelse det viktigaste kriteriet man har att arbeta med. Den mycket förenklade försöksuppläggning, som här använts, tillåter dock inga generaliserande slutledningar i detta hänseende. Avsikten har inte heller varit att studera skogsodlingsresultatet som sådant utan att studera plantornas primärutveckling efter utplanteringen.

För att erhålla en bild av gödslingsåtgärdernas inverkan på plantornas allmänna fysiologiska tillstånd har plantavgången under två tillväxtperioder undersökts pottvis. Detta förfarande möjliggjordes av det relativt stora antal plantor i den enskilda potten, i genomsnitt 4.7 ± 0.2. Härvid har antagits, att man genom olika åtgärder kan inverka på fröplantornas utveckling och överlevelse och att t.ex. en accelererad plantavgång efter utplanteringen av en dylik såddrugge innebär att en vidtagen åtgärd haft negativa verkningar. Resultatet av denna inventering har framräknats som medelvärden för vardera försöksfältet sålunda, att antalet plantor i de enskilda pottarna korrigerats med det genomsnittliga plantantalet för hela försöksmaterialet (tabell 8). Resultatet av slutinventeringen den 2. 10. 1975 har efter arcsini-trasformation testats med variansanalys, vilken utvisar synnerligen signifikanta skillnader mellan de olika behandlingarna. Medelvärdena för de olika behandlingarna har härefter underkastats Student-Neuman-Keules medelvärdestest, resultatet av denna anges i tabell 8.

Plantavgången har i samtliga fall varit avsevärd, för försöksfältet i Bromarf har plantavgången ökat redan under den första växtperioden medan avgången på försöksfäl-

Tabell 8. Genomsnittlig procentuell plantavgång under den första och den andra tillväxtperioden efter utplanteringen. Värdena är beräknade för den enskilda potten genom att väga med det genomsnittliga antalet plantor per pott.

Table 8. Mean plant mortality percentage during the first and second growing period studied. The values are calculated for each planted pot by weighting with the mean number of seedlings in each pot.

Behandling Treatment	Plantavgång, % Plant mortality,					
	5. 7. 1974	26. 7. 1974	17. 8. 1974	7. 9. 1974	8. 10. 1974	2. 10. 1975
	Bromarf					
Ref.	0	23.1±8.0	19.1±7.9	20.2±8.8	42.7±10.1	83.2± 6.7 a <sup>1)</sup>
UREA-N	55.7±7.6	81.3±6.6	58.9±9.2	66.8±8.8	53.2±10.7	79.6± 8.2 a
NO <sub>3</sub> -N	0.5±0.5	14.3±4.9	43.5±7.6	31.1±7.9	54.8±10.0	73.0± 8.7 b
NH <sub>4</sub> -N	6.0±3.1	20.0±0.9	22.7±8.4	19.4±8.3	18.1± 7.7	51.4±10.5 c
	Pojo					
Ref.	0	0	0	1.4±1.0	0	32.1± 9.1 a
UREA-N	46.0±7.5	12.7±6.0	33.0±9.0	64.3±8.4	56.0± 5.0	—
NO <sub>3</sub> -N	1.4±1.4	0.8±0.8	3.9±2.5	2.3±1.6	5.5± 4.4	73.0± 8.4 b
NH <sub>4</sub> -N	1.4±1.4	1.4±1.4	1.0±1.0	2.6±2.6	3.3± 1.8	30.7± 8.6 a

<sup>1)</sup> Värden betecknade med samma bokstav uppvisar ej statistiska skillnader (5 % risknivå).  
Values marked with corresponding letters do not deviate from each other at 5 % risk level.

tet i Pojo skett efter den sista inventeringen år 1974. Speciellt intressant är att resultaten tyder på, att kvävetillförsel och isynnerhet en ammoniumsulfattillförsel skulle ha inverkat positivt på överlevelsen på lokalen i Bromarf där kvävetillgången i marken är ringa (jfr. tabell 3). Sålunda är plantavgången under de två studerade växtperioderna i de ammoniumsulfatbehandlade pottarna 51.4 ± 10.5 % medan den för referensmaterialet är 83.2 ± 6.7 %. Skillnaden är tämligen signifikant. Samma tendens, omän mycket svagare, har erhållits med kalium-nitrattillförsel. Någon minskning i plantavgången har däremot inte kunnat erhållas genom tillförsel av urea. Den extremt stora plantavgång, som referensmaterialet i Bromarf uppvisar får förklaras med dels markens dåliga vattenhushållning och dels med den näringsfattiga jordmånen; tidigare konstaterades även, att referensplantorna på lokalen uppvisade tecken på kvävebrist.

