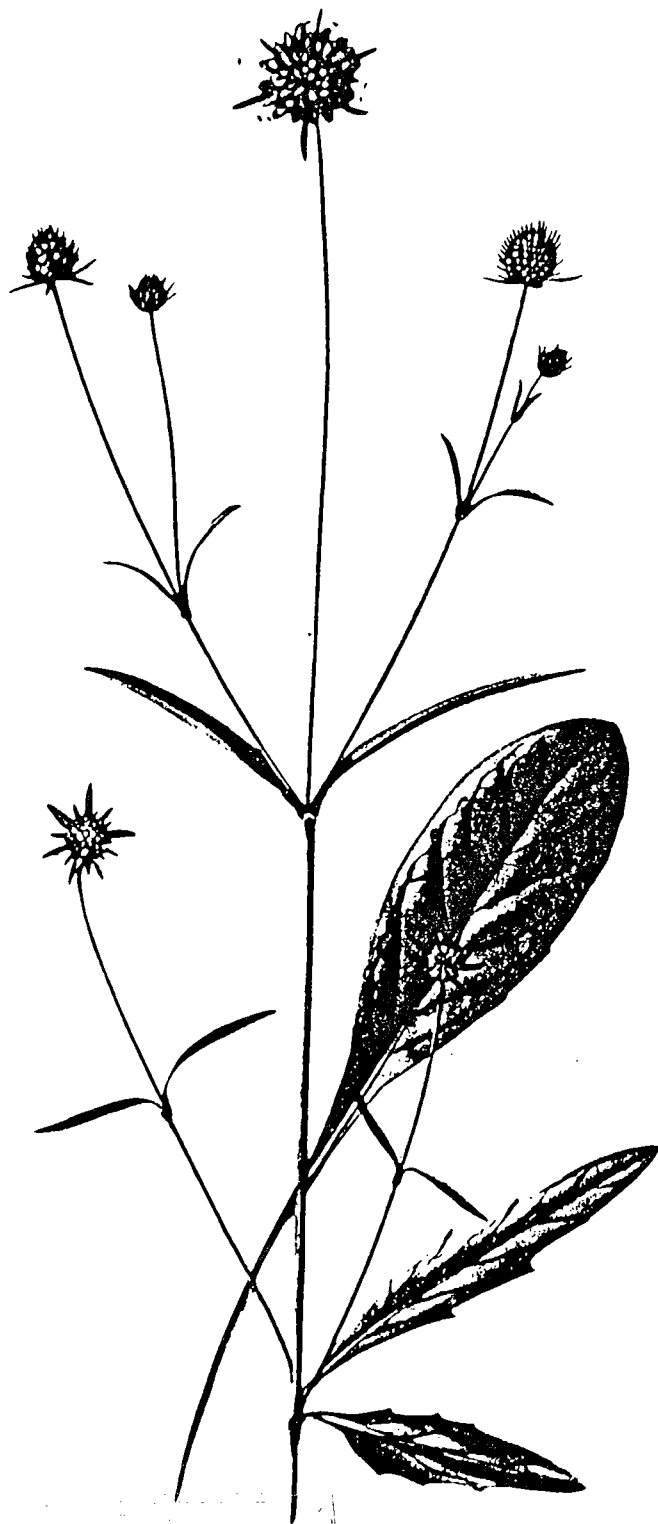


DE INVLOED VAN STIKSTOFKWALITEIT EN -KWANTITEIT
OP DE GROEI VAN SUCCISA PRATENSIS MOENCH. VAN
OECOLOGISCH VERSCHILLENDE GROEIPLAATSEN



Eeuwe Dijk

doktoraalverslag vak-
groep plantenoecologie,
R.U.G.

juni 1985

Doktoraalverslag

Vakgroep Plantenoecologie, R.U.G.

Doktoraalverslagen zijn interne rapporten, dus geen officiële publicaties.

De inhoud ervan variëert van een eenvoudige bespreking van onderzoeksresultaten tot een concluderende discussie van gegevens in wijder verband.

De conclusies, veelal slechts gesteund door kortlopend onderzoek, zijn meestal van voorlopige aard en komen voor rekening van de auteur(s).

Overname en gebruik van gegevens slechts toegestaan na overleg met auteur en/of bestuur der vakgroep.

DE INVLOED VAN STIKSTOFKWALITEIT EN -KWANTITEIT
OP DE GROEI VAN SUCCISA PRATENSIS MOENCH. VAN
OECOLOGISCH VERSCHILLENDE GROEIPLAATSEN

Eeuwe Dijk

doktoraalverslag vakgroep Plantenoecologie, R.U.G.
begeleiding: dr.D.M.Pegtel

24 juni 1985 ; Groningen/Haren

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	pag.	1
1.1	Verspreiding van <i>Succisa pratensis</i>	"	1
1.2	Samenhang van anaerobie en zuurgraad met chemische eigenschappen van de bodem	"	1
1.3	Invloed van anaerobie en lage pH op de groei van planten	"	2
1.4	Vraagstelling	"	3
2	Materiaal & methode	"	5
2.1	Populatie-keuze en voorbehandeling	"	5
2.2	Proefopzet	"	6
3	Resultaten	"	9
3.1	Direkte waarnemingen	"	9
3.2	Verloop van de kieming	"	9
3.3	Respons op stikstofkwaliteit en -kwantiteit	"	9
3.4	"Inundatie-experiment"	"	18
4	Conclusies	"	19
5	Discussie	"	20
6	Samenvatting	"	23
7	Literatuur	"	24
bijlagen:			
1	Weekgemiddelden van minimum- en maximumtemperatuur gedurende de experimenten	"	0
2-11	Opbrengsten van planten uit de Appelbergen- en de Hasselt-populatie en standaarddeviaties van de gemiddelde opbrengst	"	I e.v.
2-6	:Uitgesplitst naar percentage NO_3^- -N	"	I e.v.
7-11	:Uitgesplitst naar concentratie N-totaal	"	IV e.v.

1 - INLEIDING

.1 Verspreiding van *Succisa pratensis*

Succisa pratensis Moench. (Blauwe Knoop) komt voor in oecologisch zeer uiteenlopende milieu's. De soort komt voor in ruigtkruidengemeenschappen langs sloten en kanalen, in vochtige heiden, matig voedselrijke laagvenen, veenmosrietlanden, blauwgraslanden en jeneverbesstruwelen (Westhoff & den Held, 1975). Behalve in deze niet door zout beïnvloede milieu's komt de soort volgens Turesson (1922) in Zweden ook voor op hoge kwelders.

Deze milieu's verschillen in sterke mate in vochtvoorziening. Ook de pH van de bodem vertoont, gedeeltelijk in samenhang met de waterhuishouding en het kalkgehalte van de bodem, grote verschillen. De bodem kan variëren van uitgesproken weinig tot meer mineraal.

.2 Samenhang van anaerobie en zuurgraad met chemische eigenschappen van de bodem

Anaerobie en pH kunnen beide een grote invloed hebben op de bodemchemie. Het is waarschijnlijk dat de bodemchemische omstandigheden in de genoemde milieu's onderling sterk zullen verschillen.

Een eerste belangrijke faktor die de beschikbaarheid van vele ionen beïnvloedt is de aard van het moedermateriaal waaruit de bodem is gevormd. De concentraties van de ionen waarmee de planten uiteindelijk te maken krijgen komen echter tot stand door interactie van deze primaire beschikbaarheid met effecten van andere bodemchemische en -fysische factoren. Vooral de mate van waterverzadiging -direct gecorrelleerd met de redoxpotentiaal van de bodem- en de pH lijken hierbij van zeer groot belang (Pegtel, in prep.). Deze twee factoren hangen onderling ook samen: geïndundeerde gronden hebben n.l. een pH van \pm 5 tot 7. Dit wordt veroorzaakt door de bufferende werking van CO_2 en zouten van het redoxkoppel $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ (Armstrong, 1975; Gambrell & Patrick, 1978).

Een lage pH leidt o.a. tot een relatief hoge beschikbaarheid van aluminium-, mangaan- en ijzerionen (Fitter & Hay, 1981).

De concentraties van de laatstgenoemde twee metalen worden mede bepaald door de redoxpotentiaal van de bodem. De som van pH en redoxpotentiaal is omgekeerd evenredig aan de beschikbaarheid van deze ionen (Pegtel, in prep.).

Zowel pH als redoxpotentiaal hebben eveneens een grote invloed op de vorm waarin mineraal stikstof in de bodem aanwezig is. Bij lage redoxpotentiaal en pH ligt de verhouding tussen NO_3^- -stikstof en NH_4^+ -stikstof meer ten gunste van het laatste ion (Armstrong, 1975; Gambrell & Patrick, 1978; Fitter & Hay, 1981). Dit wordt veroorzaakt doordat in deze omstandigheden ammonificatie veelal niet wordt gevolgd door nitrificatie; nitrificatie treedt nauwelijks op bij een lage redoxpotentiaal en buiten het pH-traject van 5 tot 8 (Haynes & Goh, 1978). Doordat in anaerobe milieu's denitrificerende bacteriën NO_3^- benutten als terminale H^+ -acceptor in de ademhaling kan in overstroomde bodems NO_3^- worden gereduceerd tot gasvormig N_2 of N_2O . Tesamen met de vorming van gasvormig NH_3 uit het NH_4^+ -ion kan dit stikstofverliezen veroorzaken (Gambrell & Patrick, 1978).

.3 Invloed van anaerobie en lage pH op de groei van planten

Hoge concentraties Mn^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} en NH_4^+ die op kunnen treden bij lage redoxpotentiaal en pH, kunnen problemen opleveren voor planten die niet aan anaerobe of zure omstandigheden zijn aangepast.

Bij pH $6\frac{1}{2}$ kunnen hoge concentraties Mn^{2+} en Fe^{2+} beperkend zijn voor de plantengroei (Pegtel, in prep.). Al^{3+} kan de groei remmen van vooral kalkminnende soorten. De matig kalkminnende soort *Agrostis stolonifera* werd zelfs bij lage concentraties Al^{3+} in de groei geremd. De kalkmijdende soorten *Agrostis capillaris* (*A. tenuis*) en *A. setacea* vertoonden een groeistimulatie bij lage concentraties Al^{3+} , terwijl groeiremming pas bij hogere concentraties optrad (Fitter & Hay, 1981).

De voorkeur van planten voor stikstofvoeding in de NO_3^- -vorm dan wel in de NH_4^+ -vorm verschilt van soort tot soort. In het algemeen lijken soorten uit zure milieu's NH_4^+ te prefereren dan wel tolereren, terwijl kalkminnende soorten aan NO_3^- de voorkeur geven (Hurkens, 1978). Ook dit is echter weer afhankelijk van de pH. *Deschampsia flexuosa*, een soort uit zure milieu's, werd geremd door hoge concentraties NO_3^- bij pH 7,2 ,

maar NO_3^- -voeding bij lagere pH-waarden gaf een redelijk resultaat. *Scabiosa columbaria*, een kalkminnende soort, werd vooral bij lage pH geremd door NH_4^+ -voeding (Gigon & Rorison, 1972).

