

CODEN: IBBRAH (6-77) 1-20 (1977)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 6-77

DE INVLOED VAN GRONDWATERSTAND EN N,P-BEMESTING OP GROEI EN CHEMISCHE
SAMENSTELLING VAN GROVEDEN (PINUS SYLVESTRIS)

with a summary:

*The effects of groundwater table and N,P fertilizer dressings on growth
and chemical composition of Scots pine seedlings (Pinus sylvestris)*

door

K.W. SMILDE

1977

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 6-77 (1977) 20 pp.

INHOUD

Inleiding	3
Proefopzet en werkwijze	4
Resultaten	6
Bespreking	17
Samenvatting en conclusies	18
Summary and conclusions	19
Literatuur	20

INLEIDING

Verschillende opstanden van groveden in Noord-Brabant worden gekenmerkt door een lage boniteit, met name in het gebied rond Someren en Budel. Uit naaldenanalyse blijkt dat overmaat zink tot de oorzaken van de groeistoornissen moet worden gerekend. Daarnaast kan ook de zeer hoge grondwaterstand die in deze opstanden gedurende een deel van het jaar voorkomt, een rol spelen (Oldenkamp, 1967).

In potproeven met grond uit dergelijke probleemgebieden werd bij de onderzochte houtsoorten door toediening van grote hoeveelheden fosfaat, overeenkomend met 1000-1500 kg P_2O_5 /ha, een zeer sterke verbetering van de groei verkregen, gepaard gaande met een aanzienlijke daling van de metaalconcentraties in het gewas ("verdunning"), zie Smilde (1973).

De vraag doet zich voor of introductie van een grondwaterstand die het bewortelbare bodemprofiel limiteert, de reactie op fosfaat (en stikstof) zal beïnvloeden. Een ruime fosfaat(stikstof)bemesting zou het nadelige effect van een (hoge) grondwaterstand kunnen opheffen (Davis en Lucas, 1959). Anderzijds zou een hoge grondwaterstand, via de oxydatie-reductietoestand van de grond, de beschikbaarheid van metalen voor de plant kunnen beïnvloeden. In het onderstaande wordt getracht deze vragen te beantwoorden.

PROEFOPZET EN WERKWIJZE

Het onderzoek omvatte twee proeven waarin zaailingen van groveden werden geteeld in PVC buizen van 1 m lengte die gevuld waren met zandgrond afkomstig uit een slechte dennenopstand in de omgeving van Someren. De bovengrond (0-30 cm) bestond uit de gemengde A en B laag van een podsolprofiel, de ondergrond (30-100 cm) uit geel zand (C-laag). De PVC buizen stonden in grote betonnen cilindres (diameter 2 m), door een tussenschot in twee sectoren verdeeld waarvan de waterstanden afzonderlijk konden worden ingesteld. Bij de "hoge grondwaterstand" (W1) werd een peil van 35 (november-maart) tot 50 cm (maart-november) beneden maaiveld aangehouden, bij de "lage grondwaterstand" (W2) resp. 75 en 90 cm. Wegens de kans op uitspoeling van de aan de grond in de PVC buizen toegediende stikstof werden binnen de halve cilindres, met de daarin aangebrachte waterstand, alleen gelijke N-behandelingen geplaatst; een zekere strengeling van de W- en N-objecten was daardoor onvermijdelijk. Deze beperking geldt niet voor de P-objecten. Ongeveer een maand voor het planten van de dennen werd de bemesting in de bovengrond (0-15 cm) ingewerkt en de waterstand ingesteld. Alle buizen ontvingen een basisbemesting, die, omgerekend op basis van oppervlakte per hectare bedroeg: 100 kg K_2O als K_2SO_4 , 60 kg MgO als $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ en 20 kg $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. In het tweede en derde proefjaar werd een aanvullende bemesting gegeven naar 30 kg K_2O en 25 kg MgO per hectare. Details voor de afzonderlijke proeven volgen hieronder.

Proef I (Vp 913; 1968-1970)

Zeven zaailingen per buis (ϕ 35 cm; oppervlakte 9,62 dm²), geplant op 23/4/68 en geoogst op 7-8/10/70.

Bovengrond: Pw getal 6,0, volumegewicht 1,35; ondergrond: Pw getal 10, volumegewicht 1,70.

Behandelingen: 20, 100, 200 kg N/ha (als kalkammonsalpeter); 60, 300, 600 kg P_2O_5 /ha (als $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$).

Combinaties: N_1P_1 , N_1P_2 , N_1P_3 ; (N_1P_1), N_2P_1 , N_3P_1 ; N_3P_3 in 3 herhalingen.

In de cylinderhelften N_1W_1 , N_1W_2 , N_2W_1 , N_2W_2 , N_3W_1 , N_3W_2 stonden resp. 9, 9, 3, 3, 6, 6 buizen.

Aanvullende bemesting: N jaarlijks $\frac{1}{2}$, P alleen in het laatste jaar $\frac{1}{2}$ van de oorspronkelijke gift.

Proef II (Vp 1023; 1971-1973)

Eén zaailing per buis (ϕ 19 cm; oppervlakte 2,89 dm²), geplant 24/3/71 en geoogst 10-12/10/73.

Bovengrond: Pw-getal 0,5; pH-KCl 3,9; 3,9% organische stof, volumegewicht 1,32; ondergrond: Pw-getal 2,0; pH-KCl 4,2; 1,0% organische stof, volumegewicht 1,58.

Behandelingen: 100, 200 kg N/ha (als NH_4NO_3); 15, 300, 600, 900 kg P_2O_5 /ha (als $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$).

Combinaties: volledig factoriële proef (8 objecten) met 8 herhalingen. In de cylinderhelften N_1W_1 , N_1W_2 , N_2W_1 , N_2W_2 stonden aanvankelijk 32, in het laatste proefjaar, toen extra materiaal werd ingeschakeld, 16 buizen.

Aanvullende bemesting: N $\frac{1}{4}$ (tweede jaar) of $\frac{1}{2}$ (laatste jaar), P alleen in het laatste jaar $\frac{1}{3}$ van de oorspronkelijke gift.

Voor de bij het grond- en gewasonderzoek gevolgde analysemethoden wordt verwezen naar Smilde (1973).