För försöksfältet i Pojo är plantavgången klart mindre, inte heller kan några skillnader

Tabell 9. Antalet tomma planteringsgropar vid inventeringarna den 8. 10. 1974 och den 2. 10. 1975.

Table 9. Number of empty planting spots recorded in the inventories of 8. 10. 1974 and 2. 10. 1975.

Behandling Treatment	Antal tomma planteringsgropar, % Number of empty planting spots,	
	8. 10. 1974	2. 10. 1975
	Bromarf	
Ref.	35	65
UREA-N	40	70
NO <sub>3</sub> -N	35	60
NH <sub>4</sub> -N	10	40
	Pojo	
Ref.	10	25
UREA-N	75	100
NO <sub>3</sub> -N	5	50
NH <sub>4</sub> -N	0	15

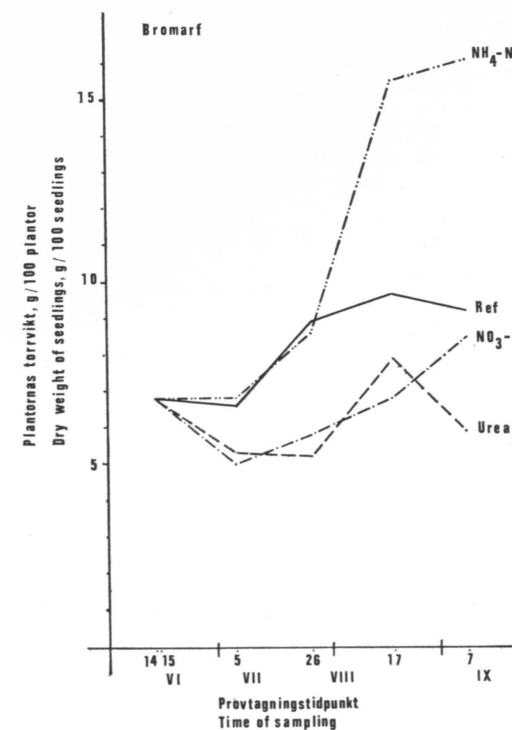


Fig. 11. De ovanjordiska plantdelarnas torrsvikt under växtperioden efter utplanteringen, Bromarf.  
Fig. 11. Dry weight of the above ground part of the seedlings during the growing period after planting, Bromarf.

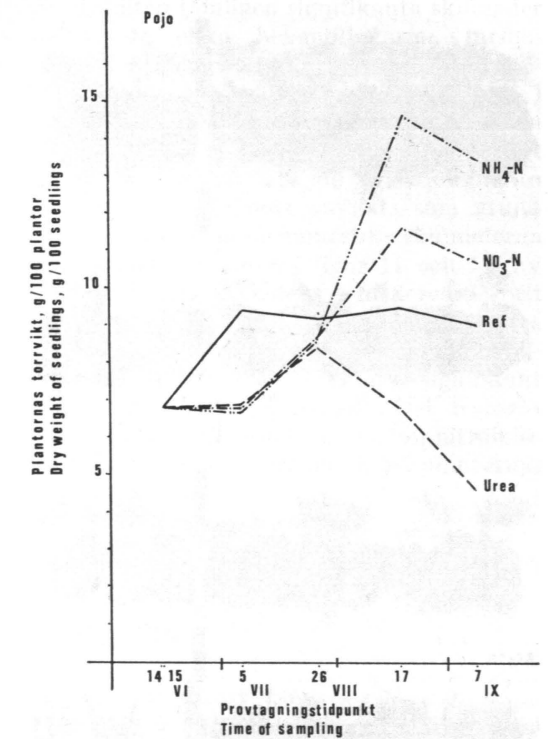


Fig. 12. De ovanjordiska plantdelarnas torrsvikt under växtperioden efter utplanteringen, Pojo.  
Fig. 12. Dry weight of the above ground part of the seedlings during the growing period after planting, Pojo.

till förmån för en kvävegödsling konstateras. Tvärtom har kaliumnitrat tillförseln resulterat i en starkt ökad plantavgång. Den fullständiga plantavgången på de ureabehandlade rutorna i Pojo beror förutom av åtgärdens negativa verkningar på omfattande sorkskador. Här kan som en intressant detalj framtas, att trots den allmänna förekomsten av sork på lokalen har sorkskador med några få undantag när konstaterats enbart på de ureabehandlade ytorna.