Als aanpassing aan de potentiëel toxische werking van een hoge concentratie van bepaalde ionen zijn er vier mechanismen te onderscheiden: (Fitter & Hay, 1981)

- "phenological escape"-in geval van seizoensfluctuaties kan de plant zijn levenscyclus zodanig hebben aangepast, dat hij in het meest gunstige seizoen valt;
- "exclusion"-de plant voorkomt de opname van het toxische ion;
- "ameliorisation"-het toxische ion wordt wel opgenomen, maar de schadelijke gevolgen worden geminimaliseerd door b.v. chelatie, verdunning, opslag in de vacuolen, of excretie;
- "tolerance"-het metabolisme van de plant is zodanig aangepast dat hogere concentraties van bepaalde ionen geen toxisch effect meer hebben, b.v. door veranderingen in de enzymen van de plant.

4 Vraagstelling

Uit het feit, dat *Succisa pratensis* voorkomt op vele bodemtypen onder uiteenlopende omstandigheden, mag afgeleid worden dat de edafische tolerantie van de soort als geheel zeer groot is. Het vermogen om in sterk uiteenlopende milieu's te groeien zou op twee manieren kunnen worden gerealiseerd (Bradshaw, 1965):

- 1) plasticiteit van de individuen : individuen van deze soort zouden zich actief, zonder veranderingen in het genetisch materiaal, kunnen aanpassen aan uiteenlopende milieuomstandigheden. Aangezien er geen adaptieve selectie is opgetreden, is deze aanpassing reversibel. Het vermogen tot individuele plasticiteit is echter wél genetisch bepaald.
- 2) populatie differentiatie : door disruptieve selectie zijn meerdere oecotypes ontstaan, elk aangepast aan een bepaalde combinatie van omstandigheden. Individuen, behorend tot elk oecotype, hoeven niet het vermogen te bezitten tot een grote plasticiteit. Door de vorming van oecotypes zal het vermogen van de soort als geheel om in verschillende habitats voor te komen, groter worden.

Pegtel (in prep.) vond genetische differentiatie tussen populaties van *Succisa pratensis* uit een droge heidevegetatie (Ap-

pelbergen) en van een blauwgrasland (Hasselt). Planten uit de twee populaties vertoonden een verschillende groeirespons op de concentratie van Mn^{2+} en Fe^{2+} in de aangeboden voedingsoplossingen. Het vermogen om zowel bij hogere (populatie Appelbergen) als bij lage (populatie Hasselt) concentraties Al^{3+} voor te komen lijkt echter meer door plastische reacties van de individuen te worden bepaald: differentiatie ten opzichte van dit ion kon niet worden aangetoond tussen de twee populaties. Opvallend bij deze experimenten was echter de grote variatie tussen individuen in grootte en gewicht. Deze variatie lijkt in het veld niet aanwezig te zijn.

De vraagstelling in dit onderzoek was, of er ook genetische differentiatie bestaat tussen de populaties van *Succisa pratensis* van resp. Appelbergen en Hasselt ten opzichte van de stikstofkwaliteit en -kwantiteit in de aangeboden voedingsoplossingen.

Gezien het feit, dat een groot aantal factoren de vorm en beschikbare hoeveelheid van stikstof in de bodem bepaalt, en het feit dat een groot aantal factoren de eventuele uiteindelijke toxiciteit voor de planten bepaalt, is het moeilijk om op theoretische gronden een eensluidende verwachting op te stellen voor de groeicurven van planten uit de beide populaties ten opzichte van de stikstofkwaliteit en -kwantiteit. Planten uit de Hasselt populatie zouden kunnen zijn aangepast aan een hoger stikstofaanbod. Verwacht mag worden, dat op beide groeiplaatsen stikstof in de NH_4^+ -vorm aanwezig is; in welke mate is echter vooral voor Appelbergen niet duidelijk. Afhankelijk van de mate van toxiciteit van NH_4^+ voor planten uit beide populaties, zouden planten uit Hasselt minder geremd, of meer gestimuleerd kunnen worden door hogere concentraties NH_4^+ . De verschillende pH van de groeiplaatsen zou verder een verschillend effect van hoge NH_4^+ -concentraties kunnen bewerkstelligen.

Een tweede vraagstelling was, of de grote variabiliteit die *Succisa pratensis* in cultuur tentoonspreidt, in verband kan worden gebracht met stabiliserende selectie (Bradshaw, 1965). Turesson (1922) konstateerde dit effect voor planten uit een kwelderpopulatie, maar niet voor planten uit een binnenlandse populatie. Het effect zou zich ook kunnen voordoen bij planten uit de Hasselt- en de Appelbergen-populatie.

2 - MATERIAAL & METHODE

2.1 Populatie-keuze en voorbehandeling

Als representanten van populaties van *Succisa pratensis* van droge, zure standplaatsen en van natte, minder zure werden resp. de populaties van Appelbergen (prov. Groningen) en Hasselt (prov. Overijssel) gekozen. Onderstaande tabel 1 geeft de resultaten van een oriënterend onderzoek naar enkele milieuv variabelen op de twee groeiplaatsen (intern, Lab. v. Plantenoec.).

Tabel 1 - Bodemanalyse (0-10 cm) van twee oecologisch contrasterende groeiplaatsen van *Succisa pratensis*

populatie :	Appelbergen ¹	Hasselt ²
pH _{H₂O}	4,2	5,6
pH _{KCl}	3,6	5,2
CaCO ₃ (%)	-	0,5
humus (%)	6,7	61,1
N-totaal (%)	0,2	2,0
C/N-verhouding	25	18
P-totaal (mg/100 g)	28,4	224
P _{Al} (mg/100 g)	5,3	0,01

¹ populatie van droge, zure heide

² populatie van blauwgrasland

Zaden, afkomstig van planten uit beide populaties werden gedurende minstens 10 weken gestratificeerd bij 5°C. Kieming vond plaats bij 25°C dagtemperatuur en 15°C nachttemperatuur bij een belichting van 12 uur/etmaal. Van beide populaties werd de kieming gevolgd in drie petrischalen met elk 200 zaden.

Wanneer de plantjes twee uitgevouwen cotylen en een worteltje hadden gevormd, werden ze verzameld en ter synchronisatie van de ontwikkeling geremd (bij 10°C en 12 uur/etmaal belichting). Als er voldoende kiemplantjes waren verzameld, werden ze overgebracht op gezeefde grond (2 delen bladaarde/1 deel zand). Na 22 dagen op deze grond gegroeid te hebben, werden 60 planten van elke populatie uitgezocht, die van vergelijkbare grootte waren. Deze reeks handelingen werd wekelijks herhaald, zodat elke week nieuwe individuen ter beschikking stonden.

2.2 Proefopzet

Zes plantjes uit beide populaties werden vervolgens in polyurethaan rondjes geklemd, die in een plastic plaat werden geplaatst. Deze plaat rustte op een plastic bakje van 30 x 30 cm (inhoud \pm 5,6 l) waarin de voedingsoplossingen werden gebracht. Deze voedingsoplossingen verschilden in het percentage NO_3^- -N / N-totaal (resp. 100%, 75%, 50%, 25% en 0%, waarbij het resterende percentage werd gevormd door NH_4^+ -N) en in de concentratie van de stikstof (resp. 56; 11,2; 2,24; 0,45 en 0,09 ppm N). Voor de samenstelling der oplossingen wordt verwezen naar tabel 2. De pH van de oplossingen werd op 5,5 gebracht en zonodig dagelijks bijgesteld met 0,5M H_2SO_4 en 0,5M NaOH.

Elke week werd een bepaald percentage NO_3^- -N/N-totaal gekozen, waarbij steeds twee maal zes planten in duplo werden ingezet op elke stikstof-totaal-concentratie. Aangezien deze series wekelijks werden ingezet, werkend van 100% NO_3^- -N naar 0% NO_3^- -N, zijn de waarnemingen voor deze series (zoals ze in het vervolg genoemd zullen worden) in de tijd gespreid geweest. De bakken met planten werden opgesteld volgens het "randomised complete block design" (Little & Hills, 1978).

Als planten binnen 1 week na het inzetten stierven, werd dit geweten aan mechanische beschadiging en werd de desbetreffende plant vervangen. Sterfte na 1 week werd opgevat als een reactie op de aangeboden voedingsoplossing.

Vijf weken na het inzetten op de voedingsoplossingen werden de planten geoogst, en werd het vers- en drooggewicht bepaald van spruit en wortel van iedere plant afzonderlijk bepaald. Tevens werd de standaarddeviatie van het gemiddelde van 6 planten van één populatie per bak bepaald. Hierna werd per serie de set gegevens onderworpen aan een variantie-analyse (Little & Hills, 1978), waarna de verschillen in opbrengst tussen planten uit de twee populaties, en de verschillen in opbrengst bij de verschillende concentraties N-totaal werden getoetst op significantie. Na afloop van het experiment werden vervolgens alle opbrengsten, behorend bij een bepaalde concentratie N-totaal verzameld en werd voor de tweede maal een variantie-analyse toegepast. Hierbij werd getest of er verschillen in opbrengst optraden tussen de twee populaties en/of tussen de verschillende percentages NO_3^- -N/N-totaal.

Tabel 2 - samenstelling van de gebruikte voedingsoplossingen

In alle oplossingen : 1 mM K_2HPO_4
 1 mM $MgSO_4$
 0,1 ml ijzerchelaat-opl./l voedingsopl.
 0,1 ml sporenelementenopl./l voedingsopl.

Verder in de verschillende oplossingen:

	conc. N-totaal					
NO_3^- -N/N-tot.	56 ppm	11,2ppm	2,24ppm	0,45 ppm	0,09 ppm	
100%	2,0 mM	0,4 mM	0,08 mM	0,016 mM	0,0032 mM	$Ca(NO_3)_2$
		1,6 mM	1,92 mM	1,984 mM	1,9968 mM	$CaSO_4$
75%	1,5 mM	0,3 mM	0,06 mM	0,012 mM	0,0024 mM	$Ca(NO_3)_2$
	0,5 mM	0,1 mM	0,02 mM	0,004 mM	0,0008 mM	$(NH_4)_2SO_4$
	0,5 mM	1,7 mM	1,94 mM	1,988 mM	1,9976 mM	$CaSO_4$
50%	1,0 mM	0,2 mM	0,04 mM	0,008 mM	0,0016 mM	$Ca(NO_3)_2$
	1,0 mM	0,2 mM	0,04 mM	0,008 mM	0,0016 mM	$(NH_4)_2SO_4$
	1,0 mM	1,8 mM	1,96 mM	1,992 mM	1,9984 mM	$CaSO_4$
25%	0,5 mM	0,1 mM	0,02 mM	0,004 mM	0,0008 mM	$Ca(NO_3)_2$
	1,5 mM	0,3 mM	0,06 mM	0,012 mM	0,0024 mM	$(NH_4)_2SO_4$
	1,5 mM	1,9 mM	1,98 mM	1,996 mM	1,9992 mM	$CaSO_4$
0%	2,0 mM	0,4 mM	0,08 mM	0,016 mM	0,0032 mM	$(NH_4)_2SO_4$
	2,0 mM	2,0 mM	2,00 mM	2,000 mM	2,0000 mM	$CaSO_4$

concentratie Ca^{2+} konstant op 2 mM
 concentratie K^+ konstant op 2 mM
 concentratie PO_4^{3-} konstant op 1 mM
 concentratie Mg^{2+} konstant op 1 mM
 concentratie NO_3^- variëert
 concentratie NH_4^+ variëert
 concentratie SO_4^{2-} variëert

De variantie-analyses werden uitgevoerd op het totale drooggewicht van steeds 6 planten van één populatie, afkomstig van een bepaalde bak. Verschillen in opbrengst werden getoetst d.m.v. een F-test (niveau 0,05) en d.m.v. berekening van de "least significant difference" (LSD; eveneens op niveau 0,05). Verschillen werden slechts dan significant verklaard, als beide methoden een significant verschil aangaven, wat niet persé gelijktijdig het geval hoeft te zijn (Snedecor & Cochran, 1967). In het geval van significante verschillen werd nagegaan, of dit veroorzaakt werd door verschillen in wortel- dan wel spruitgewicht.

