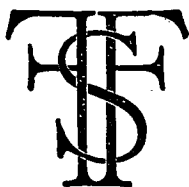


DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

THE DANISH FOREST EXPERIMENT STATION
STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE DANEMARK
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN IN DÄNEMARK

BERETNINGER UDGIVNE VED
DEN FORSTLIGE FORSØGSKOMMISSION

REPORTS — RAPPORTS — BERICHTE



BIND XXXII

HÆFTE 4

INDHOLD

PETER ESBJERG and LARS FEILBERG: Infestation Level of the European Pine Shoot Moth (*Rhyacionia buoliana* Schiff.) on Some Provenances of Lodgepole Pine (*Pinus contorta* Loud.) (Angreb af fyrrevikleren i nogle proveniensforsøg med contortafyr). S. 343—358. (Beretning nr. 254).

H. HOLSTENER-JØRGENSEN og B. GREEN: Et gødningsforsøg i en rødgrankultur i Hønning plantage. (A Fertilizing Experiment in a Plantation of Norway Spruce in the Hønning Plantation). S. 359—366. (Beretning nr. 255).

H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Et kvælstofdoseforsøg med enkelttræparceller i 68—75 årig bøg i Rude skov. (A Nitrogen-Dose Experiment on Single Tree Plots of 68—75-Year-Old Beech in the Rude Skov). S. 367—378. (Beretning nr. 256).

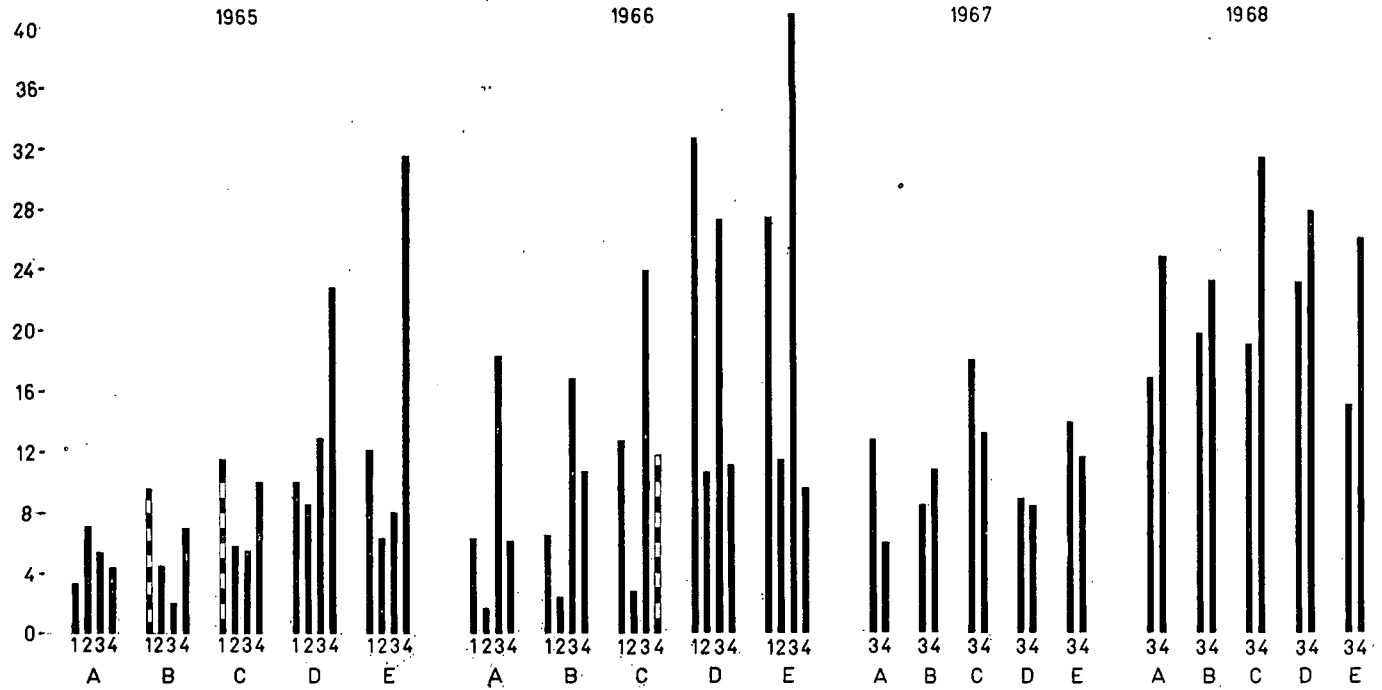
A. YDE-ANDERSEN: Rodfordærverangreb i forbindelse med skærmstilling og underplantning af bjergfyrbevoksninger. (Tree Mortality in Undercrops due to *Fomes Annosus*). S. 379—398. (Beretning nr. 257).