RESULTATEN

Proef I (Vp 913)

De drogestofopbrengsten van naalden, stengels en wortels zijn vermeld in de tabellen I, II en III. Toediening van stikstof verhoogde de drogestofopbrengsten van alle plantedelen aanzienlijk, zoals ook duidelijk blijkt uit fig. 1. Fosfaat had eveneens een positieve werking, maar deze was kleiner dan van stikstof, zie fig. 2. De effecten van N en P lijken elkaar te versterken (positieve interactie) bij de hoge grondwaterstand (W_1) en te verzwakken (negatieve interactie) bij de lage grondwaterstand (W_2). De proefopzet (niet factorieel) is echter ongeschikt om dergelijke interacties nauwkeurig vast te stellen.

Bij W_2 werden hogere drogestofopbrengsten verkregen dan bij W_1 , behalve in de behandeling N_3P_3 . In de P_1 -behandelingen (N_1P_1 , N_2P_1 , N_3P_1) lijkt geen NW-interactie op te treden; in de P_3 -behandelingen (N_1P_3 , N_3P_3) daarentegen was het N-effect het grootst bij W_1 . Wat de PW-interactie betreft, in de N_1 -behandelingen (N_1P_1 , N_1P_2 , N_1P_3) was de P-reactie positief bij W_1 en W_2 (maar duidelijk groter bij W_2), in de N_3 -behandeling (N_3P_1 , N_3P_3) daarentegen alleen positief bij W_1 . De proefopzet (o.a. strengeling van W- en N-objecten) laat echter geen scherpe conclusies ten aanzien van deze interacties toe.

De concentraties van N, P, Zn, Mn, Cu, Fe en Al in naalden, stengels en wortels zijn vermeld in de tabellen I, II en III. Toediening van stikstof verhoogde de N-concentraties van naalden en wortels, maar niet van stengels, en verlaagde in het algemeen de concentraties van P en metalen. De tendenties zijn het duidelijkst voor Mn en voor de stengels.

Fosfaat had geen duidelijke invloed op de chemische samenstelling van naalden en wortels, maar verlaagde de concentratie van N en metalen in de stengels in de meeste gevallen.

Bij W_1 (hoge grondwaterstand) waren over het algemeen de Mn- en Fe-concentraties hoger, en de Zn-, Cu- en Al-concentraties van de verschillende plantedelen lager dan bij W_2 . Voor N en P werden geen duidelijke tendenties gevonden.

Wortels hadden hogere gehalten aan P, Zn, Cu, Fe en Al en een lager gehalte aan Mn dan stengels en naalden; het N-gehalte lag tussen dat van stengels en naalden.

De effecten van stikstof en fosfaat op de opname van metalen worden onvoldoende getypeerd door de metalenconcentraties alleen. Een verlaging hiervan kan zonder meer het gevolg zijn van "verdunning" bij sterke groei-reacties, zonder dat er van een *direct* effect op de opname van metalen sprake is (Smilde, 1973). Om dit te verifiëren moeten de totale hoeveelheden opgenomen metalen worden berekend. Indien bij stijgende drogestofopbrengsten en dalende metaalconcentraties toch een stijging in de accumulatie van metalen optreedt, moet de daling in de metaalconcentraties in hoofdzaak aan "verdunning" worden toegeschreven. Daalt de accumulatie van metalen daarentegen ook, dan is er (ook) sprake van een remming in de opname. De accumulatie van metalen kan worden berekend uit de tabellen I, II en III; de in totaal opgenomen hoeveelheden metalen zijn opgenomen in fig. 1 en fig. 2.

TABEL I. Naalden van grovedenzaailingen: drogestofopbrengst en concentraties aan N, P en metalen (uitgedrukt op de droge stof) bij variatie in grondwaterstand (W) en N/P-bemesting. Gemiddelden van 3 herhalingen (7 planten per buis). Proef Vp 913.

	W ₁ (35-50 cm)									W ₂ (75-90 cm)								
	N ₁ P ₁	N ₂ P ₁	N ₃ P ₁	N ₁ P ₂	N ₁ P ₃	N ₃ P ₃	N ₁ P ₁	N ₂ P ₁	N ₃ P ₁	N ₁ P ₂	N ₁ P ₃	N ₃ P ₃	N ₁ P ₁	N ₂ P ₁	N ₃ P ₁	N ₁ P ₂	N ₁ P ₃	N ₃ P ₃
Droge stof (g) [†]	50,3	103,8	150,0	62,3	62,7	167,7	80,7	144,8	191,2	83,7	104,7	169,8						
N (%)	0,77	0,79	1,02	0,86	0,72	0,98	1,04	1,06	1,14	0,98	1,02	1,10						
P (%)	0,09	0,10	0,13	0,11	0,11	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11						
Zn (ppm)	96	90	140	104	101	99	118	132	136	106	122	110						
Mn (ppm)	310	218	234	382	389	230	254	208	186	222	220	208						
Cu (ppm)	2,3	2,5	3,4	3,6	2,6	3,6	3,3	2,8	3,9	2,6	3,1	2,4						
Fe (ppm)	138	140	129	124	134	128	113	114	122	122	132	135						
Al (ppm)	304	246	274	328	303	243	364	326	322	316	314	322						

N₁, N₂, N₃ = resp. 20, 100, 200 kg N/ha; P₁, P₂, P₃ = resp. 60, 300, 600 kg P₂O₅/ha.
[†] Dry matter.

TABEL I. Needles of Scots pine seedlings: dry weights and N, P and metal concentrations (expressed on dry matter) as affected by groundwater table (W) and N/P fertilization. Means of 3 replications (7 plants per cylinder). Experiment Vp 913.

TABEL II. Stengels van grovedenzaailingen: drogestofbrengst en concentraties aan N, P en metalen (uitgedrukt op de droge stof) bij variatie in grondwaterstand (W) en N/P-bemesting. Gemiddelden van 3 herhalingen (7 planten per buis). Proef Vp 913.