Behalve dit experiment werd nog een klein, tweede experiment uitgevoerd (het "inundatie-experiment") om na te gaan, of planten uit de Hasselt-populatie een significant hogere drooggewicht hebben in geïnundeerde toestand dan planten uit de Appelbergen-populatie. Vijf planten van 22 dagen oud, uit zaad verkregen van planten uit beide populaties, werden opgepot in kleine emmertjes (2 delen bladaarde/1 deel zand). De versgewichten van de planten bij de aanvang van de proef verschilden niet significant tussen beide populaties. De planten werden dagelijks zodanig begoten, dat het water net boven de grond kwam te staan. Na 24 dagen werden de planten geoogst en werden vers- en drooggewicht van wortel en spruit bepaald. Verschillen in opbrengst werden getoetst d.m.v. een t-toets.

Beide experimenten vonden plaats in de kas; de temperatuur tijdens de proeven is niet geheel konstant geweest onder invloed van de seizoenswisseling. Temperaturen kunnen aanmerkelijk hoger hebben gelegen in de eindfase van het experiment dan in de beginfase daarvan. Voor een overzicht van de weekgemiddelden van minimum- en maximum-temperatuur wordt verwezen naar bijlage 1.

3 - RESULTATEN

3.1 Direkte waarnemingen

Afhankelijk van het percentage NO_3^- -N/N-totaal van de voedingsoplossingen vertoonde de pH daarvan een tendens tot verandering. Terwijl bij 100% NO_3^- -voeding de pH in grote lijnen rond de uitgangswaarde schommelde, daalde deze bij volledige NH_4^+ -voeding bijzonder snel.

Planten uit beide populaties vertoonden bij N-totaal-concentraties van 0,45 en 0,09 ppm N rode tot gelige bladverkleuringen; dit onafhankelijk van het percentage NO_3^- van de aangeboden stikstof. Tekenen die op NH_4^+ -toxiciteit zouden kunnen wijzen (lichtgroene verkleuringen, zie bv. de Vries, 1982) werden niet waargenomen. In enkele gevallen stierven planten met verkleuringen geheel af.

3.2 Verloop van de kieming

Het verloop van de kieming in drie petrischalen à 200 zaden staat voor de populaties Appelbergen en Hasselt resp. gegeven in fig. 1a en 1b. De kieming van zaden uit de Appelbergen-populatie verloopt iets sneller dan die van zaden van de Hasselt-populatie; de kieming begint ook iets eerder. Een kiemingspercentage van 25% wordt voor de Appelbergen-populatie bereikt bij ong. 2 à 4 dagen, en voor zaden van de Hasselt-populatie bij 4 à 6 dagen. Vijftig procent van de zaden van Appelbergen is gekiemd na 4 tot 6 dagen; voor de Hasselt-populatie geldt dat na 6 à 8 dagen. Uiteindelijk komen, onder de gegeven omstandigheden, de kiemingspercentages van beide populaties rond de 70% te liggen.

3 Respons op stikstofkwaliteit en -kwantiteit

In de figuren 2 t/m 6 zijn de responscurven voor planten uit beide populaties gegeven t.o.v. de totale concentratie stikstof in het medium. Deze curven zijn afzonderlijk gegeven voor elk van de series met een nitraataandeel in de totale stikstof van 100% t/m 0%. In bijlage 2 t/m 6 zijn de bijbehorende drooggewichten van de planten uit beide populaties vermeld.

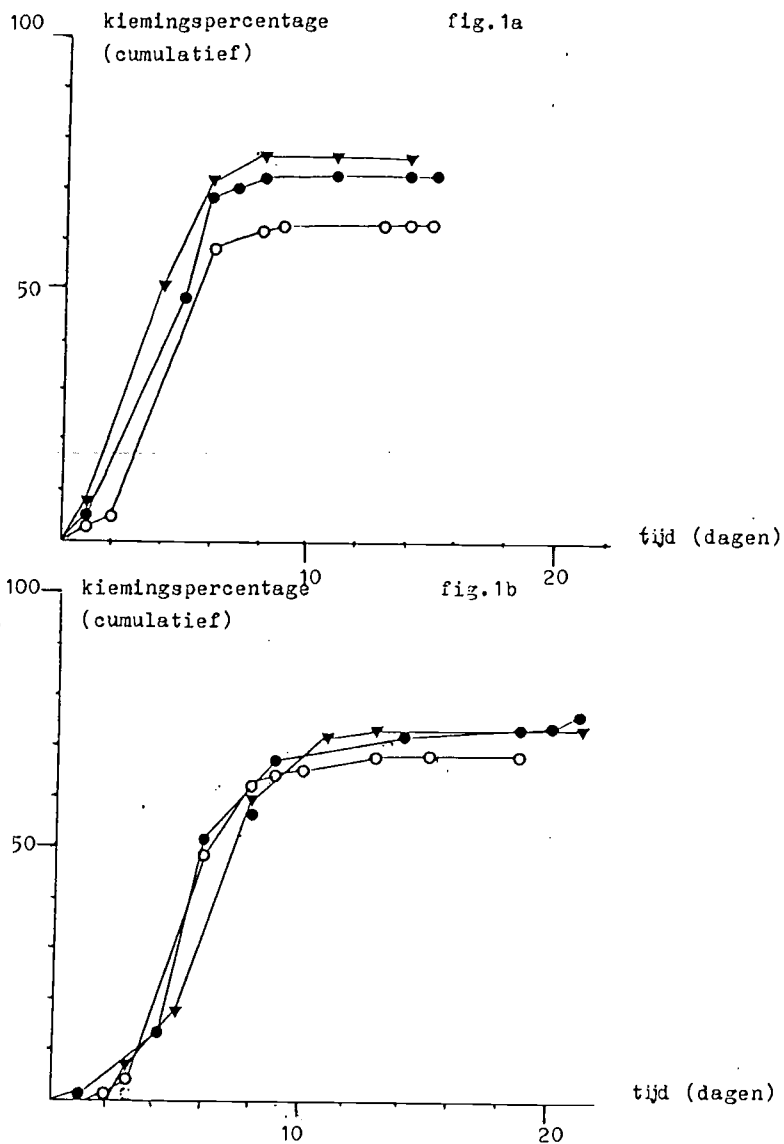


Fig. 1 - Cumulatieve kiemingspercentages als functie van de tijd voor zaden van de populatie Appelbergen (fig. 1a) en van de populatie Hasselt (fig. 1b). De verschillende symbolen geven de drie schalen (à 200 zaden) aan.

Planten uit de Hasselt-populatie hadden een significant hogere ($P < 0,05$) opbrengst als reactie op de volgende oplossingen: 50% NO_3^- -N, 11,2 ppm; 25% NO_3^- -N, 2,24 ppm; 0% NO_3^- -N, 56 ppm. Bij 0% NO_3^- -N, 11,2 ppm hadden planten uit de Appelbergen-populatie een significant hogere opbrengst dan planten uit de Hasselt-populatie. Significante verschillen treden niet op bij de concentraties totaal N van 0,45 en 0,09 ppm. De opbrengst is dan laag voor planten uit beide populaties.

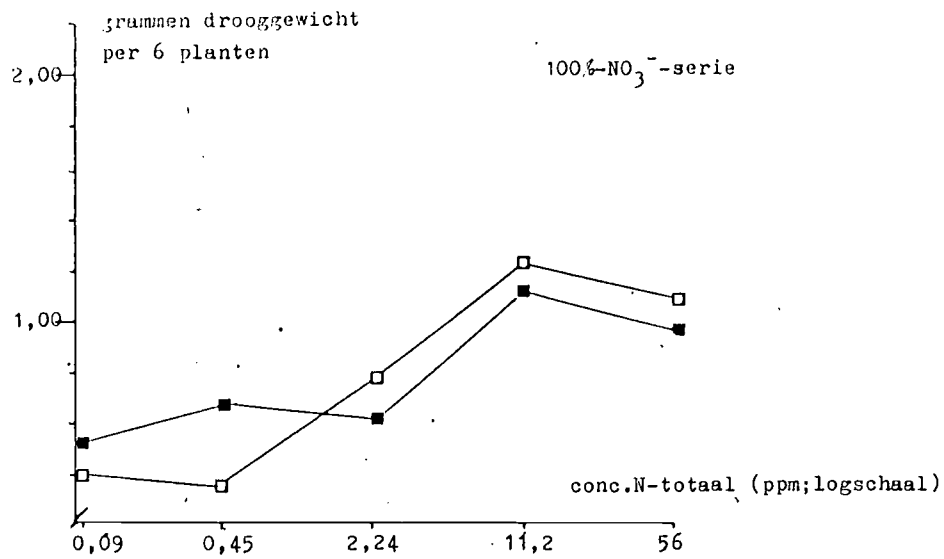


Fig.2 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van de concentratie N-totaal (ppm); LSD=1,38. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt

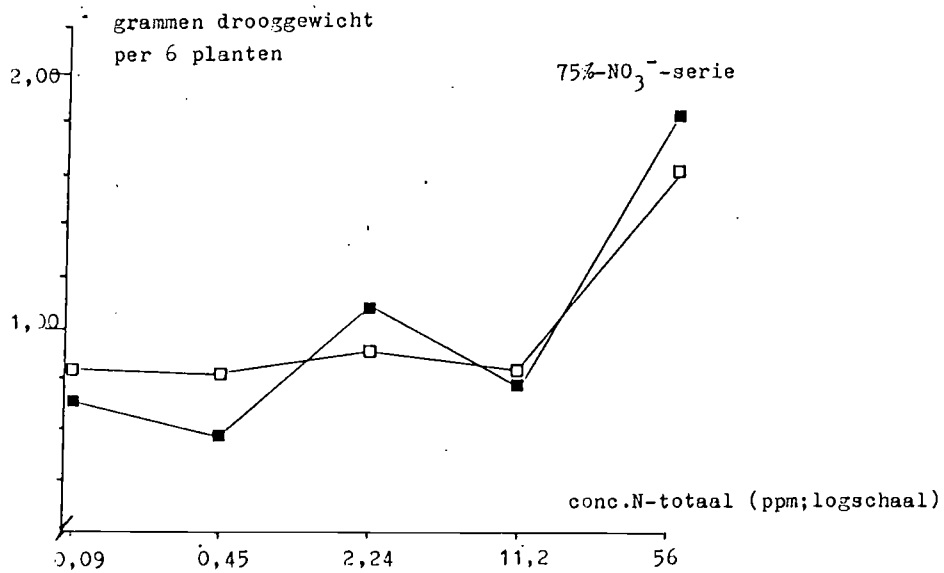


Fig.3 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van de concentratie N-totaal (ppm); LSD=1,01. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

