

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID, GRONINGEN
PROEFSTATION VOOR DE FRUITTEELT, WILHELMINADORP

VERSLAG VAN EEN POTPROEF
OVER DE INVLOED VAN STIKSTOF, OPGENOMEN IN VERSCHILLENDE PERIODEN
OP DE APPELONDERSTAM M XI

door

Ir. P. DELVER

INHOUD

SAMENVATTING	blz.	1
1. DOEL VAN HET ONDERZOEK	"	1
2. OPZET EN METHODIEK	"	2
3. RESULTATEN EN WAARNEMINGEN	"	3
3.1 Vochtvoorziening	"	3
3.2 Kleur van het blad	"	4
3.3 Groei van de scheuten	"	6
3.4 Stikstofgehalten in het gewas aan het einde van de proef	"	8
3.5 Samenhang tussen de bladkleur en het stikstofgehalte van het blad	"	10
3.6 Produktie van droge stof	"	11
3.7 Totale hoeveelheid opgenomen stikstof	"	13
3.8 Stikstof in het uitspoelwater	"	14
3.9 Fosfaatgehalten in het gewas	"	15
3.10 Kaliegehalten in het gewas	"	15
3.11 Calciumgehalten in het gewas	"	16
3.12 Magnesiumgehalten in het gewas	"	16
4. CONCLUSIES	"	16

Verslag van een pottenproef over de invloed van stikstof, opgenomen in
verschillende perioden, op de appelonderstam M XI

door

Ir. P. Delver

SAMENVATTING

In 1962 werd een pottenproef in humusarm zand uitgevoerd met éénjarige onderstammen M XI. De behandelingen in tweevoud, met 7 planten per pot bestonden uit uniforme stikstofgiftten. Deze werden vanaf het begin van het seizoen tot achtereenvolgens steeds latere data, of met maandelijksse tussenpozen vanaf steeds latere data tot aan het einde van het seizoen of in verschillende perioden steeds gedurende een maand ter beschikking gesteld. Na afloop van de periode van stikstofopneming werd de niet verbruikte stikstof door uitspoelen verwijderd.

Gegevens werden verzameld over de bladkleur, de groei en de minerale samenstelling van verschillende delen van de planten.

De bladkleur reageerde het gehele seizoen op veranderingen in het stikstofaanbod. De donkerste bladkleur werd echter waargenomen als stikstof na of tegen het afsluiten van de scheutgroei werd aangeboden. Aan het einde van het seizoen werden hier ook de hoogste stikstofgehalten in het blad aangetroffen.

Bij de opneming van stikstof en de reactie daarvan op de groei werd een hongereffect waargenomen: planten die in maart-april en mei stikstofgebrek leden reageerden sterk op een plotselinge stikstofgift en gaven evenhoge soms zelfs iets grotere produkties aan droge stof en een duidelijk grotere opneming van stikstof te zien dan planten die het gehele seizoen stikstof konden opnemen.

De scheutgroei is tot vlak voor het afsluiten van de eindknop nog door stikstof te prikkelen. Hierdoor ontstaat een sterk verlate lengtegroei.

Naast de stikstofgehalten hingen ook de gehalten aan fosfaat, kali, magnesium en calcium met de behandelingen samen. Deze samenhang kon grotendeels uit de invloed van stikstof op de groei worden verklaard.

1. DOEL VAN HET ONDERZOEK

Bij de stikstofbemesting van fruitgewassen komt o.a. de vraag naar voren welke invloed stikstof heeft bij opneming in verschillende perioden van het jaar. Als gevolg van de indringing van stikstof - afhankelijk van neerslag en de doorlatendheid van de grond - en voorts door het tijdstip van de bemesting en eventueel door concurrentie van een bodembegroeiing komen ook in de praktijk variaties in het stikstofaanbod in verschillende perioden voor.