	W ₁ (35-50 cm)									W ₂ (75-90 cm)								
	N ₁ P ₁	N ₂ P ₁	N ₃ P ₁	N ₁ P ₂	N ₁ P ₃	N ₂ P ₂	N ₂ P ₃	N ₃ P ₂	N ₃ P ₃	N ₁ P ₁	N ₁ P ₂	N ₁ P ₃	N ₂ P ₁	N ₂ P ₂	N ₂ P ₃	N ₃ P ₁	N ₃ P ₂	N ₃ P ₃
Droge stof [†] (g)	38,5	72,7	121,7	45,0	47,0	45,0	141,8	141,8	141,8	57,5	100,7	141,7	63,8	63,8	141,7	63,8	84,3	138,0
N (%)	0,82	0,42	0,46	0,48	0,43	0,42	0,42	0,43	0,42	0,51	0,48	0,44	0,44	0,44	0,48	0,44	0,44	0,46
P (%)	0,11	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08
Zn (ppm)	81	55	66	58	60	52	52	54	52	72	64	62	66	66	62	66	64	62
Mn (ppm)	148	90	56	96	96	54	54	54	54	80	65	45	60	60	45	60	56	58
Cu (ppm)	4,0	3,6	4,4	4,0	4,2	4,0	4,0	4,2	4,0	4,5	4,0	4,4	4,2	4,2	4,4	4,2	4,2	4,9
Fe (ppm)	214	222	175	260	258	190	190	190	190	238	238	184	220	220	184	220	192	188
Al (ppm)	331	233	224	345	312	186	186	186	186	346	283	237	316	316	237	316	265	214

N₁, N₂, N₃ = resp. 20, 100, 200 kg N/ha; P₁, P₂, P₃ = resp. 60, 300, 600 kg P₂O₅/ha.

[†] Dry matter.

TABEL II. Stems of Scots pine seedlings; dry weights and N, P and metal concentrations (expressed on dry matter) as affected by groundwater table (W) and N/P fertilization. Means of 3 replications (7 plants per cylinder). Experiment Vp 913.

TABEL III. Wortels van grovedenzaailingen: drogestofopbrengst en concentraties aan N, P en metalen (uitgedrukt op de droge stof) bij variatie in grondwaterstand (W) en N/P-bemesting. Gemiddelden van 3 herhalingen (7 planten per buis). Proef Vp 913.

	W_1 (35-50 cm)									W_2 (75-90 cm)								
	N_1P_1	N_2P_1	N_3P_1	N_1P_2	N_1P_3	N_2P_2	N_2P_3	N_3P_2	N_3P_3	N_1P_1	N_2P_1	N_3P_1	N_1P_2	N_1P_3	N_2P_2	N_2P_3	N_3P_2	N_3P_3
Droge stof [†] (g)	49,7	107,8	120,6	60,8	56,6	156,8	55,4	121,4	147,4	71,4	93,9	130,5						
N (%)	0,78	0,83	0,87	0,93	0,82	0,99	0,79	0,88	0,85	0,78	0,87	0,74						
P (%)	0,17	0,16	0,18	0,27	0,30	0,30	0,17	0,17	0,15	0,20	0,22	0,22						
Zn (ppm)	158	136	157	225	200	185	189	217	181	168	195	157						
Mn (ppm)	50	51	38	56	53	37	41	37	33	42	37	32						
Cu (ppm)	36	30	31	31	42	39	60	39	36	30	36	22						
Fe (ppm)	1927	1810	1590	1490	1420	2060	778	795	834	865	1130	604						
Al (ppm)	2950	3410	3190	4080	3000	4250	3380	3580	3680	3350	4150	3050						

N_1, N_2, N_3 = resp. 20, 100, 200 kg N/ha; P_1, P_2, P_3 = resp. 60, 300, 600 kg P_2O_5 /ha.

[†] Dry matter.

TABEL III. Roots of Scots pine seedlings: dry weights and N, P and metal concentrations (expressed on dry matter) as affected by groundwater table (W) and N/P fertilization. Means of 3 replications (7 plants per cylinder). Experiment Vp 913.

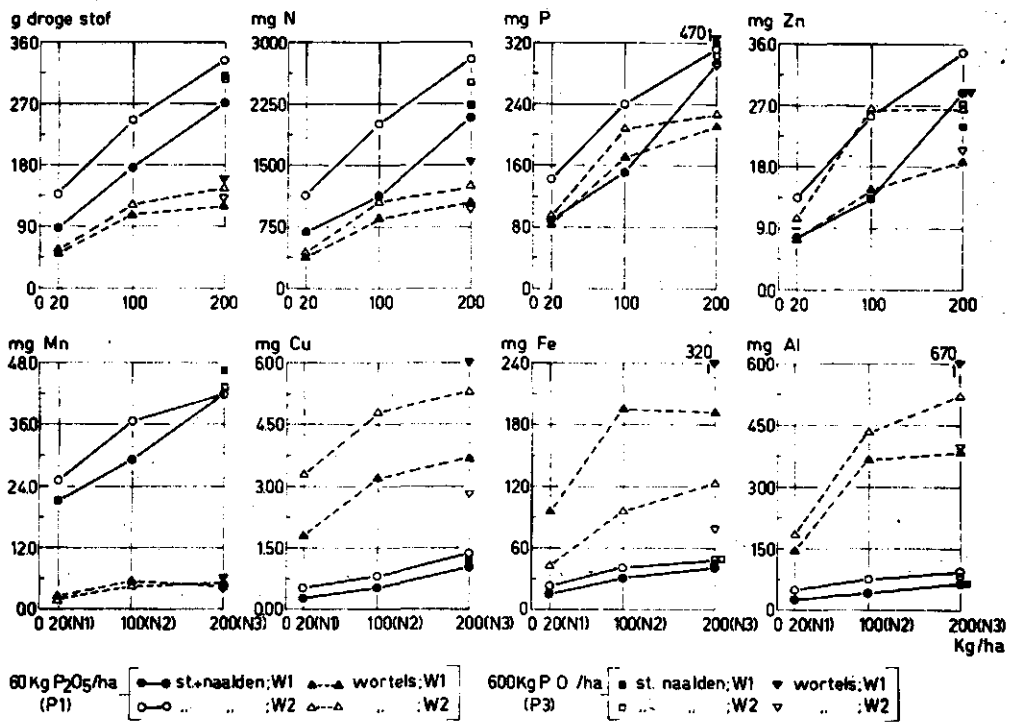


Fig. 1. Drogestofproductie en totale hoeveelheden N, P en metalen in bovengrondse delen en wortels van groveden-zaailingen, bij variatie in grondwaterstand (W₁ = 35-50 cm; W₂ = 75-90 cm) en N-bemesting. Proef Vp 913.