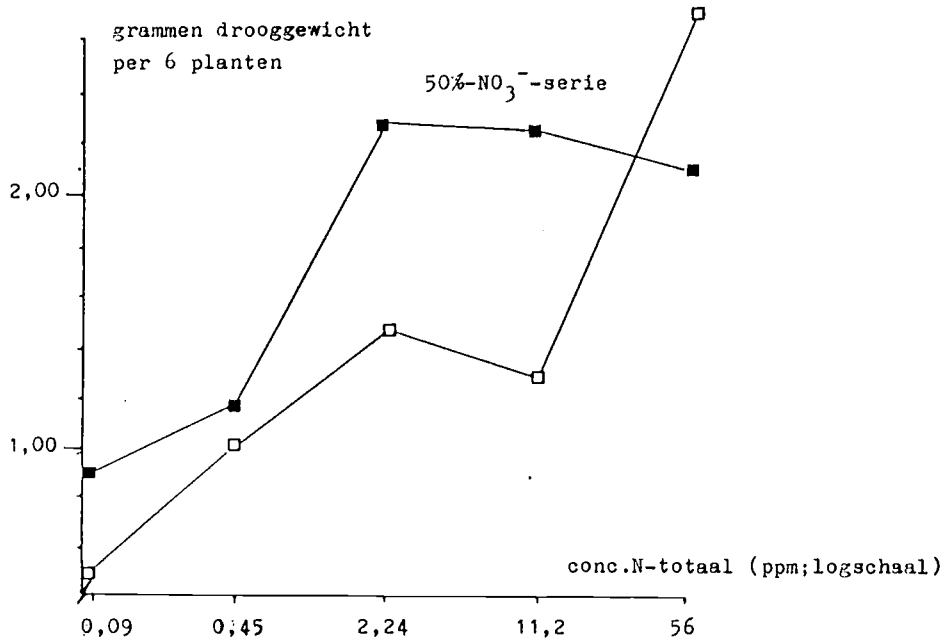


Fig.4 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van de concentratie N-totaal (ppm); LSD=0,82. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

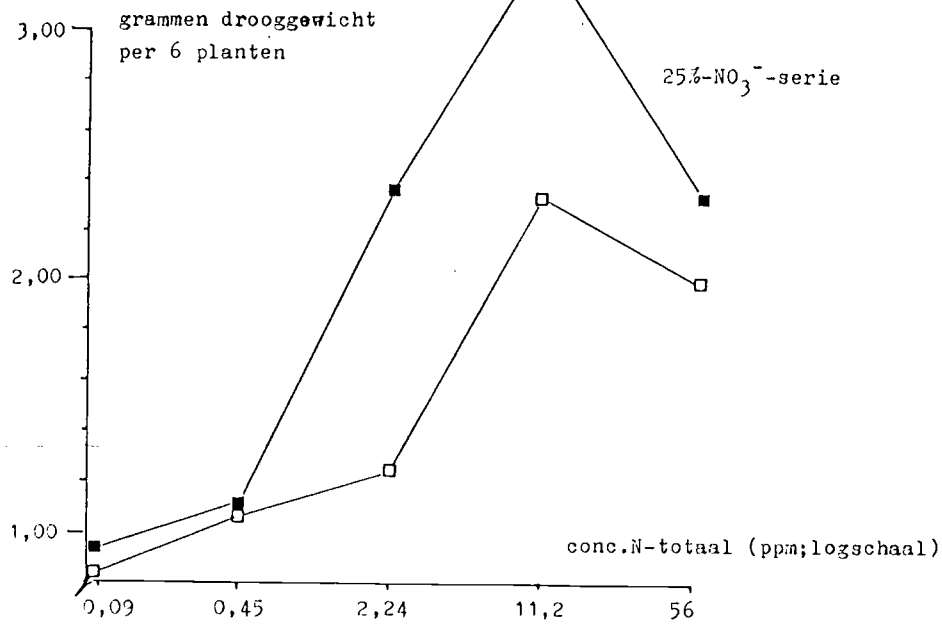


Fig.5 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van de concentratie N-totaal (ppm); LSD=0,64. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

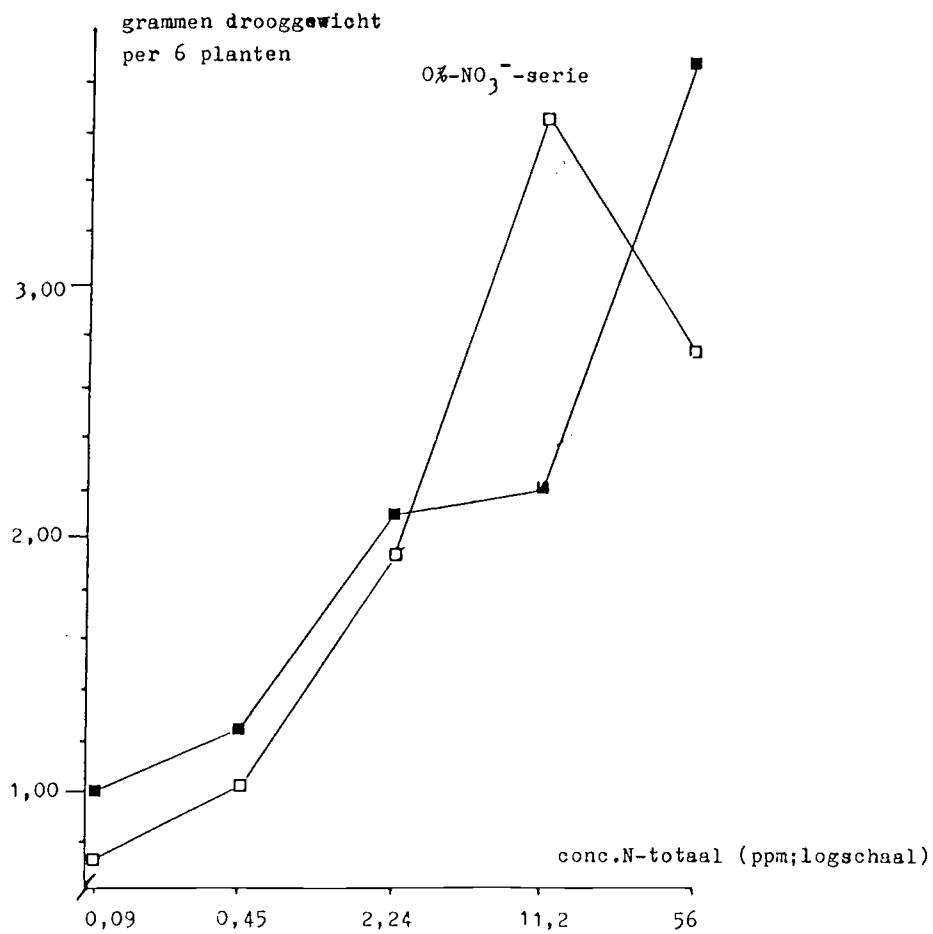


Fig.6 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van de concentratie N-totaal (ppm); LSD=1,04. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

De gemiddelde respons (over alle series, dus met een wisselend percentage NO_3^- -N/N-totaal) op de concentratie N-totaal in het medium is grafisch voorgesteld in fig.7. Significante verschillen in opbrengst als reactie op de aangeboden concentratie stikstof doen zich niet voor tussen beide populaties, althans niet op het getoetste traject. De opbrengst neemt toe met toenemende stikstofgift, zonder binnen dit traject een optimum te bereiken.

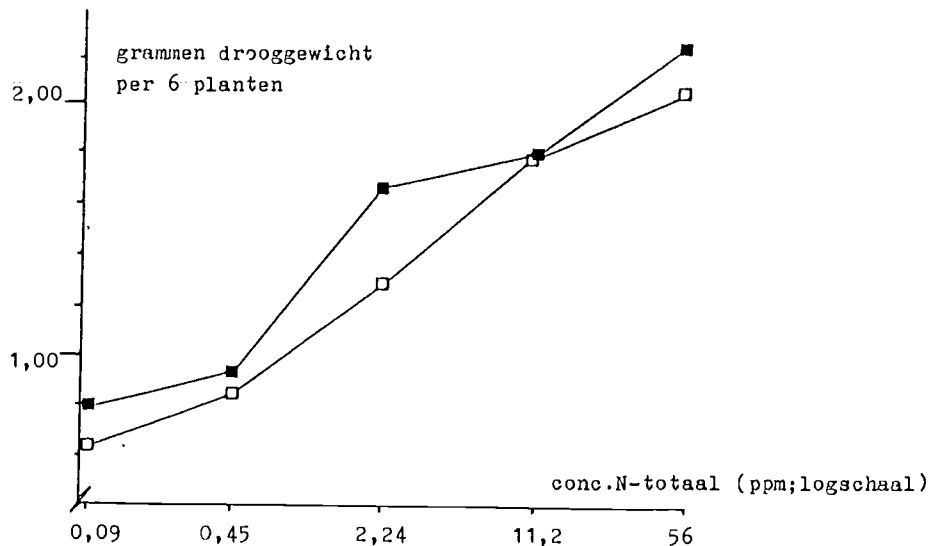


Fig.7 - Gemiddelde opbrengst over alle series (g;n=10) als functie van de concentratie N-totaal (ppm); LSD=0,63. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

In fig.8 is het verloop van de standaarddeviatie van steeds 6 planten uit één bak (gemiddeld voor alle series) uitgezet tegen de concentratie N-totaal in de aangeboden voedingsoplossingen. Voor beide populaties geldt, dat de standaarddeviatie van het gemiddelde gemiddeld afneemt met afnemende stikstofconcentratie; ze neemt dus ook af met afnemend drooggewicht van de planten (zie fig.7).

De relatieve variatie, gecorrigeerd voor het drooggewicht van de planten, vertoont voor planten uit beide populaties een optimum bij 0,45 ppm N.

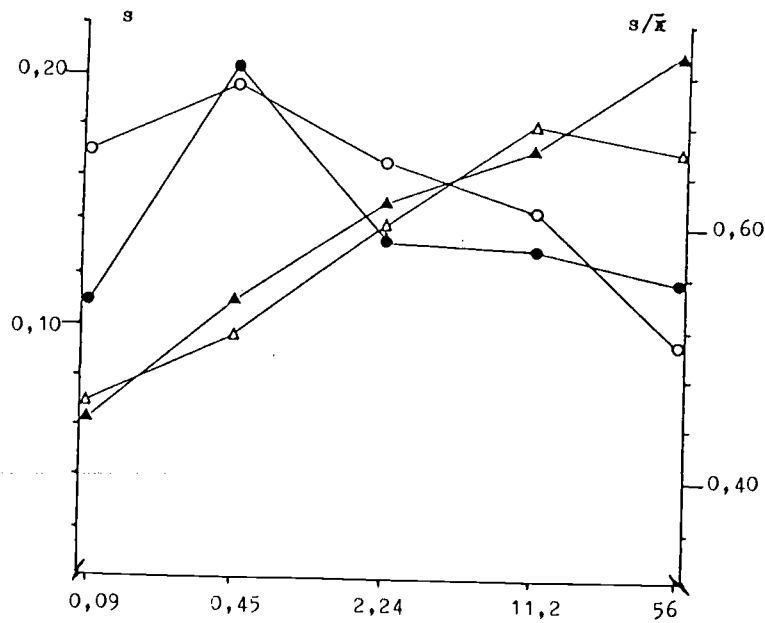


Fig.8 - Standaarddeviatie (s; Δ) en relatieve variatie (s/\bar{x} ; \bullet) van de gemiddelde opbrengst als functie van de concentratie N-totaal (ppm). Δ : populatie Appelbergen; \bullet : populatie Hasselt.