KØBENHAVN

TRYKT I KANDRUP & WUNSCH'S BOGTRYKKERI

1971

Pct. infestation
Angrebsprocent



**ET KVÆLSTOFDOSEFORSØG
MED ENKELTRÆ-PARCELLER
I 68-75 ÅRIG BØG
I RUDE SKOV**

**A NITROGEN-DOSE EXPERIMENT
ON SINGLE TREE PLOTS
OF 68-75-YEAR-OLD BEECH
IN THE RUDE SKOV**

AF

H. HOLSTENER-JØRGENSEN

INDLEDNING

Ved gødningsforsøg i mellemaldrende og ældre skov har man i det store og hele benyttet parceller af en sådan størrelse, at tilvækstopgørelsen har kunnet foretages med en rimelig nøjagtighed ved anvendelse af konventionelle metoder som grundfladedifferensmetoden. Træmålingseksperter har i en årrække anbefalet, at den enkelte parcel ved forsøgets afslutning bør indeholde ca. 100 stammer (personlige meddelelser på forsøgsvæsenet). Et sådant krav medfører, at man kommer til at operere med store parceller, specielt i ældre skov, og det bliver ofte vanskeligt at finde tilstrækkeligt store bevoksninger selv til forsøg med få behandlinger og et rimeligt antal gentagelser. Endvidere medfører kravet om store parceller, at man får vanskeligt ved at udvælge arealer af en ønskelig jordbundsmæssig ensartethed. Når man anvender store forsøgsarealer, antager man almindeligvis, at den del af forsøgsfejlen, som skyldes jordbundsvariationen, øges.

Man kan forestille sig at gå en anden vej for at nedbringe forsøgsfejlen og dermed øge præcisionen af de svar, man ønsker af sine forsøg. Der kan anvendes parceller, som kun omfatter et enkelt træ. Herved nedbringes parcelstørrelsen og dermed jordbundens andel i variationen til et minimum. Til gengæld får variationen i træernes tilvækstpotentiell en relativt øget indflydelse på forsøgsfejlen. Denne variation skyldes genetiske forskelle og forskelle betinget af forskellig konkurrence fra nabo-træer.

Der har i de senere år vist sig en voksende interesse for anvendelse af enkeltræ-parceller. Der skal her kun henvises til et par publikationer fra 1967 (*Jack*, 1967, og *Viro*, 1967).

Den følgende beretning handler om et kvælstofdoseforsøg i 68—75 årig bøg, hvor der er anvendt enkeltræ-parceller og en simpel opgørelsesmetode.

FORSØGSAREAL

Til forsøget er anvendt 4 afdelinger med bøg i den nordlige ende af Rude skov. Bøgebevoksningerne er anlagt af *Ulrich (Bojesen, 1905)*. Der anvendtes såning efter jordbearbejdning og kalkning, og såningen skete i perioden 1882—1889 (Se *Bojesens* oplysninger vedrørende afd. 24 a, l.c.s. 8 og afd. 25, l.c.s. 14). Terrænet er et morænebakkelandskab, og skovsyre udgør en væsentlig del af floraen i overensstemmelse med, at humustypen veksler mellem en ringe muldtype og en godartet mor.

FORSØGSANLÆGGET

Arealet blev okulært opdelt i kvadrater, som hvert indeholdt et træ. I den første „kvadrat-række“ udvalgte hvert andet træ som forsøgstræ. Det blev forsynet med målestedsmærke og et nummer. I rækken var der således mellem hvert forsøgstræ og dets naboforsøgstræ et træ som isolation. Den påfølgende „kvadrat-række“ blev sprunget over og så fremdeles. Ved denne fremgangsmåde blev samtlige mærkede og nummererede forsøgstræer fuldstændig omgivet af isolationstræer.