Fig. 1. Dry weights and total uptake of N, P and metals in tops and roots of Scots pine seedlings as affected by groundwater table depths (W₁ = 35-50 cm; W₂ = 75-90 cm) and N. Experiment Vp 913.

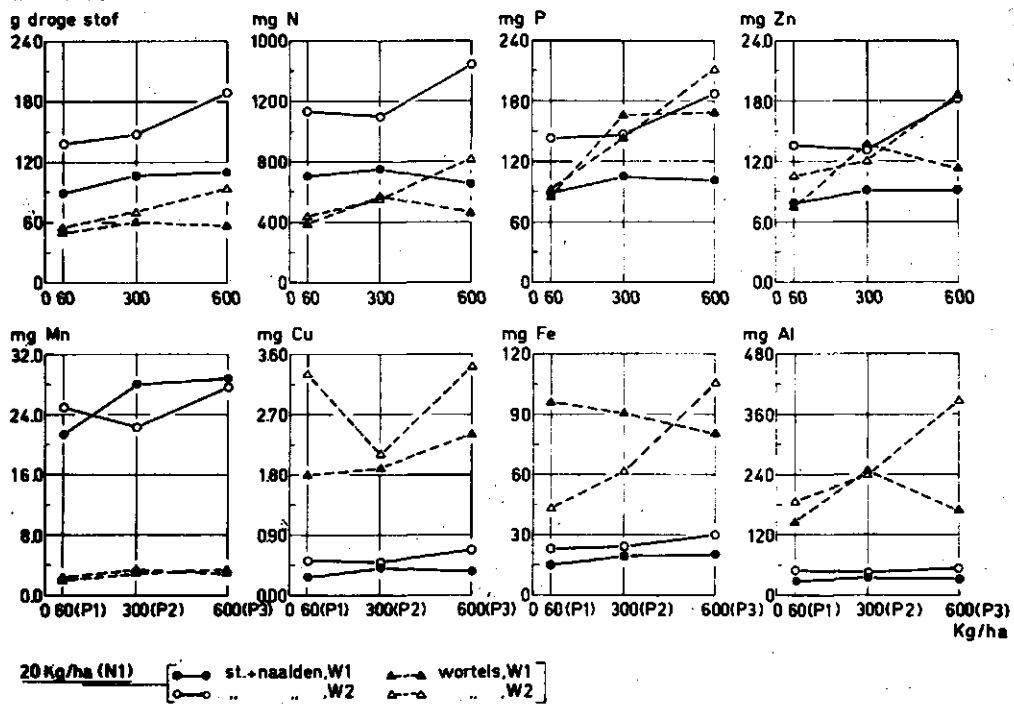


Fig. 2. Drogestofproductie en totale hoeveelheden N, P en metalen in bovengrondse delen en wortels van groveden-zaailingen, bij variatie in grondwaterstand (W₁ = 35-50 cm; W₂ = 75-90 cm) en P-bemesting (N-niveau 20 kg/ha). Proef Vp 913.

Fig. 2. Dry weights and total uptake of N, P and metals in tops and roots of Scots pine seedlings as affected by groundwater table depths (W₁ = 35-50 cm; W₂ = 75-90 cm) and P (N-level 20 kg/ha). Experiment Vp 913.

stengel = stem; naalden = needles; wortels = roots.

Volgens fig. 1 vertonen de in de bovengrondse delen in wortels geaccumuleerde hoeveelheden N, P en metalen eenzelfde (stijgend) verloop als de drogestofopbrengsten bij opklimmende stikstofgiften. Een dergelijk beeld is ook waar te nemen bij opklimmende fosfaatgiften (fig. 2), al is hier het effect duidelijk kleiner dan bij stikstof. Blijkbaar domineert het verdunningseffect, tengevolge van de sterke reactie op stikstof en in mindere mate op fosfaat, en bestaan er geen aanwijzingen voor een directe invloed (remming) van deze elementen op de opname van metalen.

Verlaging van de grondwaterstand verhoogde zowel de drogestofopbrengsten als de concentraties van Zn, Cu en Al en had dus blijkbaar een positieve invloed op de opname van deze metalen. Fe-concentratie en -accumulatie daalden daarentegen, hetgeen wijst op een negatieve invloed van verlaging van de grondwaterstand op de Fe-opname. De Mn-concentraties daalden eveneens bij verlaging van de grondwaterstand, terwijl de accumulatie deels positief (N-behandelingen bij P₁), deels negatief (P-behandelingen bij N₁ en N₃) werd beïnvloed. De opname van N en P werd verhoogd door daling van de grondwaterstand zonder dat er van een duidelijk effect op de concentraties sprake was.

Volgens de figuren 1 en 2 worden in de bovengrondse delen vooral N en Mn, in de wortels Cu, Fe en Al opgeslagen, terwijl het distributiepatroon voor P en Zn wisselend is. Deze tendenties komen in het algemeen nog duidelijker tot uiting bij hogere N-giften, zoals blijkt uit de divergentie van corresponderende curven voor bovengrondse delen en wortels in fig. 1. Ook P en Zn bleken bij opklimmende stikstofgiften preferentieel in de bovengrondse delen te accumuleren. De veranderingen in het distributiepatroon onder invloed van stijgende fosfaatgiften zijn minder duidelijk (fig. 2). Er zijn aanwijzingen voor een toenemende accumulatie van P, Zn, Cu, Fe en Al in de wortels.

Door de fosfaatbemesting steeg het Pw-getal van de bovengrond (0-30 cm) duidelijk (van 6 naar 30), maar in de ondergrond (30-60 cm) vond geen verhoging van de fosfaattoestand plaats tijdens de duur van de proef (2½ jaar). Verandering in grondwaterstand had geen effect op de fosfaattoestand (Pw-getal) in boven- en ondergrond. De resultaten van het grondonderzoek worden hier niet verder vermeld.