De figuren 9 t/m 13 geven de responscurven voor planten uit resp. de Appelbergen- en de Hasselt-populatie ten opzichte van het percentage NO_3^- -N/N-totaal van de aangeboden voedingsoplossingen. Deze curven zijn afzonderlijk opgesteld voor de verschillende N-totaal-concentraties van 56 ppm N t/m 0,09 ppm N. Planten uit de Hasselt-populatie hadden een significant hogere opbrengst bij 11,2 ppm N, 50% NO_3^- -N; en 2,24 ppm N, 25% NO_3^- -N. Planten uit de Appelbergen-populatie hadden een significant hogere opbrengst bij 11,2 ppm N, 0% NO_3^- -N. Significante verschillen traden niet op bij voedingsoplossingen met een NO_3^- -N/N-totaal-percentage van 100 of 75%; de opbrengsten waren dan voor beide populaties laag. De opbrengsten, behorend bij deze responscurven staan getabelleerd in bijlage 7 t/m 11.

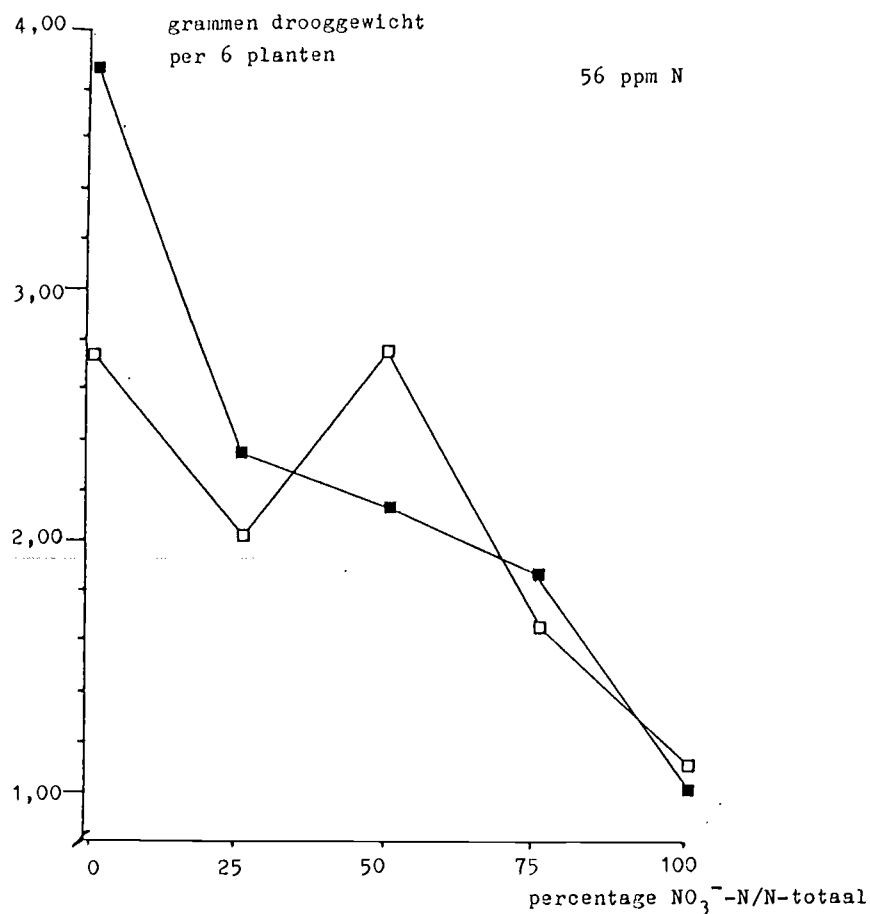


Fig.9 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van het percentage $\text{NO}_3^- \text{-N/N-totaal}$ in de aangeboden voedingsoplossing; LSD=1,38. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

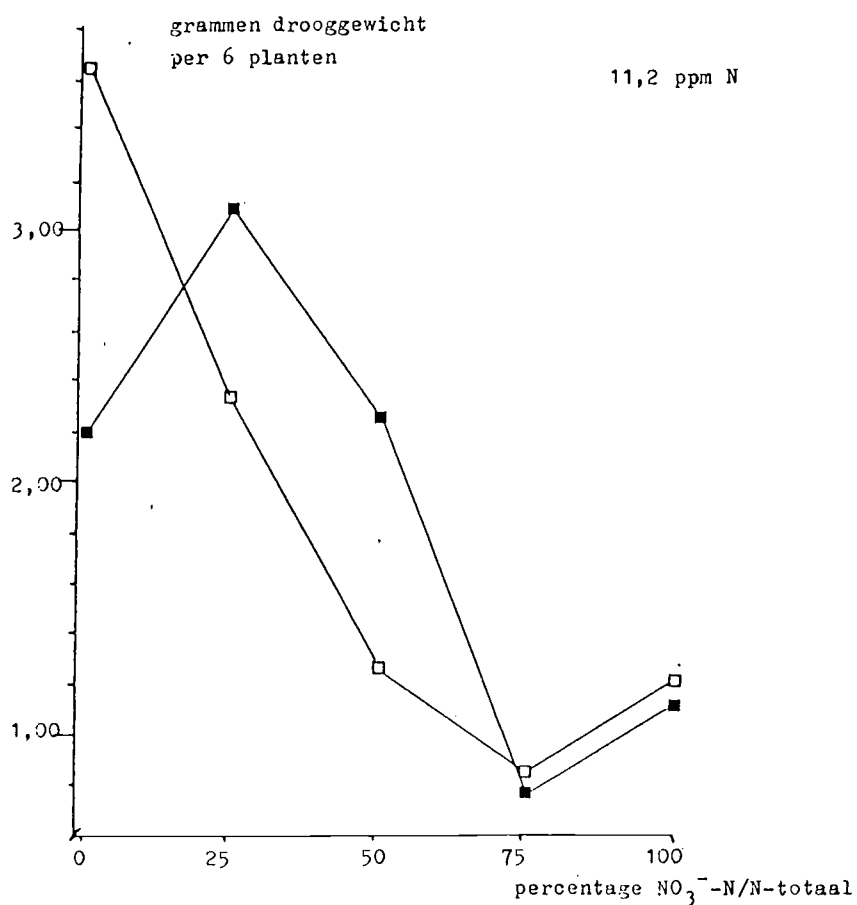


Fig.10 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van het percentage $\text{NO}_3^- \text{-N/N-totaal}$ in de aangeboden voedingsoplossing; LSD=0,85. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

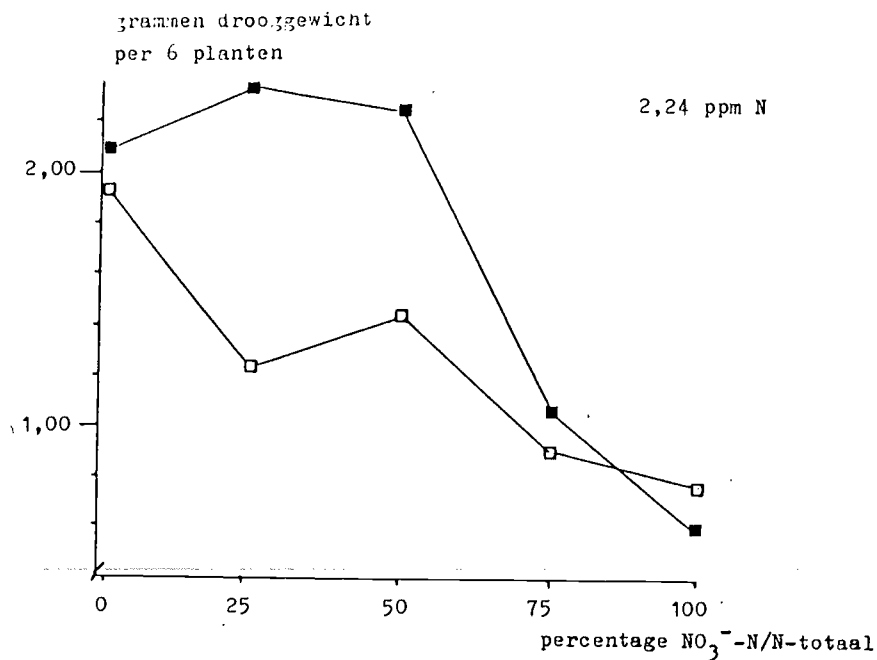


Fig.11 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van het percentage NO_3^- -N/N-totaal in de aangeboden voedingsoplossing; LSD=0,94. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

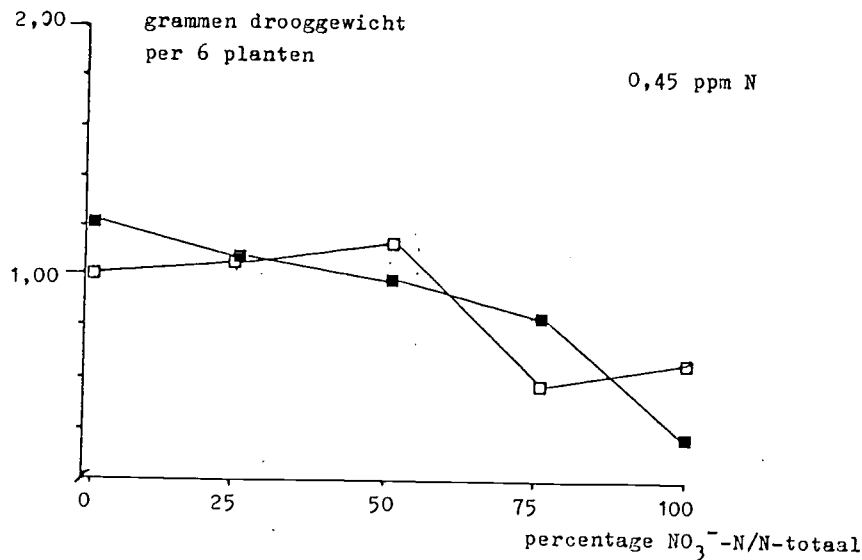


Fig.12 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van het percentage NO_3^- -N/N-totaal in de aangeboden voedingsoplossing; LSD=0,60. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

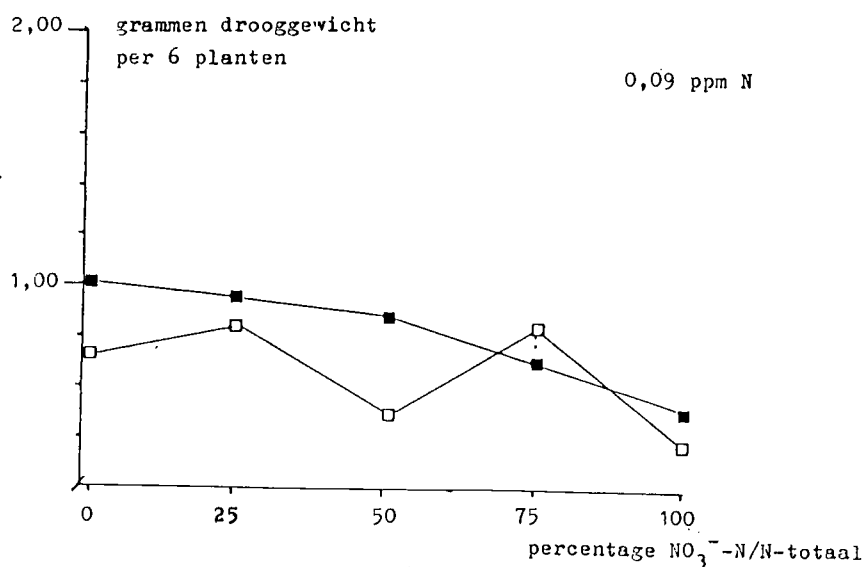


Fig.13 - Gemiddelde opbrengst (g;n=2) als functie van het percentage NO_3^- -N/N-totaal in de aangeboden voedingsoplossing; LSD=0,32. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt.