Stikstof opgenomen in verschillende perioden kan een verschillend effect hebben op processen zoals groei, bloemaanleg, vruchtzetting en opslag van reserve-stikstofverbindingen. In de hier te bespreken proef is uitsluitend de invloed op de vegetatieve ontwikkeling en op de minerale samenstelling van het gewas in het geding, reden waarom de appelonderstam M XI als proefgewas werd gekozen. Men mag verwachten dat fruitgewassen in dezelfde zin op de behandelingen zullen reageren.

2. OPZET EN METHODIEK

De proef werd uitgevoerd in gegalvaniseerde vaten van 27 liter inhoud, gevuld met 27 kg (luchtdroge) grond. Per pot werden op 2 maart 1962 7 onderstammen met een gelijk totaal gewicht (165 gram vers) en ontdaan van de meeste wortels, geplant.

Elk van de volgende behandelingen stond in tweevoud. De stikstofgift, 9 gram kalksalpeter = 1395 mgr N per pot, was daarbij voor iedere behandeling gelijk.

	a	Stikstof vanaf 1 maart tot 1 april	pot 7 en 31
	b	" " " " 1 mei	" 8 en 32
Groep I	c	" " " " 1 juni	" 9 en 33
	d	" " " " 1 juli	" 10 en 34
	e	" " " " 1 augustus	" 11 en 35
	f	" " " " 1 september	" 12 en 36
	a	Stikstof vanaf 1 april tot einde proef 15 okt.	pot 1 en 19
	b	" " " 1 mei " " "	" " 2 en 20
Groep II	c	" " " 1 juni " " "	" " 3 en 21
	d	" " " 1 juli " " "	" " 4 en 22
	e	" " " 1 aug. " " "	" " 5 en 23
	f	" " " 1 sept. " " "	" " 6 en 24
	a	Stikstof van 1 april tot 1 mei	tot pot 13 en 25
	b	" " " 1 mei " 1 juni	" " 14 en 26
Groep III	c	" " " 1 juni " 1 juli	" " 15 en 27
	d	" " " 1 juli " 1 augustus	" " 16 en 28
	e	" " " 1 aug. " 1 september	" " 17 en 29
	f	" " " 1 sept. " 1 oktober	" " 18 en 30

Bovendien waren er nog twee behandelingen:

+N	stikstof vanaf het vullen van de potten tot 15 oktober	pot B18 en B36
-N	geen stikstof	pot B 1 en B19

De 40 potten stonden onder een open afdak vrij van regen opgesteld in twee rijen. Aan weerszijden van deze rijen stonden de B-potten. Om standplaatsinvloeden enigszins uit te schakelen werden de potten uitsluitend in N-Z richting gedurende het seizoen 17 keer van plaats verwisseld.

De grond bestond uit $\pm 10\%$ afslibbare delen bevattend humusarm matig grof zand uit de 30-50 cm laag van een plek uit de proeftuin te Wilhelminadorp (plaatgrond). Het nitraat-N-gehalte van deze grond bedroeg 4 mgr N per kg grond = ± 100 mgr N per pot. Het N-totaal gehalte bedroeg 392 mgr N per kg grond = ruim 10.500 mgr N per pot. Een slechts uiterst klein gedeelte van deze N zal echter tijdens de proef gemineraliseerd kunnen zijn, wat ook wel bleek uit de ernstige N-gebrekssymptomen die zich in potten zonder N ontwikkelden.

De stikstofgift, die in een vorige pottenproef (1961) onder volkomen dezelfde omstandigheden optimaal bleek te zijn werd voor serie I vooraf door de grond gemengd. Bij de series II en III werd stikstof in een kleine hoeveelheid water gemengd, gedeeltelijk op de grond uitgegoten en gedeeltelijk via een in de potten rechtopstaande, tot de grindbodem reikende draineerbuis gegoten. Het vochtgehalte werd door regelmatig wegen (om de 7-10 dagen) en door om de paar dagen water geven zo goed mogelijk constant gehouden op een vochtgehalte van ca. 19-20 gewichts%.