Efter nummereringen blev forsøgstræerne kluppede. Arealet er administrativt delt i 4 afdelinger, og i hver afdeling måltes kronediameteren for de 10 forsøgstræer, som havde de største kronediametre. På basis heraf vedtoges det, at behandlingsarealet skulle være en cirkulær parcel med træet som centrum og 4 m radius.

Forsøget omfattede 5 forsøgsled, ubehandlet og 4 forskellige kvælstofdoser. Parcellerne udlagdes systematisk således:

1. (0) = ubehandlet kontrolparcel
2. 100 kg kalksalpeter pr. ha. Det er 15.5 kg N pr. ha
3. 200 kg kalksalpeter pr. ha. Det er 31 kg N pr. ha
4. (0) = ubehandlet kontrolparcel
5. 400 kg kalksalpeter pr. ha. Det er 62 kg N pr. ha
6. 800 kg kalksalpeter pr. ha. Det er 124 kg N pr. ha.

I princippet kunne altså 1. 2. og 3. betragtes som en blok og det samme gælder 4. 5. og 6..

I forsøget indgik ialt 305 træer. Gødningen blev udbragt i byget vejr den 3. maj 1957.

Det skal endelig bemærkes, at der på hele arealet havde været et meget kraftigt oldenfald i efteråret 1956.

Målinger.

Den 20. august 1957 blev der nedskudt løvprøver fra et antal træer i tre af afdelingerne. For hver afdeling blev prøverne, der repræsenterede samme forsøgsled, slået sammen og analyseret for kvælstof. Tabel 1 viser analyseresultaterne, som tydeligt afspejler kvælstofgødsningen.

Tabel 1. Resultat af N-analyser af løvprøver udtaget den 20. august 1957.
Table 1. Results of N-analyses of leaf samples collected on 20th August, 1957.

afd. Dept.	0 %N	Ca (NO ₃) ₂ tilført pr. ha maj 1957 Ca (NO ₃) ₂ applied per ha in May, 1957			
		100 kg %N	200 kg %N	400 kg %N	800 kg %N
18	1.67	—	—	1.82	1.97
20	1.94	2.17	2.14	2.22	2.38
22	1.60	1.52	1.79	1.76	1.92

Den 25. oktober 1957 udtoges borespån i brysthøjde på udviste træer i to afdelinger, hvor der skulle tyndes i løbet af vinteren.

Den 21. november 1958 udtoges borespån på samtlige resterende træer.

Alle borespån blev målt i 1959 af forsøgsassistent *H. C. Olsen*, som også lavede en foreløbig grafisk bearbejdning. Ved målingerne benyttedes en enhed på 1/10 mm, og der målt i alt 5 år-ringe nemlig: 1958, 1957, 1956, 1955 og 1954.

Da en del borespån blev opgivet som umålelige på grund af deformationer har en kovariansanalytisk bearbejdning, der oprindeligt var planlagt, ikke kunnet gennemføres.

RESULTATER

Tabel 2 giver middelværdier af mål for de forskellige forsøgsled samt antallet af træer, som indgår i beregninger og sammenstillinger.

Det fremgår, at ialt 244 træer af de 305, som benyttedes til forsøget, er blevet målt. Fordelingen til forsøgsled er i øvrigt i

Tabel 2. Træmålingsresultater.
Table 2. Results of measurements on the trees.

Kg Ca (NO ₃) ₂ pr. ha Kg Ca (NO ₃) ₂ per ha	Antal træer Number of trees	— dg cm	Middelradiustilv.		Radiustilvæksters gen- snitlige afvigelser Average deviations of radius-increments		% Radiustilvækster udjævningslinie % radius-increment adjustment curve		Chi ² -værdier Chi ² -values	
			Mean radius -increment		1957	1958	1957	1958	1957	1958
			1957	1958	mm	mm	mm	mm		
0	80	27.5	2.00	2.20	0.000	0.000	54	54	—	—
100	42	29.6	2.42	2.57	0.010	—0.106	67	46	2.6°	(0.9)
200	39	27.6	2.32	2.44	0.254	0.193	67	65	2.5°	1.7°
400	43	27.9	2.28	2.56	0.339	0.408	79	83	10.9***	13.0***
800	40	28.3	2.51	2.63	0.339	0.270	85	67	15.4***	2.5°