De gemiddelde opbrengst over meerdere stikstof-totaal-concentraties als functie van het percentage NO_3^- -stikstof in de voedingsoplossing is uitgezet in fig.14. De opbrengst van planten uit beide populaties neemt toe met een toenemend aandeel van NH_4^+ in de totaal aangeboden stikstof. Bij resp. 50% en 25% NO_3^- -N/N-totaal geven planten uit de Hasselt-populatie een significant hogere opbrengst.

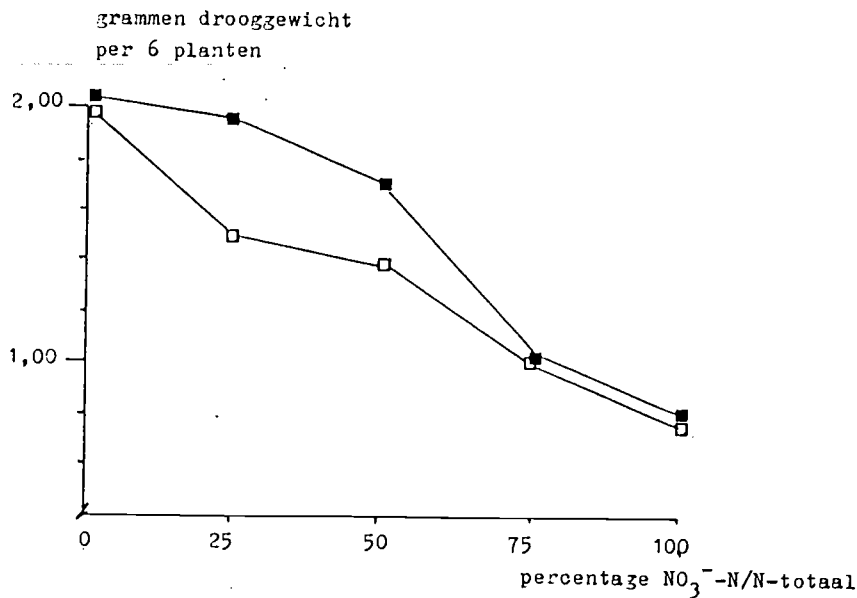


Fig.14 - Gemiddelde opbrengst over alle N-totaal-concentraties ($g; n=10$) als functie van het percentage NO_3^- -N/N-totaal in de aangeboden voedingsoplossingen. □: populatie Appelbergen; ■: populatie Hasselt. LSD= 0,28.

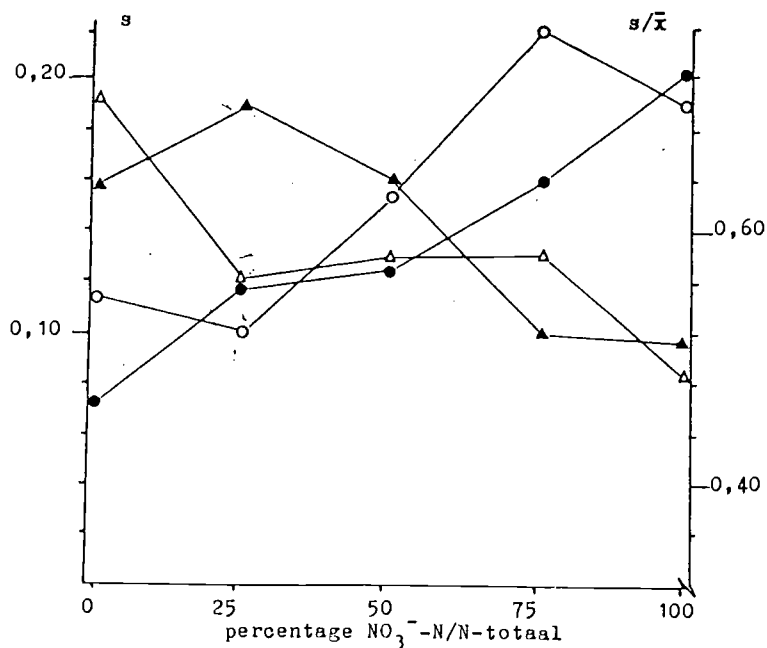


Fig.15 - Standaarddeviatie ($s; \blacktriangle$) en relatieve variatie ($s/\bar{x}; \bullet$) van de gemiddelde opbrengst als functie van het percentage NO_3^- -N/N-totaal in de aangeboden voedingsoplossingen; \triangle : populatie Appelbergen; \blacktriangle : populatie Hasselt.

De gemiddelde standaarddeviatie van het gemiddeld gewicht van steeds 6 planten van één populatie van een bak (fig.15), uitgezet tegen het percentage NO_3^- -N in de oplossing, vertoont een dalende tendens bij een toenemend percentage nitraat in de stikstofgift. De relatieve variatie lijkt echter eerder toe- dan af te nemen bij een toenemend nitraatgehalte van de stikstofgift.

Om een globale indruk te krijgen van de relatie tussen relatieve variatie en grootte van de planten, werd voor beide populaties afzonderlijk een lineaire regressie toegepast op beide variabelen. Voor beide populaties geldt, dat de relatieve variatie eerder lijkt af te nemen dan toe te nemen met toenemend gewicht van de planten.

4 "Inundatie-experiment"

In bijlage 12 zijn de opbrengsten te vinden, behorend bij de planten uit de twee populaties. Zowel het begingewicht als de toename in versgewicht, alsook het wortel-, spruit- en totaãldrooggewicht aan het einde van het experiment, verschilde niet significant tussen de beide populaties. Planten uit de Hasselt-populatie leken te tenderen tot een langzamer groei en tot een lagere opbrengst dan planten uit de Hasselt-populatie; door de kleine steekproeven ($n=5$) en de grote variatie in gewicht tussen de planten (vooral die uit Appelbergen) zijn de verschillen echter niet significant ($P > 0,05$).

4 - CONCLUSIES

Tussen de Appelbergen- en de Hasselt-populatie van *Succisa pratensis* Moench. lijkt een verschil te bestaan in het verloop van de kieming van de zaden. Zaden, afkomstig uit de populatie Hasselt kiemen langzamer en meer in de tijd gespreid dan zaden uit de Appelbergen-populatie.

Er werden geen verschillen in opbrengst geconstateerd tussen de populaties op voedingsoplossingen met een totaal stikstofgehalte van 0,45 ppm of minder. Hetzelfde gold voor oplossingen, waarbij de nitraatfractie van de aangeboden stikstof 75% of meer bedroeg. De opbrengst was bij deze voedingsoplossingen laag.

Hoewel zich bij een aantal combinaties van enerzijds bepaalde stikstof-totaal-concentraties en anderszijds bepaalde percentages NO_3^- -N/N-totaal significante verschillen in opbrengst optraden tussen de beide populaties, zijn deze verschillen niet éénduidig te verklaren vanuit de interactie tussen stikstofconcentratie en het percentage NO_3^- -N/N-totaal in de aangeboden oplossingen. Gemiddeld gaven planten uit beide populaties een identieke respons op de geteste N-totaal-concentraties. Genetische differentiatie tussen de populaties m.b.t. de hoeveelheid stikstof lijkt dan ook niet waarschijnlijk. De opbrengst van planten uit beide populaties nam toe met toenemend stikstofaanbod, zonder op het traject van 0,09 t/m 56 ppm N een optimum te bereiken.

Op een stikstofgift, die in toenemende mate uit NH_4^+ bestaat, reageren planten uit beide populaties eveneens met een steeds hogere opbrengst. Hierbij treden echter wél significante verschillen op tussen de populaties. Als de gift voor 50% of 25% uit NO_3^- -N bestond, gaven planten uit de Hasselt-populatie een hogere opbrengst; bij andere percentages was het verschil niet significant. Doordat de opbrengst van de beide populaties niet verschilt bij een stikstofgift die geheel uit ammonium bestaat, kan echter niet geconcludeerd worden dat de Hasselt-populatie een betere respons vertoont op een hoger percentage NH_4^+ in het stikstofaanbod.

In de gegeven proefopzet kon niet geconcludeerd worden dat planten uit de Hasselt-populatie een betere groei vertonen en een hogere droge-stof opbrengst geven dan planten uit Appelbergen, wanneer ze in geïnundeerde toestand worden gekweekt.

5 - DISKUSSIE

Succisa pratensis lijkt, in ieder geval bij pH 5½, de voorkeur te geven aan NH_4^+ -stikstof boven NO_3^- -stikstof. Dit komt tot uiting in een verhoogde opbrengst bij het opvoeren van het percentage NH_4^+ -stikstof van de totale stikstofgift. Tevens geeft een verhoging van de totale stikstofconcentratie een grotere meeropbrengst, naarmate deze voor een groter gedeelte uit NH_4^+ -stikstof bestaat. Op het getoetste traject werden er bij deze pH geen tekenen van NH_4^+ -toxiciteit waargenomen.

Kalkminnende en kalkmijdende plantensoorten lijken te verschillen in hun voorkeur voor NH_4^+ - dan wel NO_3^- -stikstof (Gigon & Rorison, 1972; Hurkens, 1978). Om deze reden zou het interessant zijn om te onderzoeken of er wellicht populatiedifferentiatie is opgetreden op dit punt tussen de populaties van *Succisa pratensis* uit Raalte (op kalkrijke bodem), en die van de overige groeiplaatsen.

De voorkeur van de soort voor NH_4^+ -stikstof t.o.v. NO_3^- -stikstof heeft tot gevolg, dat er bij een voldoende beschikbaarheid van ammonium meer kationen dan anionen zullen worden opgenomen.

De daling van pH van de voedingsoplossingen met een hoog NH_4^+ -gehalte wordt waarschijnlijk veroorzaakt, doordat de planten ten behoeve van de elektrische neutraliteit H^+ -ionen uitscheiden in het medium (Kirkby, 1969; Haynes & Goh, 1978). De pH van voedingsoplossingen met een hoog aandeel van NO_3^- in de totale stikstof steeg niet noemenswaardig tijdens de experimenten.

In het "inundatie-experiment" kon een genetisch bepaald verschil in resistentie tegen inundatie tussen planten uit de twee populaties niet worden aangetoond. Wellicht zijn de kleine steekproef en de grote onderlinge variatie van de planten hieraan mede debet.

Ecotypische differentiatie ten opzichte van de stikstofbeschikbaarheid kon -althans bij deze pH- niet worden aangetoond; ook populatiedifferentiatie t.o.v. de vorm van de aangeboden stikstof kon in deze proefomstandigheden niet worden aangetoond.