De proef werd herhaald om de hierboven vermelde resultaten te verifiëren. Er werd een volledig factoriële proefopzet gekozen om mogelijke interacties nauwkeuriger te kunnen vaststellen.

Proef II (Vp 1023)

Voor de droge stofopbrengsten van naalden, stengels en wortels wordt verwezen naar de tabellen IV, V en VI.

Zowel stikstof als fosfaat verhoogden de drogestofopbrengsten duidelijk (zie ook de figuren 3 en 4). Het effect was (juist) significant voor N ($\leq 5\%$ overschrijdingskans) en zeer significant voor P ($< 0,1\%$ overschrijdingskans), in alle plantedelen; bovendien bleken de effecten elkaar te versterken. De, bij elke waterstand positieve, NP-interactie bleek zeer significant vast te staan. Bij de laagste P-trap was het effect van N negatief, een uitzondering hierop vormen de naalden bij W₂.

Bij de lage grondwaterstand (W₂) werden, evenals in de eerste proef, hogere drogestofopbrengsten bereikt dan bij de hoge grondwaterstand (W₁). Het effect kon wel significant worden aangetoond voor de bovengrondse delen, maar niet voor de wortels (overschrijdingskans 7%). Hoewel de stikstofreactie bij W₁

TABEL IV. Naalden van zaailingen van groveden: drogestofbrengst en concentraties aan N, P en metalen (uitgedrukt op de droge stof) bij variatie in grondwaterstand (W) en N/P-bemesting. Gemiddelde van 8 herhalingen (= 8 buizen met 1 plant per buis). Proef Vp 1023.

	W ₁ (35-50 cm)										W ₂ (75-90 cm)									
	N ₁					N ₂					N ₁					N ₂				
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Droge stof(g) [†]	30,6	38,4	39,0	39,0	24,7	54,0	53,8	61,6	29,6	45,8	47,3	54,0	32,0	63,8	56,8	68,1				
N (%)	1,04	0,80	0,75	0,70	1,64	0,72	0,77	0,71	0,93	1,11	1,08	1,04	1,61	0,95	0,96	0,91				
P (%)	0,06	0,10	0,08	0,10	0,07	0,09	0,10	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11	0,08	0,10	0,11	0,11				
Zn (ppm)	157	166	107	121	165	114	114	122	157	108	100	85	140	97	117	107				
Mn (ppm)	758	670	730	817	804	739	680	677	627	637	552	550	530	500	667	553				
Cu (ppm)	3,9	3,2	3,1	3,3	3,9	2,6	3,2	3,2	4,3	3,8	4,4	2,8	4,5	3,8	4,1	2,7				
Fe (ppm)	159	164	154	174	136	162	157	171	138	164	160	152	163	185	175	173				
Al (ppm)	495	553	465	498	432	470	489	490	608	564	498	530	437	614	506	547				

N₁, N₂ = resp. 100, 200 kg N/ha; P₁, P₂, P₃, P₄ = resp. 15, 300, 600, 900 kg P₂O₅/ha.

[†] Dry matter.

TABEL IV. Needles of scots pine seedlings: dry weights and N, P and metal concentrations (expressed on dry matter) as affected by groundwater table (W) and N/P fertilization. Means of 8 replications (= 8 cylinders with 1 plant per cylinder). Experiment Vp 1023.

TABEL V. Stengels van zaailingen van groveden: drogestofopbrengst en concentraties aan N, P en metalen (uitgedrukt op de droge stof) bij variatie in grondwaterstand (W) en N/P-bemesting. Gemiddelden van 8 herhalingen (= 8 buizen met 1 plant per buis). Proef Vp 1023.

	W ₁ (35-50 cm)								W ₂ (75-90 cm)							
	N ₁				N ₂				N ₁				N ₂			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Droge stof(g) [†]	22,3	38,8	38,2	41,7	17,5	57,8	57,7	63,2	24,3	42,8	45,4	48,1	22,0	61,2	56,2	66,2
N (%)	0,40	0,29	0,35	0,30	0,52	0,38	0,43	0,36	0,42	0,37	0,35	0,37	0,46	0,46	0,49	0,38
P (%)	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06
Zn (ppm)	96	60	65	55	111	88	92	76	114	72	78	68	116	95	96	73
Mn (ppm)	159	139	170	147	207	169	151	101	144	135	116	137	137	150	160	126
Cu (ppm)	4,8	2,1	3,3	3,2	5,4	5,1	4,3	4,7	4,2	3,6	3,3	3,5	5,4	5,3	4,3	3,9
Fe (ppm)	248	190	169	231	257	-	-	247	127	180	142	151	194	-	-	165
Al (ppm)	335	301	280	260	390	-	440	307	355	317	239	263	382	367	460	287

N₁, N₂ = resp. 100, 200 kg N/ha; P₁, P₂, P₃, P₄ = resp. 15, 300, 600, 900 kg P₂O₅/ha.

[†] Dry matter.

TABEL V. Stems of scots pine seedlings: dry weights and N, P and metal concentrations (expressed on dry matter) as affected by groundwater table (W) and N/P fertilization. Means of 8 replications (= 8 cylinders with 1 plant per cylinder). Experiment Vp 1023.

TABEL VI. Wortels van zaailingen van groeyden; drogestofphrengst en concentraties aan N, P en metalen (uitgedrukt op de droge stof) bij variatie in grondwaterstand (W) en N/P-bemesting. Gemiddelden van 8 herhalingen (= 8 buizen met 1 plant per buis). Proef Vp 1023.