°: Statistisk sikkerhed S: 95 % > S > 80 %

***: " " S: S > 99.9 %

°: Statistical certainty S:

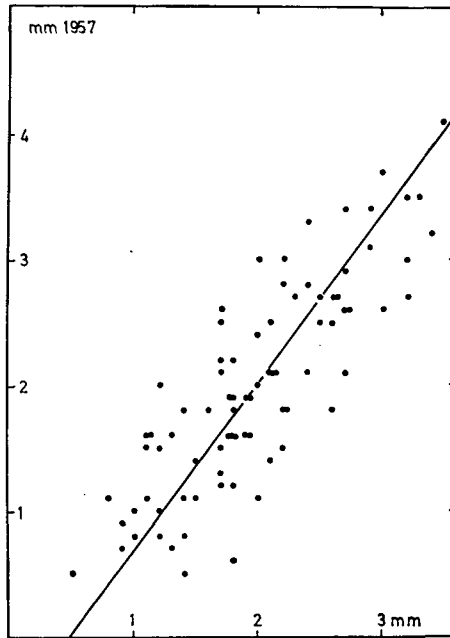


Fig. 1: Sammenhængen mellem kontrolparcel-træernes radiustilvækst i 1957 og træernes gennemsnitlige radiustilvækst i 3 års perioden forud for forsøgsanlægget. Linien er en frihåndslinie.

Fig. 1: The relation of the radius-increment of the control-plot trees in 1957 to the average radius-increment of the trees in the 3-year period preceding the establishment of the experiment. The line is a free-hand regression line.

overensstemmelse med forsøgsplanens fordeling. Der er dobbelt så mange kontrolparceller, som der er af hver enkelt af de øvrige forsøgsled.

Diameterfordelingerne for de enkelte forsøgsled er meget nærens, og diameteren i middelstamme-grundfladen er meget nær den samme for de enkelte forsøgsled (tabel 2). Det synes derfor tilladeligt at sammenligne middeldradiustilvæksterne for forsøgsleddene.

Middeldradiustilvæksterne for henholdsvis 1957 og 1958 fremgår af tabel 2. Det er ganske klart, at de gødede forsøgsled i gennemsnit har vokset bedre end kontroltræerne. Mertilvæksten er af størrelsesordenen 20 % i 1957 og lidt mindre i 1958. Derimod ses der ikke at være en klar udbyttekurve som funktion af kvælstofdosen.

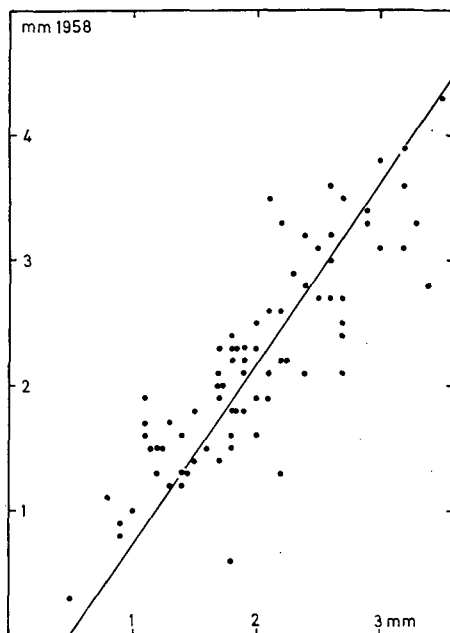


Fig. 2: Sammenhængen mellem kontrolparcel-træernes radiustilvækst i 1958 og træernes gennemsnitlige radiustilvækst i 3 års perioden forud for forsøgsanlægget. Linien er en frihåndslinie.

Fig. 2: The relation of the radius-increment of the control-plot trees in 1958 to the average radius-increment of the trees in the 3-year period preceding the establishment of the experiment. The line is a free-hand regression line.