De geconstateerde significante verschillen tussen de populaties, die optraden als reactie op de vorm van de aangeboden stikstof, zijn wellicht het gevolg van de afhankelijkheid van de resultaten. Deze werkt het optreden van verschillen in de hand. Het zou mogelijk kunnen zijn, dat bij andere omstandigheden een eventuele

ecotypische differentiatie wel zou zijn aan te tonen. Daar pH en de stikstofvoeding van de plant met elkaar lijken te interfereren (Gigon & Rorison, 1972; Kinzel, 1982), zou het mogelijk zijn dat een eventuele differentiatie bij bv. een lagere pH wel tot uiting zou komen. Een tweede mogelijkheid om het voorkomen van *Succisa pratensis* bij uiteenlopende stikstofbeschikbaarheid- en -vorm te verklaren, zou zijn om dit te wijten aan plastische reacties van de individuen van de soort (Bradshaw, 1965).

Behalve de vorm en de hoeveelheid van de aangeboden stikstof, lijkt ook de concentratie Al^{3+} niet te differentiëren tussen beide populaties (Pegtel, in prep.) Het is echter niet mogelijk om het voorkomen van *Succisa pratensis* in zowel droge heide als in blauwgrasland te verklaren door louter plastische reacties van de individuen aan te voeren. Pegtel (in prep.) toonde n.l. ecotypische differentiatie aan tussen planten uit de Hasselt- en de Appelbergen-populatie t.o.v. de Mn^{2+} - en de Fe^{2+} -beschikbaarheid.

Populatiedifferentiatie beperkt zich bij deze soort niet alleen tot de vorming van edafische ecotypes. Turesson (1925) toonde genetisch vastgelegde verschillen aan tussen planten uit Noord- en Zuid-Zweden op grond van morfologische criteria.

De grote variatie in drooggewicht, die bestaat tussen individuen, kan niet worden uitgelegd als "stabiliserende selectie" (Bradshaw, 1965). Deze m.i. slecht gekozen term wordt gebruikt om het verschijnsel te benoemen, dat de in planten aanwezige genetische variatie in minder gunstige (veld-) omstandigheden wordt gemaskeerd, wat leidt tot een uniform fenotype. Zo vond Turesson (1922) dat planten uit een kwelderpopulatie van *Succisa pratensis* in relatief ongunstige omstandigheden (dus met een kleine gemiddelde lengte, en waarschijnlijk dito gemiddeld drooggewicht) na het in cultuur nemen een veel grotere variatie ten toon spreidden. In gunstiger omstandigheden splitste de populatie zich in grotere en kleinere individuen. Deze verschillen bleven gedurende meerdere jaren bestaan. Kenmerkend voor deze "stabiliserende selectie" is dus, dat bij een hoog gemiddeld drooggewicht (in gunstige omstandigheden) de variatie groter is dan bij een laag gemiddeld drooggewicht. Daar dit, gezien de definitie van de standaarddeviatie, altijd zo is, moet er op de relatieve variatie worden gelet. Bij Turessons "dwerzserie" blijkt de relatieve variatie inderdaad toe te nemen bij toenemende grootte (zie tabel 3).

De relatieve variatie neemt echter bij planten uit de populaties Hasselt en Appelbergen niet toe met toenemend gewicht. Van stabiliserende selectie kan dan ook niet worden gesproken.

Tabel 3 - gemiddelde lengte (\bar{x}), en standaarddeviatie (s) en relatieve variatie (s/\bar{x}) daarvan voor *Succisa pratensis* uit twee dwergpopulaties en een "normale" populatie. (naar Turesson, 1922). De gegevens hebben betrekking op de stengelhoogte in mm.

voor cultuur	dwergserie 34	dwergserie 35	normale serie 118
\bar{x}	61	61	551
s	14,3	15,8	91,3
s/\bar{x}	0,23	0,26	0,17
na cultuur (1921)			
\bar{x}	203	350	513
s	69,4	195,2	79,1
s/\bar{x}	0,34	0,56	0,15
na cultuur (1922)			
\bar{x}	213	363	647
s	70,2	202,5	44,0
s/\bar{x}	0,33	0,56	0,07

Een waarschijnlijker hypothese is, dat de grote variatie is te wijten aan het gebruik van zaden i.p.v. gevestigde planten. Genetische variatie, aanwezig tussen de zaden, zou kunnen zijn onderworpen aan selectie (competitie!), waardoor de populatie in het veld meer uniform is dan de uit zaad gekweekte populatie van nakomelingen. Gezien het feit, dat onder invloed van diezelfde selectie de variatie op den duur zou moeten verdwijnen, lijkt variatie ten gevolge van maternale effecten wellicht nog waarschijnlijker.

Een oecologische betekenis van de verschillen in het verloop van de kieming tussen de twee populaties is moeilijk te geven.

6 - SAMENVATTING

Succisa pratensis Moench. komt voor op oecologisch zeer uiteenlopende groeiplaatsen. Deze groeiplaatsen mogen verwacht worden sterk te verschillen in bodemchemische omstandigheden.

In dit onderzoek werd geprobeerd na te gaan of er differentiatie is opgetreden tussen een populatie van droge heide, en een populatie van een blauwgrasland ten opzichte van de vorm van de aanwezige stikstof en de hoeveelheid daarvan. Populatie differentiatie kon niet eenduidig worden aangetoond.

De variatie tussen de uit zaad opgekweekte individuen was erg groot; deze variatie kon echter niet in verband worden gebracht met stabiliserende selectie (Bradshaw, 1965).

7 - LITERATUUR

Armstrong, W. - 1975

"Waterlogged soils" in: "Environment and plant ecology", J.R. Etherington (ed.); Wiley, London.

Bradshaw, A.D. - 1965

"Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants"; Adv. Gen. 13 pg. 115-155.

Fitter, A.H. & R.K.M. Hay - 1983

"Environmental physiology of plants"; Academic Press, London.

Gambrell, R.P. & W.H. Patrick - 1978

"Chemical and microbiological properties of anaerobic soils and sediments" in: "Plant life in anaerobic environments", D.D. Hook & R.M.M. Crawford (eds.); Ann Arbor Science, Ann Arbor.

Gigon, A. & I.H. Rorison - 1972

"The response of some ecologically distinct plant species to nitrate- and ammonium-nitrogen", J. Ecol. 60, pg. 93-102.

Haynes, R.J. & K.M. Goh - 1978

"Ammonium and nitrate nutrition of plants"; Biol. Rev. 53 pg. 465-510.

Hurkens, H. - 1978

"Een vergelijkend onderzoek naar de voorkeur van wilde planten voor een bepaalde vorm van stikstof"; doctoraalverslag vakgr. Bodemkunde en Bemestingsleer, L.H. Wageningen.

Kinzel, H. - 1982

"Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel"; Ulmer Verlag, Stuttgart.

Kirkby, E.A. - 1969

"Ion uptake and ionic balance in plants in relation to the form of nitrogen nutrition" in: "ecological aspects of the mineral nutrition of plants", I.H. Rorison (ed.); Blackwell, Oxford.

Little, T.M. & F.J. Hills - 1978

"Agricultural experimentation - design and analysis"; Wiley, London.

Pegtel, D.M. - in prep.

"Responses of plants to Al, Mn and Fe, with particular reference to *Succisa pratensis* Moench."; te verschijnen in Plant and Soil.

Snedecor, G.W. & W.G. Cochran - 1967

"Statistical methods" (6^e druk); Iowa State Univ. Press, Ames.

Turesson, G. - 1922

"The genotypical response of the plant species to the habitat"; Hereditas 3 pg. 211 ev.

Turesson, G. - 1925

"The plant species in relation to habitat and climate - contributions to the knowledge of genecological units"; Hereditas 6 pg. 147 ev.

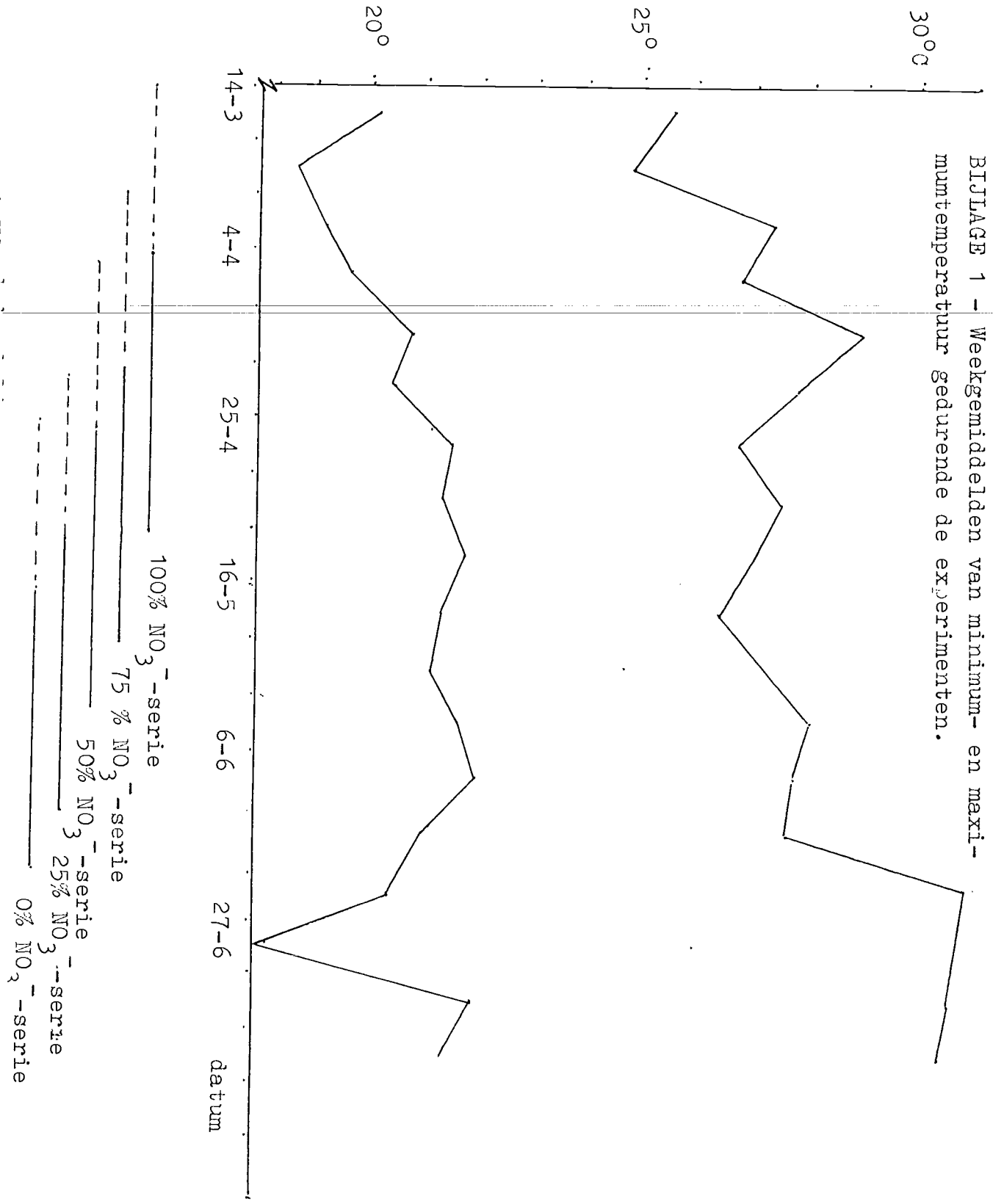
Vries, S.de - 1982

"De chemische bodemvruchtbaarheid en de groei van enige *Rumex*-soorten"; doktoraalverslag vakgr. plantenoecologie, R.U.G.