De vochtgehalten bij veldcapaciteit en bij het verwelkingspunt bedroegen bij deze grond naar schatting 22 resp. 6 gewichts %. Het aan te houden gewicht (pot + grond 19% + drainbuis + planten) bedroeg aanvankelijk 37,5 kg. In een later stadium werd met een geringe toename in gewicht door groei rekening gehouden.

Bij de series I en III werd de stikstofopneming op een bepaald moment beëindigd. Daartoe werd de resterende stikstof door middel van doorspoelen met water zo snel mogelijk via de drainbuis in het midden van de potten verwijderd. De hoeveelheid N in dit uitspoelwater werd bepaald. Er werd uitgespoeld totdat het water minder dan 100 mgr $\text{NO}_3 = \pm 20$ mgr N per liter bevatte. Door het uitspoelen klonk de grond iets in, wat mogelijk invloed op het gewas gehad kan hebben. Bovendien was er tijdelijk sprake van luchtgebrek tijdens en vlak na het uitspoelen ($\pm 5-10$ dagen). Om deze invloed ook bij de potten van serie II aan te brengen, werden deze vlak vóór de N-gift uitgespoeld. Ter compensatie van daarbij mogelijk optredende verliezen van reeds in de grond aanwezige N werd dan 10 inplaats van 9 gram kalksalpeter gegeven. Omdat de potten van serie II vrij lang na het uitspoelen nat bleven, kon de bemesting pas 10-15 dagen later dan de overeenkomstige objecten van serie III worden uitgevoerd.

Tegen spint en meeldauw werd regelmatig gespoten.

3. RESULTATEN EN WAARNEMINGEN

Tijdens de proef werden regelmatig bladkleurwaarnemingen verricht. De watergiften werden steeds nauwkeurig geregistreerd. Scheutmetingen werden op verschillende momenten uitgevoerd. Bij het opruimen van de proef werden de opbrengsten aan blad, scheuten, stam en wortels vastgesteld. In monsters hiervan werden de gehalten aan N, P_2O_5 , K_2O , MgO en CaO bepaald. De hoeveelheid uitgespoelde stikstof werd eveneens berekend.

3.1 Vochtvoorziening

Uit de geregistreeerde watergiften bleek dat deze aanzienlijk minder vaak plaats vonden dan bij een dergelijke pottenproef in 1961. Gemiddeld werd over de hele proefperiode van 1 maart tot 12 oktober elke 3,6 dagen water gegeven, in 1961 echter elke 1,9 dagen. Men zou verwachten, dat de schommelingen in het vochtgehalte in 1962 dan ook veel groter zullen zijn geweest. Dit was slechts zeer ten dele waar, nergens droogde de grond verder in dan tot ± 17 gewichts % vocht. Het jaar 1962 gaf echter minder evapotranspiratie dan 1961. Voor Zeeland werd uit de maandoverzichten van het K.N.M.I. een verschil in verdamping volgens Penman (tussen 1961 en 1962) berekend van 46 mm over de periode 1 maart-1 september. Een verschil met 1961 bleek ook uit het per decade berekende dagelijkse vochtverbruik (fig. 1). In 1961 lag dit in de periode juni-augustus bij eenzelfde aangehouden vochtgehalte ($\pm 19\%$) en bij dezelfde grondsoort en beplanting, tussen 300 en 600 cc per pot per dag, dus 2 keer zo hoog als in 1962. Een deel van dit verschil zal echter ook aan het frequenter watergeven - gedeeltelijk op de grond - in 1961 moeten worden toegeschreven.

Het totale waterverbruik varieerde tussen ± 25 en 35 liter per pot. Bij enkele potten was opvallend meer water verbruikt. Het bleek dat deze aan het westelijke uiteinde van de beide O-W opgestelde proefrijen stonden, daar waar de meeste wind stond. De potten hadden dus behalve in N-Z richting, ook in O-W richting van plaats verwisseld moeten worden.