Som bekendt er det enkelte års radiustilvækst en funktion af såvel årets vækstforhold som tilvæksten i de forudgående år (jvf. *Holmsgaard*, 1954). Der foreligger mål for radiustilvæksten for de 3 år, som ligger forud for gødsknningen. For samtlige træer er middelradiustilvæksten for de 3 år beregnet. 1957- og 1958-tilvækst for kontroltræerne er i figur 1 og figur 2 afbilledet som funktion af gennemsnitstilvæksten for den forudgående 3-årige periode, og der er indtegnet frihåndsudjævningslinier. Derefter er der med 3 års gennemsnittene som indgang fundet „udjævningsværdier“ for såvel kontroltræer som behandlede træer. Måleværdiernes afvigelse fra de udjævnede værdier er beregnet med fortegn ($x - \bar{x}$), og middeltallene af disse afvigelser er vist i tabel 2.

Såvel 1957-værdierne som 1958-værdierne viser ganske klart,

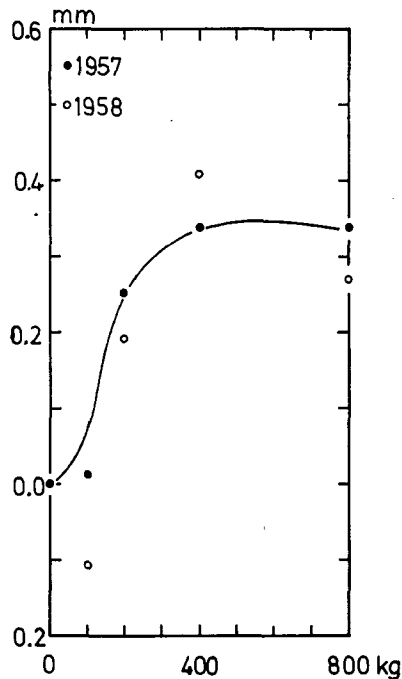


Fig. 3: Den gennemsnitlige mertilvækst på radius, i de forskellige forsøgsled. Frihåndskurven gælder for året 1957.

Fig. 3: The average excess radius-increment in each stage of the experiment. The free-hand curve applies to the year 1957.

at afvigelserne er afhængige af kvælstoftilførslen. De danner en udbyttekurve, som grafisk er vist i figur 3. Afvigelserne, som i virkeligheden er mertilvækster, forøges op til den dose, som svarer til 400 kg kalksalpeter pr. ha for derefter at forblive konstant (1957) eller måske noget aftagende (1958). Det er yderst tvivlsomt, om den lave kvælstofdose (100 kg) har ændret tilvæksten i noget af årene. Det må understreges, at der er en meget betydelig spredning i materialet.

Det er naturligt at spørge, kan man overhovedet tillægge foranstående vidnesbyrd om udslag og udbyttekurver nogen vægt, når de er baserede på middelværdier, som er behæftede med mid-delfejl af en størrelse, som der ikke er gjort rede for?

Forfatteren har villet undgå tidrøvende transformationer og regressionsanalyser, som materialet kræver, hvis en detaljeret statistisk analyse skal foretages. Et parameterfrit test kan imidlertid give oplysninger om statistisk signifikans.

Ved den omtalte beregning af afvigelserne fra udjævningslinierne i figurerne 1 og 2 får man fordelingerne af de enkelte forsøgsleds værdier omkring udjævningslinierne. Disse fordelinger er som procent vist i tabel 2. De afspejler i øvrigt også klart udbyttekurvens form.

De enkelte behandlings fordelinger kan testes mod kontroltræernes fordelinger og beregnede χ^2 -værdier er givet i tabel 2. Værdien for behandlingen 100 kg kalksalpeter i 1958 er sat i parentes, fordi fordelingen sammenlignet med kontroltræfordelingen er negativ i modsætning til alle de øvrige fordelinger.

Tabel 2's χ^2 -værdier kræver i øvrigt ikke nærmere kommentarer. De viser, at udslagene kan bakkes op med normale signifikanskriterier.

DISKUSSION

Hovedformålet med forsøget var at få belyst mulighederne for med held at anvende enkelttræ-parceller og — i dette tilfælde — en relativt simpel måleteknik. Forsøget har været en succes, for så vidt som udslag er påvist, og som det har været muligt at demonstrere eksistensen af en udbyttekurve. Det er i denne forbindelse mindre væsentligt, at den forudsete bearbejdningsteknik (kovariansanalyse) ikke har kunnet anvendes, fordi en række mål af tekniske grunde er faldet ud. Forsøget har nemlig også vist, at man må regne med en betydelig variation, når man arbejder i bøg og med relativt simple målemetoder. Det er muligt, at man kan komme længere ved at betjene sig af en mere avanceret måleteknik og bearbejdningsmetodik, som for eksempel foreslået af *Jack* (1967). Dette er imidlertid en biometrisk opgave, som retteligt bør løses af træmålingsspecialister. Det er dog tankevækkende, at det med de anførte stamtal pr. forsøgsled (39—80) er muligt, at få så meget, konkret information, som tilfældet har været.