Westhoff, V. & A.J. den Held - 1975

"Plantengemeenschappen in Nederland" (2^e druk); Thieme & cie, Zutphen.

BIJLAGE 1 - Weekgemiddelden van minimum- en maximumtemperatuur gedurende de experimenten.



BIJLAGE 2 t/m 11 : OPBRENGSTEN (grammen per 6 planten) VAN
 PLANTEN UIT DE APPELBERGEN- EN DE HASSELT-
 POPULATIE EN STANDAARDDEVIATIES VAN DE GE-
 MIDDELDE OPBRENGST VAN STEEDS 6 PLANTEN.

Betekenis van de symbolen:

A : populatie Appelbergen;

H : populatie Hasselt

100 %,75 % etc : percentage NO_3^- -N/N-totaal in de oplossing

56;11,2;2,24 etc : concentratie N-totaal in de oplossing.

In de kolommen achtereenvolgens;

- 1) totale opbrengst van 6 planten (blok 1 ; gram drooggewicht)
- 2) standaarddeviatie van de gemiddelde opbrengst als onder 1)
- 3) spruitdrooggewicht van steeds 6 planten (blok 1;gram drooggewicht)
- 4) worteldrooggewicht van steeds 6 planten (blok 1; gram drooggewicht)
- 5) als 1) maar voor blok 2
- 6) als 2) maar voor blok 2
- 7) als 3) maar voor blok 2
- 8) als 4) maar voor blok 2

Deze symbolen en afkortingen gelden voor alle volgende bijlagen.

BIJLAGE 2 - OPBRENGSTEN VAN DE 100% NO_3^- -N/N-TOTAAL - SERIE

	1	2	3	4	5	6	7	8
A 56	1,35	0,16	1,05	0,29	0,84	0,05	0,59	0,25
H 56	1,35	0,16	0,93	0,42	0,64	0,05	0,51	0,13
A 11,2	0,91	0,09	0,68	0,23	1,55	0,19	1,16	0,39
H 11,2	1,38	0,14	1,00	0,38	0,86	0,10	0,67	0,19
A 2,24	0,62	0,06	0,48	0,14	0,93	0,07	0,66	0,27
H 2,24	0,39	0,06	0,30	0,09	0,82	0,13	0,62	0,20
A 0,45	0,12	0,02	0,09	0,03	0,58	0,06	0,38	0,20
H 0,45	0,63	0,10	0,45	0,18	0,70	0,07	0,46	0,24
A 0,09	0,65	0,10	0,33	0,32	0,12	0,02	0,03	0,04
H 0,09	0,39	0,04	0,24	0,07	0,70	0,03	0,46	0,24
totaal	7,71		5,55	2,15			5,59	2,15

BIJLAGE 3 - OPBRENGSTEN VAN DE 75% NO₃⁻-N/N-TOTAAL - SERIE

	1	2	3	4	5	6	7	8
A 56	2,18	0,23	1,66	0,52	1,12	0,16	0,82	0,30
H 56	2,08	0,21	1,53	0,55	1,65	0,14	1,33	0,32
A 11,2	1,13	0,15	0,85	0,28	0,54	0,04	0,36	0,18
H 11,2	0,50	0,06	0,36	0,14	1,06	0,16	0,70	0,36
A 2,24	1,17	0,16	0,85	0,32	0,67	0,06	0,54	0,13
H 2,24	1,18	0,09	0,78	0,39	1,00	0,09	0,73	0,21
A 0,45	0,68	0,08	0,44	0,24	0,95	0,18	0,52	0,43
H 0,45	0,40	0,05	0,30	0,10	0,77	0,11	0,53	0,24
A 0,09	0,31	0,04	0,23	0,08	1,37	0,19	0,58	0,79
H 0,09	0,70	0,08	0,45	0,25	0,71	0,06	0,45	0,26
totaal	10,33		7,45	2,87	9,84		6,56	3,22

BIJLAGE 4 - OPBRENGSTEN VAN DE 50% NO₃⁻-N/N+TOTAAL - SERIE

	1	2	3	4	5	6	7	8
A 56	2,49	0,16	1,71	0,78	2,97	0,19	2,19	0,78
H 56	2,56	0,28	2,09	0,47	1,70	0,20	1,26	0,44
A 11,2	1,53	0,14	1,12	0,41	1,03	0,16	0,74	0,29
H 11,2	2,43	0,05	1,18	0,55	2,07	0,19	1,57	0,50
A 2,24	2,06	0,21	1,30	0,76	0,84	0,10	0,60	0,24
H 2,24	2,25	0,25	1,39	0,86	2,26	0,18	1,47	0,79
A 0,45	0,99	0,14	0,63	0,36	0,99	0,12	0,65	0,34
H 0,45	1,25	0,11	0,79	0,46	1,00	0,19	0,58	0,42
A 0,09	0,66	0,04	0,39	0,27	0,31	0,04	0,21	0,10
H 0,09	0,74	0,06	0,43	0,26	1,02	0,08	0,56	0,46
totaal	16,96		11,73	5,18	14,19		9,83	4,36

BIJLAGE 5 - OPBRENGSTEN VAN DE 25% NO₃⁻-N/N-TOTAAL - SERIE

	1	2	3	4	5	6	7	8
A 56	2,19	0,20	1,64	0,55	1,84	0,12	1,11	0,73
H 56	2,16	0,19	1,60	0,56	2,56	0,15	1,89	0,67
A 11,2	2,55	0,13	1,93	0,62	2,15	0,19	1,57	0,58
H 11,2	3,21	0,33	2,43	0,78	2,95	0,41	2,33	0,62
A 2,24	0,86	0,10	0,62	0,24	1,63	0,15	1,09	0,54
H 2,24	2,72	0,25	1,97	0,75	1,99	0,21	1,51	0,48
A 0,45	1,20	0,10	0,75	0,45	0,96	0,10	0,55	0,41
H 0,45	1,03	0,11	0,66	0,37	1,13	0,13	0,78	0,35
A 0,09	0,85	0,05	0,43	0,42	0,80	0,08	0,50	0,30
H 0,09	1,28	0,07	0,74	0,54	0,61	0,05	0,42	0,19
totaal	18,05		12,77	5,28	16,62		11,75	4,87

BIJLAGE 6 - OPBRENGSTEN VAN DE 0% NO₃⁻-N/N-TOTAAL - SERIE

	1	2	3	4	5	6	7	8
A 56	1,82	0,14	1,30	0,52	3,63	0,28	2,63	1,00
H 56	3,74	0,29	2,71	1,03	4,00	0,39	3,18	0,82
A 11,2	3,64	0,47	2,73	0,91	3,69	0,24	2,62	1,07
H 11,2	1,72	0,17	1,28	0,44	2,68	0,13	1,96	0,72
A 2,24	2,09	0,41	1,22	0,87	1,80	0,09	0,98	0,82
H 2,24	2,03	0,10	1,12	0,91	2,17	0,14	1,20	0,97
A 0,45	1,14	0,08	0,61	0,53	0,90	0,06	0,53	0,37
H 0,45	1,21	0,09	0,63	0,58	1,25	0,14	0,64	0,61
A 0,09	0,73	0,07	0,46	0,27	0,71	0,06	0,38	0,33
H 0,09	1,20	0,08	0,67	0,53	0,79	0,07	0,40	0,39
totaal	19,32		12,73	6,59	21,62		14,52	7,10

BIJLAGE 7 t/m 11 - OPBRENGSTEN, UITGESPLITST NAAR DE CONCENTRATIE
N-TOTAAL IN HET MEDIUM

Daar deze tabellen slechts een andere rangschikking van de opbrengsten geven zoals die in de vorige bijlagen zijn vermeld, zijn hier alleen de totale drooggewichten gegeven van de twee duplo's (resp. kolom 1 en 5). De standaarddeviaties tussen 6 planten van één bak uit dezelfde populatie is wel (weer) gegeven (kolom 2 en 6).

BIJLAGE 7 - OPBRENGSTEN, BEHOREND BIJ EEN N-TOTAAL-CONCENTRATIE
VAN 56 PPM.

	1	2	5	6
A 100	1,35	0,16	0,84	0,05
H 100	1,35	0,16	0,64	0,05
A 75	2,18	0,23	1,12	0,16
H 75	2,03	0,21	1,65	0,14
A 50	2,49	0,16	2,97	0,19
H 50	2,56	0,28	1,70	0,20
A 25	2,19	0,20	1,84	0,12
H 25	2,16	0,19	2,56	0,15
A 0	1,82	0,14	3,63	0,28
H 0	3,74	0,29	4,00	0,39
totaal	21,92		20,95	

BIJLAGE 8 - OPBRENGSTEN, BEHOREND BIJ EEN N-TOTAAL-CONCENTRATIE
VAN 11,2 PPM.

	1	2	5	6
100	0,91	0,09	1,55	0,19
100	1,38	0,14	0,86	0,10
75	1,13	0,15	0,54	0,04
75	0,50	0,06	1,06	0,16
50	1,53	0,14	1,03	0,16
50	2,43	0,05	2,07	0,19
25	2,55	0,13	2,15	0,19
25	3,21	0,33	2,95	0,41
0	3,64	0,47	3,69	0,24
0	1,72	0,17	2,63	0,13
totaal	19,00		18,58	

BIJLAGE 9 - OPBRENGSTEN, BEHOREND BIJ EEN N-TOTAAL-CONCENTRATIE
VAN 2,24 PPM.

	1	2	5	6
A 100	0,62	0,06	0,93	0,07
H 100	0,39	0,06	0,82	0,13
A 75	1,17	0,16	0,67	0,06
H 75	1,18	0,09	1,00	0,09
A 50	2,06	0,21	0,84	0,10
H 50	2,25	0,25	2,26	0,18
A 25	0,86	0,10	1,63	0,15
H 25	2,72	0,25	1,99	0,21
A 0	2,09	0,41	1,80	0,09
H 0	2,03	0,10	2,17	0,14
totaal	15,37		14,11	

BIJLAGE 10 - OPBRENGSTEN, BEHOREND BIJ EEN N-TOTAAL-CONCENTRATIE
VAN 0,45 PPM.

	1	2	5	6
A 100	0,12	0,02	0,58	0,06
H 100	0,63	0,10	0,70	0,07
A 75	0,68	0,08	0,95	0,18
H 75	0,40	0,05	0,77	0,11
A 50	0,99	0,14	0,99	0,12
H 50	1,25	0,11	1,00	0,19
A 25	1,20	0,10	0,96	0,10
H 25	1,03	0,11	1,13	0,13
A 0	1,14	0,08	0,90	0,06
H 0	1,21	0,09	1,25	0,14
totaal	8,65		9,23	

BIJLAGE 11 - OPBRENGSTEN, BEHOOREND BIJ EEN N-TOTAAL-CONCENTRATIE
VAN 0,09 PPM.

	1	2	5	6
A 100	0,65	0,10	0,12	0,02
H 100	0,31	0,04	0,70	0,08
A 75	0,31	0,04	1,37	0,19
H 75	0,70	0,04	0,71	0,06
A 50	0,66	0,08	0,31	0,04
H 50	0,74	0,06	1,02	0,08
A 25	0,85	0,05	0,80	0,08
H 25	1,28	0,07	0,61	0,05
A 0	0,73	0,07	0,71	0,06
H 0	1,20	0,08	0,79	0,07

totaal