	W ₁ (35-50 cm)										W ₂ (75-90 cm)									
	N ₁					N ₂					N ₁					N ₂				
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Droge stof(g) [†]	13,8	22,4	21,7	23,2	10,6	31,3	30,5	36,2	17,8	26,0	26,3	28,6	12,9	33,7	33,5	37,7				
N (%)	0,84	0,73	0,72	0,78	1,18	1,02	0,92	0,83	0,87	0,79	0,84	0,84	1,10	0,79	0,79	0,74				
P (%)	0,09	0,16	0,20	0,22	0,11	0,16	0,20	0,26	0,15	0,15	0,19	0,18	0,25	0,11	0,12	0,15				
Zn (ppm)	175	185	170	278	268	225	223	273	214	209	243	247	218	175	169	181				
Mn (ppm)	94	76	75	76	111	71	54	55	77	58	57	66	69	47	55	53				
Cu (ppm)	25,9	27,5	25,0	31,5	38,3	39,3	34,2	22,2	44,1	37,7	41,7	37,3	34,7	17,3	24,7	20,1				
Fe (ppm)	488	883	740	706	511	534	589	633	502	617	588	556	423	336	400	368				
Al (ppm)	3000	3810	3890	4140	4390	3070	3520	3440	4420	5260	5200	5200	6250	5030	4940	4380				

N₁, N₂ = resp. 100, 200 kg N/ha; P₁, P₂, P₃, P₄ = resp. 15, 300, 600, 900 kg P₂O₅/ha.

[†] Dry matter.

TABEL VI. Roots of Scots pine seedlings: dry weights and N, P and metal concentrations (expressed on dry matter) as affected by groundwater table (W) and N/P fertilization. Means of 8 replications (= 8 cylinders with 1 plant per cylinder). Experiment Vp 1023.

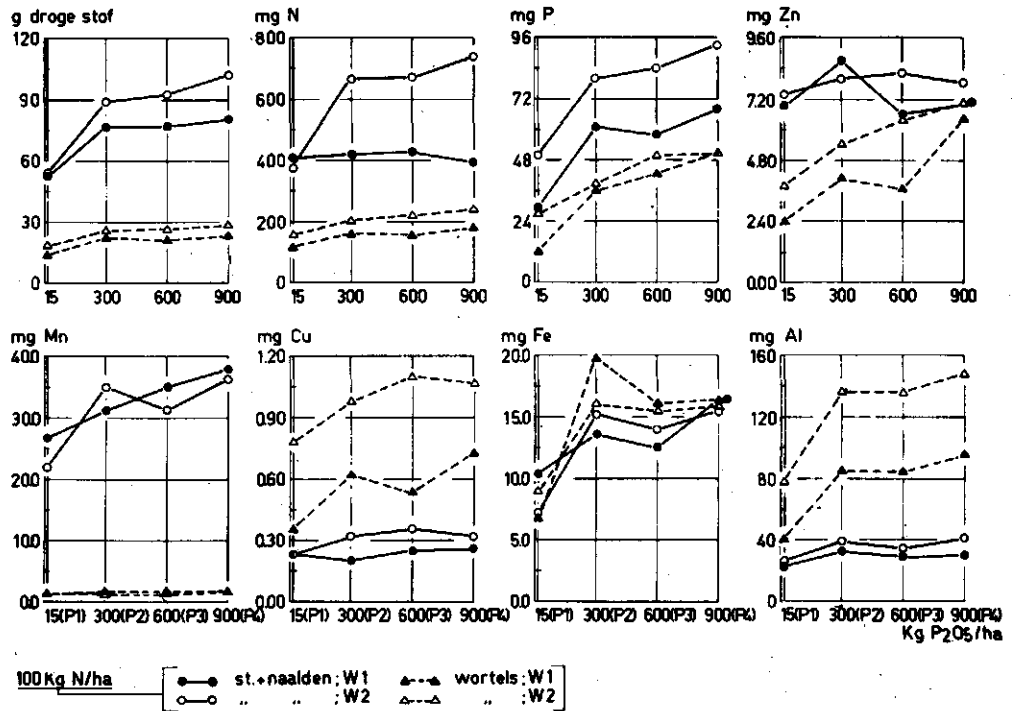


Fig. 3. Drogestofproductie en totale hoeveelheden N, P en metalen in bovengrondse delen en wortels van groveden-zaailingen, bij variatie in grondwaterstand ($W_1 = 35-50$ cm; $W_2 = 75-90$ cm) en P-bemesting (N-niveau 100 kg/ha). Proef Vp 1023.

Fig. 3. Dry weights and total uptake of N, P and metals in tops and roots of Scots pine seedlings as affected by groundwater table depths ($W_1 = 35-50$ cm; $W_2 = 75-90$ cm) and P (N-level 100 kg/ha). Experiment Vp 1023.

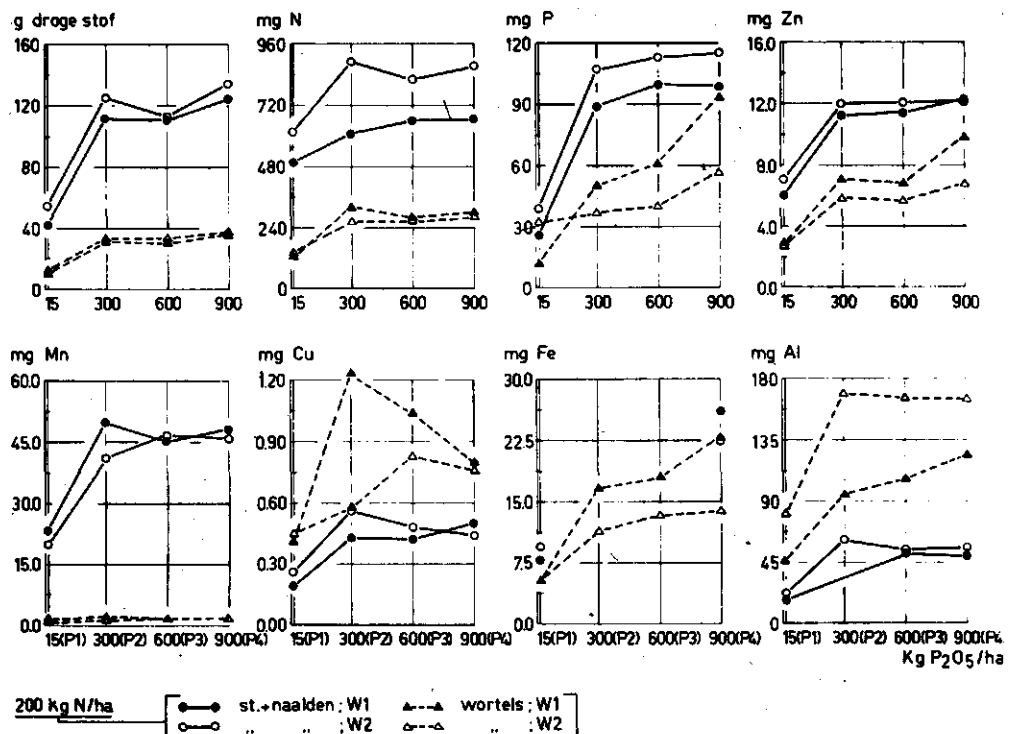


Fig. 4. Drogestofproductie en totale hoeveelheden N, P en metalen in bovengrondse delen en wortels van groveden-zaailingen, bij variatie in grondwaterstand ($W_1 = 35-50$ cm; $W_2 = 75-90$ cm) en P-bemesting (N-niveau 200 kg/ha). Proef Vp 1023.