Udbyttekurven, som er vist i beretningen, må tages med et vist forbehold, hvad angår den reelle sammenhæng mellem kvælstofdose og tilvækst. Ud fra almindelige forestillinger må man vente, at der er en betydelig nabovirkning. Nabotræerne (her først og fremmest isolationstræer) kan have rødder i det gødede areal; men de gødede træer kan også have rødder udenfor det

gødede areal. De to nævnte forhold vil forskyde udbyttekurven i modsatte retninger parallelt med abszisseaksen. Man har dog sikkert overdrevne forestillinger om betydningen af sådanne forhold, idet næringsstofoptagelsen må være afhængig af rodintensiteten, som i bevoksninger aftager stærkt, når man fjerner sig fra et træs stamme (*Holstener-Jørgensen* 1959). Problemet fortjener dog at blive undersøgt nærmere, specielt hvad angår dets kvantitative betydning.

Forsøgsassistent *H. C. Olsen* har foretaget åringmålinger og en første bearbejdning af materialet, og laborant fru *I. Nielsen* har hjulpet med den endelige bearbejdning af materialet. Jeg vil gerne her takke for hjælpen. Endvidere er jeg Hørsholm statskovdistrikt ved afdøde statsskovrider *A. Gram* tak skyldig, fordi vi kunne benytte arealerne til forsøget.

SAMMENFATNING

I en 68—75 årig bøgebevoksning i Nordsjælland anlagdes i foråret 1957 et N-doseforsøg med $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (0 — 15.5 — 31 — 62 — 124 kg N pr. ha). Der anvendtes enkeltræ-parceller.

Åringmålingsresultater er vist i tabel 2. Forsøget har vist udslag for N-tilførsel. Efter at en korrektion baseret på radiustilvæksten før forsøgsanlægget (figur 1 og figur 2) er gennemført, viser radiustilvæksterne en klar udbyttekurve (tabel 2 og figur 3).

Forsøget viser, at det er muligt at anvende enkeltræ-parceller med fordel selv i ældre bøg, hvor man må regne med en betydelig variation i radiustilvæksten fra træ til træ.

SUMMARY

In a 68—75-year-old beech stand in North Seeland a N-dose experiment with $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (0 — 15.5 — 31 — 62 — 124 kg N per ha) was established in the spring of 1957. Single tree plots were used.

Results of measurements of the annual rings are presented in Table 2. The experiment showed effects of N-fertilization. After a correction based on the radius-increment before the establishment of the experiment (Figs. 1 and 2), the radius-increment shows a clear yield-improvement curve (Table 2 and Fig. 3).

The experiment shows that it is possible to use single tree plots with advantage, even in comparatively old beech, where a considerable variation in the radius-increment of the individual trees must be anticipated.

LITTERATUR

- Bojesen, H.*, 1905: H. C. Ulrichs Bøgekulturer. Forstl. Forsøgsv. Danm., 1: 1—48.
- Holmsgaard, E.*, 1955: Åringsanalyser af danske skovtræer. (Tree-ring analyses of Danish forest trees). Forstl. Forsøgsv. Danm., 22: 1—246.
- Holstener-Jørgensen, H.*, 1958: Undersøgelser af rodsystemer hos eg, bøg og rødgran på grundvandpåvirket morænejord. Med et bidrag til belysning af bevoksningernes vandforbrug. (Investigations of root systems of oak, beech and Norway spruce on groundwater-affected moraine soils with a contribution to elucidation of evapotranspiration of stands). Forstl. Forsøgsv. Danm., 25: 225—289.
- Jack, W. H.*, 1967: Single tree sampling in even-aged plantations for survey and experimentation. XIV. IUFRO-Congress, VI: 379—403.
- Viro, P. J.*, 1967: One-tree plots in manuring mature stands. XIV. IUFRO-Congress, IV: 597—607.