Een deel van het ogenschijnlijk lage vochtverbruik moet ook aan het niet registreren van het vochtverbruik gedurende de uitspoelperiode worden toegeschreven. In deze periode, en daarna tijdens het weer indrogen tot het normale vochtgehalte (2-3 weken) werd uiteraard geen water gegeven.

Tussen het vochtverbruik en de door de bemesting beïnvloede produktie aan droge stof van blad (fig. 2) bestond een samenhang. Hieruit kon worden afgeleid dat ca. 20% van het geregistreerde vochtverbruik uit verschillen in droge stof produktie kon worden verklaard.

3.2 Kleur van het blad

Omdat de behandelingen gericht waren op verschillen in stikstofopneming in de tijd, konden ook verschillen in bladstikstofgehalten in de tijd worden verwacht. In verband met de geringe hoeveelheid blad werden gedurende het seizoen geen bladmonsters genomen, maar werd volstaan met veelvuldige en door verschillende personen uitgevoerde beoordelingen van de bladkleur. In totaal werd 14 keer een beoordeling uitgevoerd door 2-3 personen. Hierbij werd weliswaar getracht de beoordelingsnorm gedurende het hele seizoen (juni-oktober) gelijk te houden, maar een verschuiving daarvan kon niet steeds worden voorkomen. De kleurbeoordeling is daarom in de fig. 3-5 weergegeven als verschil tussen de bladkleur van de bemeste objecten en het object zonder stikstof (-N). De bladkleur van dit object bleef uiteraard niet constant, vooral niet in het begin van het seizoen, zoals uit het volgende overzicht blijkt. De cijfers 4, 5, 6, 7 en 8 geven hierbij resp. gele, geelgroene, licht groene, normaal groene en donker groene kleuren aan.

datum	12/6-4/7-20/7-27/7-6/8-10/8-17/8-26/8-3/9-11/9-19/9-24/9-1/10
bladkleur "-N":	6,1 5 4,6 4,7 4,4 4,2 5,1 4,3 4,3 4,3 4,4 4,4 4,3
	15/10
	4,3

Groep I (fig. 3)

Uit het gedrag van de bladkleur bij groep I - waar de stikstofopneming dus vanaf het planten (2 maart) tot steeds later vallende data kon plaats vinden - kan het volgende worden afgeleid.

De stikstofopneming in maart (a) is vrijwel te verwaarlozen geweest en heeft de bladkleur niet duidelijk waarneembaar beïnvloed. Dit is vermoedelijk ook een gevolg van het nog zeer gering ontwikkelde wortelstelsel, dat nog moest uitlopen. Een duidelijke invloed op de bladkleur was wel waarneembaar wanneer stikstof ook in april (b) nog kon worden opgenomen. Het verschil met onbemest wordt in de loop van het seizoen echter kleiner door groei. In toenemende mate wordt de invloed van N merkbaar als de opneming ook nog in mei resp. juni kan doorgaan (c en d), maar in beide gevallen wordt het verschil t.o.v. onbemest wat kleiner door groeiverdunning. Een duidelijk ander type van curven ontstaat wanneer de stikstofopneming langer dan juni, dus nog in juli (e), in augustus (f) of tot het eind van het seizoen, 15 oktober, (+N) kan doorgaan. Deze drie curven onderscheiden zich niet van elkaar, maar wel van de voorgaande doordat de bladkleur vanaf half augustus duidelijk groener wordt. De verklaring hiervan is, dat de groei in de loop van juli ophoudt. Stikstof die in en na die periode wordt opgenomen zal zich dan in het blad ophopen en donkerder kleuren veroorzaken. Dat de curven e, f en +N zich ook in september en oktober niet van elkaar onderscheiden moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan

Fig. 3: Bladkleurverschillen t.o.v. onbemest bij groep I

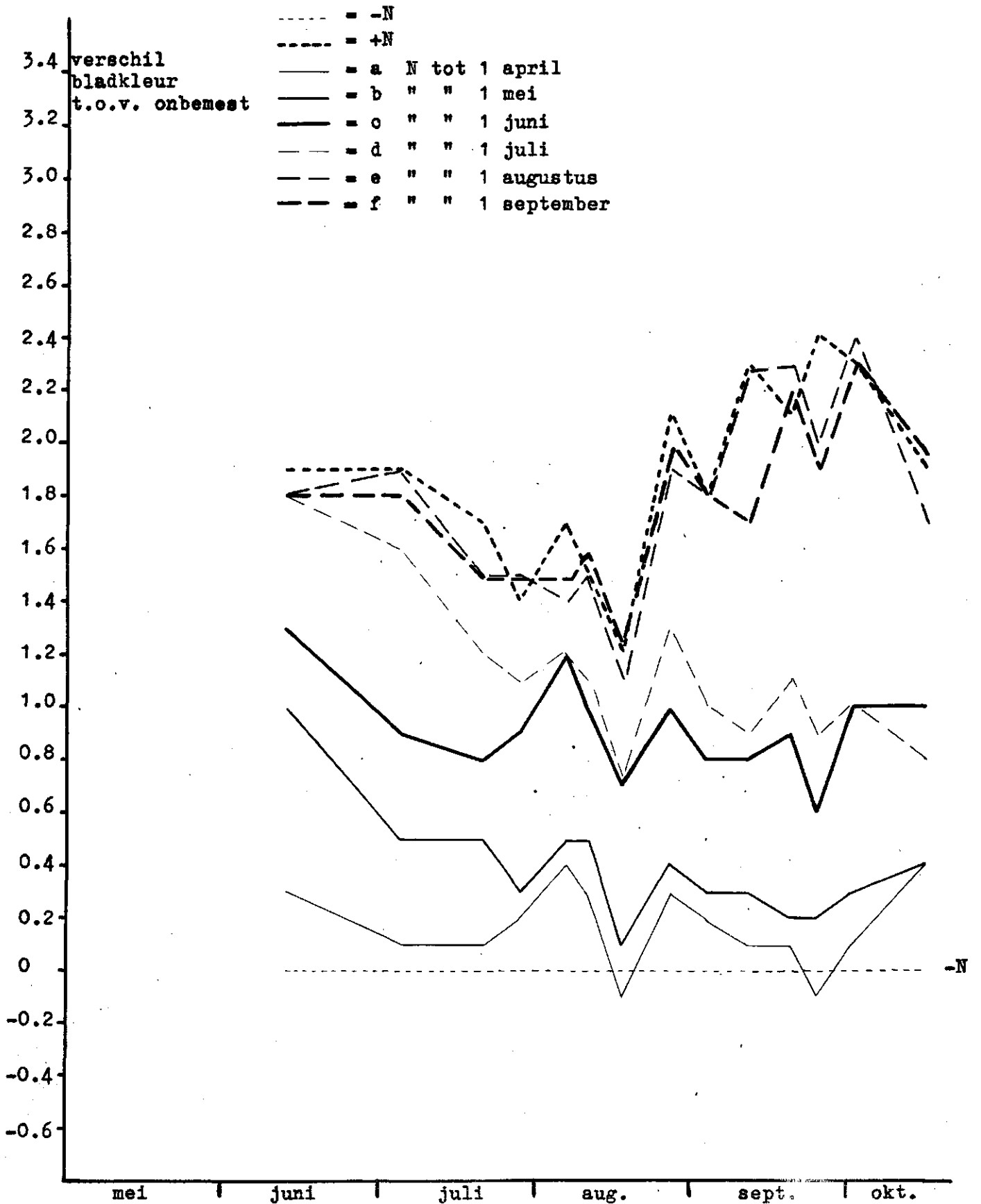
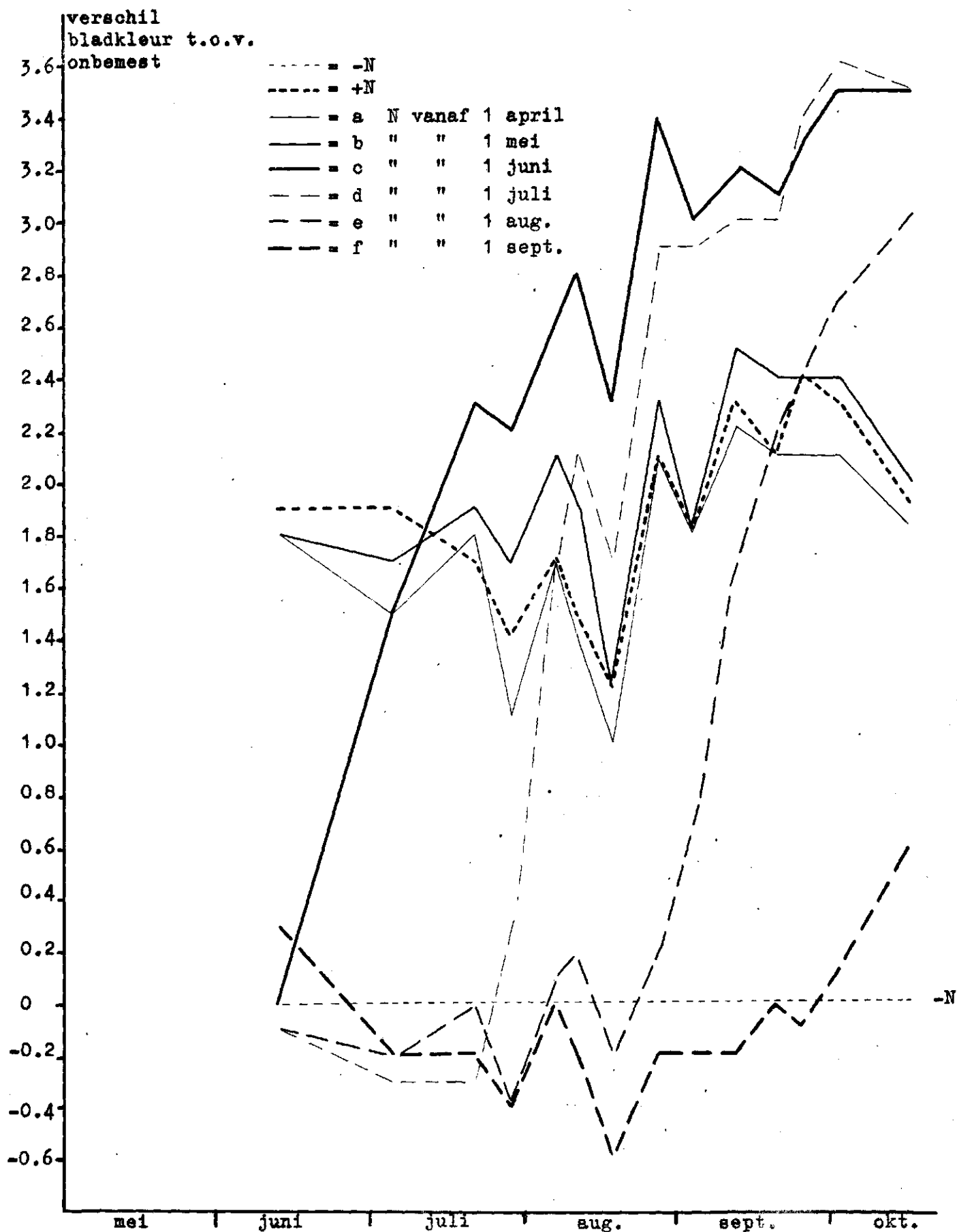