För att jämföra försöksresultaten med mera omfattande skogsodlingsförsök framräknades procenten tomma planteringsfläckar för vardera försöksfältet (tabell 9). Det framgår även här klart, att det föreligger skillnader mellan försökslokaler och att en ammoniumsulfattillförsel eventuellt inverkat positivt på plantornas överlevelse. De erhållna resultaten stämmer för försöksfältet i Pojo

väl överens med de resultat som återfinns i litteraturen (t.ex. CALLIN 1972, 1975, VALTANEN 1972 samt DELFIN 1974). Överlevelsen på försöksfältet i Bromarf är däremot avsevärt lägre, vilket som redan framgick får förklaras med lokalens extremt dåliga vattenhushållning samt den näringsfattiga jordmånen.

Plantornas utveckling under den första växtperioden har studerats genom att vid varje provtagning registrera den totala mängden ovanjordisk biomassa (i texten härefter biomassa). Resultatet har framräknats som medelvärden för vardera försöksfältet och anges i figur 11 och 12 som g torrsvikt/100 plantor. På grund av det begränsade antalet upprepningar får kurvorna betraktas som riktningsgivande; resultat-tolkningen försvåras vidare av att även döda plantor medtagits vid beräkningen av



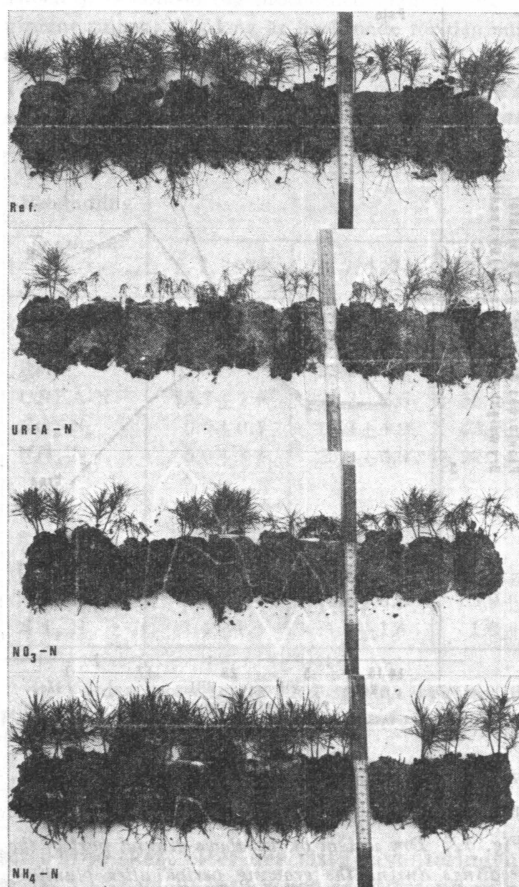


Fig. 13. Resultatet av provtagningen den 17 augusti på försöksfältet i Bromarf.

Fig. 13. Containerized seedlings lifted on the 17 of august 1974, Bromarf.

biomassan. Sålunda får det hållas för sannolikt, att den branta stegring, som referenskurvan för försöksfältet i Pojo uppvisar förorsakats av spridning i försöksmaterialet. Detsamma förhållande får antas vara orsaken till den minskning i biomassa, som kurvan för de ammoniumsulfatbehandlade plantorna på försöksfältet i Pojo uppvisar vid den sista provtagningen.

Av kurvorna i figur 11 och 12 framgår, att en näringsämnestillförsel i samband med utplanteringen resulterat i en mera eller mindre kraftig tillväxtdepression, vilken för ureatillförselns del verkar vara bestående. Detsamma gäller för nitrattillförseln på den torra lokalen i Bromarf medan biomassa-

produktionen efter ammoniumsulfattillförsel relativt snabbt återhämtat sig för att förbytas till en tillväxt, som klart överstiger den som referensplantorna uppvisar. Sålunda är de ammoniumsulfatbehandlade plantornas biomassa vid slutet av tillväxtperioden på den kvävefattiga lokalen i Bromarf 78 procentenheter större än referensplantornas biomassa. Motsvarande värde för den näringsrika lokalen är 48 procentenheter (jfr. bilderna i figur 13).