Fig. 4. Dry weights and total uptake of N, P and metals in tops and roots of Scots pine seedlings as affected by groundwater table depths ($W_1 = 35-50$ cm; $W_2 = 75-90$ cm) and P (N-level 200 kg/ha). Experiment Vp 1023.

stengel = stem; naalden = needles; wortels = roots.

groter was dan bij W_2 , althans bij de hogere fosfaatgiften, kon geen betrouwbare NW-interactie worden aangetoond. Vermoedelijk is de proefopstelling (strengeling van W- en N-objecten) hieraan mede debet. Wel werd in de eerste proef een overeenkomstig effect gevonden. Ook de PW-interactie bleek niet betrouwbaar vast te staan. Wel lijkt de fosfaatreactie in de N_1 -varianten iets groter te zijn bij W_2 (als in de eerste proef), dit in tegenstelling tot de N_2 -varianten die bij W_1 een even grote fosfaatreactie toonden als bij W_2 . Een negatieve fosfaatwerking, zoals beschreven in de eerste proef bij W_2 (hoogste N-gift), trad niet op.

De N-, P- en metalenconcentraties in naalden, stengels en wortels zijn opgenomen in de tabellen 4, 5 en 6. Toediening van stikstof had over het algemeen een positief effect op de N-concentraties van de verschillende plantedelen, weinig of geen effect op de P-concentraties, terwijl de metaalgehalten ten dele positief (vooral bij lage P-giften), ten dele negatief (vooral bij hoge P-giften) werden beïnvloed.

Fosfaat verhoogde in het algemeen de P-concentraties en verlaagde de N-, Zn-, Cu- en Mn-concentraties van de verschillende plantedelen, terwijl de Fe- en Al-concentraties geen duidelijke tendentie vertoonden.

Over het algemeen waren de Mn- en Fe-concentraties van de verschillende plantedelen, evenals in de eerste proef, hoger bij W_1 dan bij W_2 ; dit geldt ten dele ook voor de Zn-concentraties van naalden en wortels. De N-, Cu- en Al-concentraties waren als regel hoger bij W_2 .

Het verloop van de totale hoeveelheden opgenomen N, P en metalen in bovengrondse delen en wortels, bij opklimmende fosfaatgiften en twee stikstofniveau's, is geïllustreerd in de figuren 3 en 4.

De totale accumulatie geeft een veel consistenter beeld te zien dan de concentratie van de verschillende elementen, met name bij N_2 . Bij opklimmende fosfaatgiften stegen met de drogestofopbrengsten de totale hoeveelheden opgenomen N, P en metalen in boven- en ondergrondse plantedelen. Daarbij werden bij N_2 hogere waarden bereikt dan bij N_1 ; voorzover een daling van de metaalconcentraties optrad, kan deze in hoofdzaak aan verdunning worden toegeschreven, zoals bij de resultaten van de eerste proef reeds uitvoerig is besproken.

Verlaging van de grondwaterstand bracht zowel in de drogestofopbrengsten als de concentraties van N, Cu en Al een stijging teweeg, zodat van een positief (direct) effect op de opname van deze elementen kan worden gesproken. Concentraties en accumulatie van Mn en Fe daalden daarentegen, waaruit een negatieve werking op de opname van deze metalen kan worden afgeleid, hetgeen een bevestiging is van de resultaten in de eerste proef. Een duidelijke uitspraak over het effect van de grondwaterstand op de opname van P en Zn lijkt niet gerechtvaardigd daar de concentraties een weinig consistent beeld vertonen. De accumulatie van deze elementen nam toe bij een verlaging van de grondwaterstand, althans bij N_1 , terwijl bij N_2 alleen voor de bovengrondse delen een toename werd gevonden.

Uit de figuren 3 en 4 blijkt duidelijk dat N, P, Zn en Mn in hoofdzaak accumuleren in de bovengrondse delen, en Cu, Fe en Al in de wortels. Dit distributiepatroon komt in het algemeen nog scherper tot uiting bij de hogere fosfaatgiften, behalve voor P en Zn, dat bij opklimmende fosfaatgiften in toenemende mate in de wortels accumuleerde. Blijkbaar remt fosfaat de translocatie van de onderzochte metalen, met uitzondering van Mn, van de wortels naar de bovengrondse delen. De proefopzet (2 N-niveau's) laat geen duidelijke uitspraak toe over het effect van stikstof op de verdeling van metalen in de plant.

BESPREKING

Hoewel NW-interacties niet significant konden worden aangetoond, bestaan er toch duidelijke aanwijzingen dat het effect van stikstof op de droge stofproductie het grootst is bij een hoge grondwaterstand (W_1), althans in aanwezigheid van voldoende fosfaat; anderzijds is het effect van de grondwaterstand het grootst bij een laag stikstofniveau (N_1). Hoge stikstofgiften kunnen blijkbaar het nadelige effect van een hoge grondwaterstand op de drogestofproductie nivelleren.