Fig. 4: Bladkleurverschillen t.o.v. onbemest bij groep II



de na juli geringer wordende activiteit van opneming van N en aan de, als gevolg van de opneming, in de loop van het seizoen steeds lager wordende resterende stikstofconcurrentie in de bodemoplossing. De opneming wordt dan ten opzichte van de grote hoeveelheid reeds opgenomen stikstof van steeds geringer betekenis.

Groep II (figuur 4)

Bij deze groep hebben we te maken met steeds latere data waarop de stikstofopneming begon, maar waarbij deze steeds tot aan het einde van de seizoen door kon gaan. Begint de opneming reeds op 9 april (a) ^{*)} of op 11 mei (b) als er dus nog geen blad aanwezig is, dan ontstaat het normale type curve dat overeenkomt met die van de +N planten. Komt de stikstofopneming pas na omstreeks 13 juni op gang (c), dan wordt de bladkleur, die aanvankelijk veel te licht was en overeenkwam met die van de -N planten, zeer snel groener. Tenslotte vertonen deze planten veel donkerder bladkleuren dan die welke reeds vanaf het begin van het seizoen stikstof konden opnemen. De volgende verklaring van dit verschijnsel lijkt mogelijk.

Als stikstof reeds in het begin van het seizoen ter beschikking staat, wordt de geleidelijk op gang komende stikstofopneming min of meer "bijgehouden" door de groei, d.w.z. door "groeiverdunning" kan geen ophoping van stikstof in het blad ontstaat en de bladkleur blijft normaal groen. Bij pas in juni beginnende stikstofopneming verloopt deze, als gevolg van de hoge beginconcentratie en de grote fysiologische activiteit als het ware schoksgewijs. Uit wat later nog zal blijken, lijkt het mogelijk dat de planten door een aanvankelijke toestand van stikstofarmoede en wellicht als gevolg van een daardoor versterkte wortelontwikkeling een stimulans tot versterkte stikstofopneming ondervinden. In elk geval gaat de laat maar nog in de groei-periode beginnende, zeer snelle stikstofopneming niet gepaard met een evenredig snelle groei, zodat stikstof zich in het blad kan ophopen. Het gedrag van de curve IIc wijst er op dat een relatief hoog stikstofgehalte in het blad eind juli, niet noodzakelijkerwijs op een goede stikstofvoorziening behoeft te wijzen, maar ook het gevolg kan zijn van een relatief laat begin van de stikstofopneming.

Curven van het type IIc ontstaan ook wanneer nóg later wordt bemest, nl. op 12 juli (d) of 16 augustus (e). De curve IIe heeft een nog steiler verloop dan die van IIc omdat de lengtegroei, bij een toestand van stikstofgebrek tot eind juni, reeds grotendeels is afgesloten en door een stikstofstoot in juli vrijwel niet meer is te stimuleren. Begint de stikstofopneming een maand eerder (IIc) dan vindt nog wel een sterke groeistimulans plaats.

De bemesting op 6 september (f) heeft, zij het pas na een maand, nog net een waarneembaar effect op de bladkleur gehad.