Den ökning i biomassaproduktion, som nitratkurvan för försöksfältet i Pojo tyder på samt den eventuella återhämtning, som antyds av nitratkurvan för försöksfältet i Bromarf är något förbryllande omän intressant. Studerar man plantornas längdutveckling under tillväxtsångerna 1974–75 (tabell 10) framgår det, att de nitratbehandlade plantorna inte uppvisar någon ökad längdtillväxt jämfört med referensplantorna. Tvärtom tyder tillväxtvärdena för växtsången 1975 på att de nitratbehandlade

Tabell 10. Plantornas genomsnittliga längd samt höjdtillväxt efter de två första tillväxtperioderna.  
Table 10. Mean height and height increment of the seedlings after the first two growing periods studied.

Behandling Treatment	Längd 2. 10. 1974 Height mm	Höjdtillväxt år 1975 Height increment in 1975 mm
Bromarf		
Ref.	88 ± 10.4 ab <sup>1)</sup>	53 ± 10.5 a
UREA-N	95 ± 10.5 a	54 ± 7.8 a
NO <sub>3</sub> -N	86 ± 9.1 ab	37 ± 6.1 a
NH <sub>4</sub> -N	124 ± 8.9 c	63 ± 7.4 a
Pojo		
Ref.	111 ± 4.8 ab	57 ± 4.3 a
UREA-N	—	—
NO <sub>3</sub> -N	93 ± 7.5 a	39 ± 4.0 b
NH <sub>4</sub> -N	116 ± 6.7 b	62 ± 4.0 a

<sup>1)</sup> Värden betecknade med samma bokstav uppvisar ej statistiska skillnader (5 % risknivå).

<sup>1)</sup> Values marked with corresponding letters do not deviate from each other at 5 % risk level.

plantornas skottsträckning skulle ha hämmats. Minskningen är för försöksfältet i Pojo tämligen signifikant. Den tendens till ökning av biomassaproduktionen, som kurvorna för de nitratbehandlade plantorna tyder på får förklaras med att annan tillväxt än längdtillväxten stimulerats; den ökning av askhalten, som dessa plantor uppvisar har även inverkat på biomassan då den bestämts som torrsvikt.

Vid slutinventeringen 8. 10. 1975 mättes de två längsta plantorna i varje pott. Härvid registrerades plantornas längd samt tillväxt under tillväxtsången 1975. Resultatet har framräknats som medelvärden för vardera försöksfältet och framgår av tabell 10. Vardera den totala längden samt höjdtillväxten år 1975 underkastades variansanalys. Längdutvecklingen uppvisade för vardera