Volgens Ferda (1968) bracht verlaging van de grondwaterstand van 20 cm tot 60 cm minus maaiveld op een veengrond een aanmerkelijke verbetering van de groei bij zaailingen van groveden en fijnspar teweeg, waarbij zowel de N-, P- en K-gehalten als de totale hoeveelheden in de naalden belangrijk werden verhoogd. (Metaalconcentraties werden niet bepaald). Dit is in overeenstemming met de resultaten van eigen onderzoek. De bij een hoge grondwaterstand optredende daling in N-, P-, Zn-, Cu- en Al-opname en stijging in Mn- en Fe-opname is in overeenstemming met de resultaten van Lal en Taylor (1970), met uitzondering van die voor Al, bij mais geteeld in lysimeters bij een hoge grondwaterstand. De effecten worden enerzijds toegeschreven aan een verhoogde oplosbaarheid en mobiliteit van Mn, Fe en Al in de grond onder gereduceerde omstandigheden, anderzijds aan co-precipitatie van P, Zn en Cu met oplosbaar Fe en Al, terwijl N door denitrificatie en uitspoeling verloren gaat. Helaas vermelden deze auteurs alleen concentraties en niet totaal opgenomen hoeveelheden. Hoyle (1969) vond bij berk op slecht gedraineerde grond een verhoogde opname van Zn, Mn, Al, maar niet van Cu (Fe werd niet bepaald). Labanauskas et al. (1966) vermelden een stijging van de Mn- en Fe-concentraties in bovengrondse delen en wortels van citrus bij vermindering van de zuurstoftoevoer naar de wortels. Van den Burg (1976) vond bij verschillende loofhoutsoorten een verhoging van de Mn-concentratie van het blad bij verhoging van de grondwaterstand.

De waarneming dat fosfaat de opname van de metalen Zn, Mn, Cu, Fe en Al niet belemmert, maar integendeel stimuleert, daarentegen wel het transport (met uitzondering van Mn) vanuit de wortels naar de bovengrondse remt, sluit goed aan bij de resultaten van vroeger onderzoek met groveden (Smilde, 1973).

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De invloed van stikstof- en fosfaathbemesting, bij een hoge (35-50 cm minus maaiveld) en lage (75-90 cm minus maaiveld) grondwaterstand, op de groei en chemische samenstelling van groveden zaailingen werd in twee buizenproeven bestudeerd.

Zowel toediening van stikstof (NH_4NO_3) als fosfaat ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), in hoeveelheden tot resp. 200 kg N/ha en 900 kg P_2O_5 /ha, aan de gekozen (probleem)grond uit de omgeving van Someren verhoogde de drogestofopbrengsten van naalden, stengels en wortels, terwijl de effecten elkaar bovendien versterkten.

Bij de lage grondwaterstand werden hogere drogestofopbrengsten verkregen dan bij de hoge. Bovendien zijn er aanwijzingen voor een interactie met de stikstofbemesting: het effect van stikstof was het grootst bij de hoge grondwaterstand, terwijl de invloed van de grondwaterstand het duidelijkst tot uiting kwam bij een laag stikstofniveau. Duidelijke aanwijzingen voor een interactie van grondwaterstand en fosfaat werden niet gevonden.

De verhoging van de drogestofopbrengsten bij opklimmende giften stikstof en fosfaat ging in het algemeen gepaard met een daling van de metaalconcentraties, terwijl de accumulatie van metalen toenam. Dit werd door "verdunning" verklaard.

Verlaging van de grondwaterstand stimuleerde gewoonlijk de opname van N, P, Zn, Cu en Al en remde die van Mn en Fe.

Er zijn aanwijzingen dat bij opklimmende fosfaatgiften relatief meer P en metalen (met uitzondering van Mn) in de wortels wordt opgehoopt.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The effects of groundwater table and N, P fertilizer dressings on growth and chemical composition of Scots pine seedlings (*Pinus sylvestris*)

Growth and chemical composition of Scots pine seedlings grown in cylinders at water table depths of 35-50 or 75-90 cm, and given various rates of N and P fertilizer were studied.

Both N (as NH_4NO_3) and P (as $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dressings, up to 200 kg N/ha and 900 kg P_2O_5 /ha, respectively, on a podzolic Someren "problem" soil, increased dry weights of needles, stems and roots, the effects of the nutrients intensifying each other.

Highest yields were obtained at the lower water table. There was found to be some evidence for an interaction with N, the response being largest at the higher water table and the effect of water table being largest at the lower N level.

Trends in dry matter production and total uptake of metals with increasing rates of applied nitrogen and phosphate were rather similar, but metal concentrations were found to decrease. This was explained by "dilution", following the growth response to applied nutrients.

Decreasing the depth of the water table promoted N, P, Zn, Cu and Al (total) uptake, but lowered Mn and Fe absorption.

With increasing P rates more P and metals (Mn excepted) were found to accumulate in roots relative to tops.

LITERATUUR

- Burg, J. van den, 1976. Grondwaterstandproefveld "Geestmerambacht", rapport over het onderzoek in 1974. (Intern Rapp. 83.) Rijksinst.Onderz, Bos.Landschapsbouw "De Dorschkamp".
- Davis, J.F. and R.E. Lucas, 1959. Organic soils, their formation, distribution, utilization and management. Mich.Agric.Exp.Stn., Spec.Bull. 425: 156 pp.
- Ferda, J., 1968. Determination of the optimum height of the groundwater level for young plantations on boggy soils. Proc. 3rd Intern.Peat Congress, Quebec, 268-272.
- Hoyle, M.C., 1969. Variation in content of micro-elements in yellow birch foliage due to season and soil drainage. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 33, 458-459.
- Labanuskas, C.K., Letey, J., Stolzy, L.H. and Valoras, M., 1966. Effects of soil-oxygen and irrigation on the accumulation of macro- and micro-nutrients in citrus seedlings (*Citrus sinensis* var. Osbeck). Soil Sci. 101, 378-384.
- Lal, R. and Taylor, G.S., 1970. Drainage and nutrient effects in a field lysimeter study: II. Mineral uptake by corn. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 34, 245-248.
- Oldenkamp, L., 1967. Groeistoornissen groveden in Noord-Brabant. Gestenc. Verslag nr. 8, Bosbouwproefst., 14 pp. Sticht.Bosbouwproefstn. "De Dorschkamp", Gestencilde Versl. 8: 14 pp.
- Smilde, K.W., 1973. Phosphorus and micronutrient metal uptake by some tree species as affected by phosphate and lime applied to an acid sandy soil. Plant Soil 39, 131-148.