försöksfälten tämligen signifikanta skillnader mellan de olika behandlingarna, medan behandlingarna endast för försöksfältet i Pojo resulterat i signifikanta skillnader i höjdtillväxt. Detta tyder på att effekten av ett dylikt gödslingsingrepp är relativt kortvarig. Genom att de två dominanta plantorna i varje pott använts som grund för denna kalkyl är de numeriska skillnaderna inte så markanta som i figur 11 och 12, av Student-Neuman-Keules medelvärdestest framgår det dock, att på den kvävefattiga lokalen i Bromarf har ammoniumsulfattillförsel resulterat i en tämligen signifikant ökning av plantornas längd. Det framgår vidare, att isynnerhet en kaliumnitrattillförsel har inverkat hämmande på plantornas längdutveckling.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- ALDHOUS, J. R. 1972. Nursery practice. For. Comm. Bull. 43. 184 s.
- ARMSON, K. A. & SADREIKA, V. 1974. Forestry tree nursery soil management and related practices. Ministry of natural resources. Ontario. 177 s.
- BENZIAN, B. 1965. Experiments on nutrition problems in forest nurseries, vol. 1. For. Comm. Bull. 37. 251 s.
- BERGAN, J. 1958. Et gjødslingsforsøk i en yngre granplantning i Troms. Summary: A fertilizing experiment in a young plantation of Norway spruce in Troms. Medd. Norske Skogforsøksv. Nr 51: 253–273.
- BJÖRCKMAN, E. 1953. Om orsakerna till granens tillväxtsvårigheter efter utplantering i nordsvensk skogsmark. Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr.: 285–316.
- » — 1954. Betydelsen av gödsling i skogsträdsplantkolor för plantornas första utveckling. Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr.: 543–566.
- CALLIN, G. 1972. Rotade plantor — överlevnad och metodutveckling. Summary: Rooted plants — survival and development of methods. Sveriges Skogsvårdsförb. Tidskr. Årg. 70: 99–121.
- » — 1975. Barrots- och krukplantor av tall — överlevnad, växt och tidsåtgång. Summary: Bare root and pot plants of Scots pine — survival, growth and time consumption. Sveriges Skogsvårdsförb. Tidskr. Årg. 73: 3–29.
- DELPHIN, G. 1974. Undersökningar av paperpotplanteringar i sydöstra Sverige. Summary: Paper pot planting in southeastern Sweden. Sveriges Skogsvårdsförb. Tidskr. Årg. 72: 541–551.
- HELMÄKI, U. I. 1967. Tables and maps of precipitation in Finland, 1931–60. Supplement to the meteorological yearbook of Finland. Vol. 66 part 2.
- HOLSTENER-JØRGENSEN, H. 1960. Eftervirkningen af planteskoleplanters ernæringsstilstand i det første kulturår. Summary: The effects of the nutritive condition of nursery-grown plants during their first year after transplantation. Det Forstlige Forsøgsv. Danmark. Bd XXVI: 371–387.
- IGNATIEFF, V. & PAGE, H. J. 1958. Efficient use of fertilizers. FAO Agricultural Studies, 43: 355 s.
- INGESTAD, T. 1962. Macro element nutrition of Pine, Spruce, and Birch seedlings in nutrient solutions. Medd. statens skogsforskningsinst. 51. 150 s.
- » — 1963. Gödslingens inverkan på skogsträdsplantors tillväxt och typ i plantskolor. Summary: Effects of fertilization on growth and type of forest tree seedlings. Skogshögskolan. Rapporter o. uppsatser 2. 27 s.
- » — 1974. Toward optimum fertilization. Ambio. 3: 49–54.
- KIVINEN, E. 1948. Suotiede. WSOY.
- KOLKKI, O. 1966. Tables and maps of temperature in Finland during 1931–60. Supplement to the meteorological yearbook of Finland. Vol. 65 part 1a.
- KORKMAN, J. 1970. Leaching of nutrients from mixed fertilizer in some Finnish soils. J. Sci. Agr. Soc. Finl. 42: 216–223.
- KYLIN, A. & QUATRANO, R. S. 1975. Metabolic and biochemical aspects of salt tolerance, in Plants in saline environments. ed. Polja-

- koff-Mayberg, A. — Gale, J. 213 s. Springer Verlag.
- LEIKOLA, M. & RIKALA, R. 1974. Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. Summary: The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soil. *Folia forestalia* 201. 19 s.
- MENDEL, K. 1968. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustaf Fisher verl. Jena. 436 s.
- MIKOLA, P. 1959. Tutkimuksia taimitarhamaasta ja sen vaikutuksesta taimien kehitykseen. Summary: Studies on soil properties and seedling growth in Finnish forest nurseries. *Comm. Inst. For. Fenn.* 49: 2: 1—73.
- OVERREIN, L. N. 1968. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil: I Nitrogen losses by leaching and volatilization after addition of urea-N. *Soil Sci.* 106: 280—290.
- PUUSTIÄRVI, V. 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. Liikekirjapaino Oy. Helsinki. 173 s.
- RAULO, J. & HINTTALA, T. 1975. Taimilajien merkittämisestä. *Metsä ja puu* 1975, 2: 23.
- SANDVIK, M. 1968. Mineralernaering og gjødsling. Produksjon av skogplanter. red. A. Rusten —L. Landmark. Nikolai Olsens Boktrykkeri—Oslo: 45—73.
- SEPPÄLÄ, K. 1971. Metsitysannoituksessa käytetyn lannoitemäärän ja levitystavan merkitys istutustaimiston alkukehitykselle ojitetuilla avosoilla. Summary: On the quantity of fertilizer and application methods used in afforestation of open bogs, *Silva Fennica*. Vol 5: 61—69.
- TAMM, C. O. 1955. Studies on forest nutrition: I. Seasonal variation in the nutrient content of conifer needles. *Medd. statens skogsforskningsinst.* Bd. 45, Nr 5. 34 s.
- » —, NILSSON, Å. & WIKLANDER, G. 1974. The optimum nutrition experiment Lisselbo. A brief description of an experiment in a young stand of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). *Inst. f. västekologi o. marklära, Skogshögskolan. Rapporter o. uppsatser* Nr. 18. 25 s.
- VALTANEN, J. 1972. Paakkutaimien käyttökelpoisuudesta metsänviljelyssä. *Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja* Nr 2. 5 s.
- WESTMAN, C. J. 1972. Typpilannoitteiden reaktiot metsämaassa. *Suo* 24: 31—36.
- » — 1974. Urealannoituksen vaikutus metsämaan kasveille käyttökelpoiseen typpimäärään. Summary: Effect of urea application on plantavailable nitrogen in forest soil. *Silva Fennica*. Vol. 8: 128—134.
- WILLIAMS, B. L. 1972. Nitrogen mineralization and organic matter decomposition in Scots pine humus. *Forestry* 45: 177—188.
- VIRO, P. J. 1966. Kangasmaan taimiston lannoitus. Summary: Manuring of young plantations. *Comm. Inst. For. Fenn.* 64.4. 30 s.

#### SUMMARY:

#### FERTILIZATION OF CONTAINERIZED SCOTS PINE SEEDLINGS WITH DIFFERENT NITROGEN FERTILIZERS

The paper describes an attempt to determine whether ammonium, nitrate and urea nitrogen are bound in peat used as a filling material in containerized seedling production, what is the effect of these nutrients on certain chemical properties of the peat, and what is the effect of these nitrogen fertilizers on the primary growth of containerized Scots pine (*Pinus silvestris*) seedlings following planting out.

The study was carried out using 11-week old containerized Scots pine seedlings planted at two sites of greatly differing site quality (Fig. 1—2 and Tables 2—3). The seedlings were fertilized, in conjunction with planting, with solutions of ammonium sulphate, potassium nitrate and urea containing amounts of pure nitrogen required to reduce the C/N ratio of the peat from 50 to 20. Samples were taken from the seedlings and the peat substrate every three weeks during the first growing season following planting. Total nitrogen, ash content, pH and electrical conductivity were

determined from the peat samples, and total nitrogen, ash content and dry weight from the seedling samples.

The results show that the nitrogen content of the peat clearly increased immediately after fertilization (Fig. 3—4). However, this increase is only of short duration since the nitrogen content of the peat in all the treatments returned to its original level or less within 6 weeks. As the weather conditions after planting had been dry (Table 4), the short duration of the fertilization effect is of particular interest and suggests that none of the fertilizers were bound to any great extent in the peat.

The effect of the different fertilizer treatments on the pH and electrical conductivity of the peat can be seen in Figures 5—7. After fertilization, extremely high values were obtained for the electrical conductivity, which would have been expected to indicate a high mortality rate. That this is not the case (Table 8) may be due to several

factors. Firstly, the method used for the analysis in which the samples were dried (105° C) and then ground ( $\phi < 2$  mm) may have given values which are too high. This does not necessarily mean, however, that the actual values would lie within the optimum range. It can be taken for granted that the rapid decreases in electrical conductivity combined with a sufficient amount of moisture in the peat have been very important for seedling survival.

The total nitrogen content of the above ground part of the seedlings were determined. It is clearly apparent (Table 5) that the addition of nitrogen fertilizer produces an increase in the total nitrogen content of the seedlings. At the end of the growing season, the nitrogen content of the fertilized seedlings growing on the poor site at Bromarf have levelled off at a slightly higher level than those of the corresponding control material. The seedling samples taken from the more fertile site at Pojo had nitrogen contents in the case of all the treatments that were of about the same level and which, with the exception of those treated with urea, showed a slight increasing trend. This may be, due to the fact that the seedlings have extended their roots through the walls of the peat containers and are now able to satisfy their nitrogen requirements from the surrounding mineral soil.

Furthermore, it appears from Figure 8 that fertilization with ammonium sulphate has produced a permanent increase in the nitrogen content of the seedlings growing on both sites. The nitrate and urea nitrogen curves indicate that these nitrogen fertilizers may be absorbed through the needles.

It can be seen from Table 6 and Figures 9—10 that fertilization with potassium nitrate in particular has greatly increased the ash content of the seedlings. The results presented in Table 7 indicate that terminal bud formation is somewhat retarded after fertilization with nitrogen and it can thus be assumed that the wintering process is also somewhat delayed.

The seedling mortality rate (Tables 8—9) for all the treatments has been quite appreciable during the two growing periods studied. However, the results do show that fertilization, particularly with ammonium sulphate, on the poorer site has had a positive effect on seedling survival. Furthermore, it appears (Figs. 11—12) that the fertilizer treatments have decreased growth after planting, but in the case of ammonium sulphate this has changed into a clear growth increment. These results are confirmed by Table 10 in which the height development of the seedlings during the two growing periods is presented.