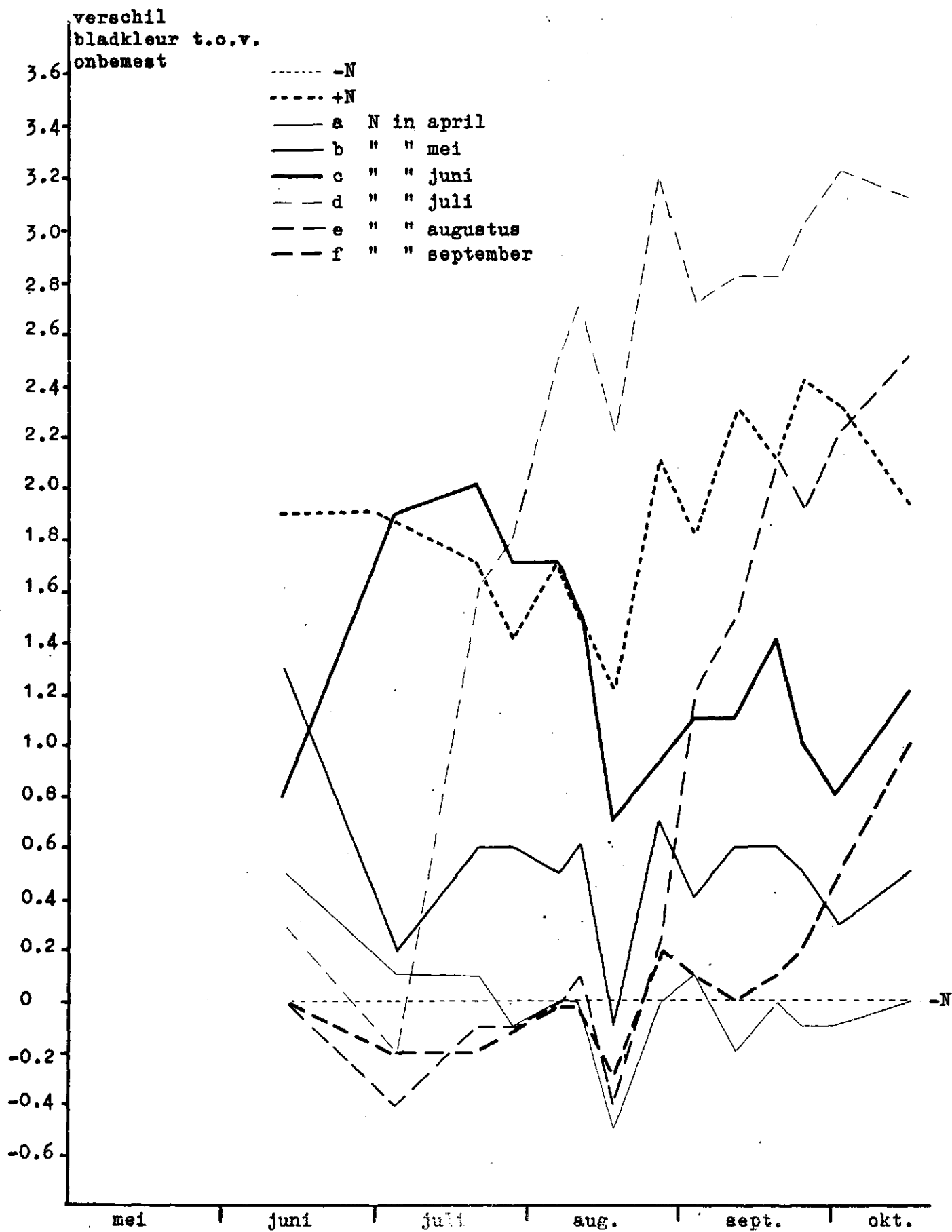
Groep III (figuur 5)

Bij stikstofopneming gedurende slechts een maand ontstaan merendeels curven van het type zoals die ook bij de groepen I en II werden aangetroffen.

Stikstofopneming in de maand april (a) heeft alleen in het begin van het seizoen een iets waarneembaar effect op de bladkleur. Aangezien bij de overeenkomstige curve Ib (fig. 3) bovendien ook al in maart stikstof kon worden opgenomen, en deze curve op duidelijk groenere bladkleuren wijst dan die van IIIa, moet de stikstofopneming in maart toch ook nog van enige betekenis zijn geweest.

^{*)} Door het uitspoelen vóóraf zijn de bemestingsdata van deze groep verlaat.

Fig. 5: Bladkleurverschillen t.o.v. onbemest bij groep III



De curve welke betrekking heeft op de stikstof in mei (b) laat aanvankelijk een vrij redelijke bladkleur zien die in de loop van juni echter reeds sterk terugloopt. Stikstofopneming in juni (c) laat aanvankelijk iets stikstofgebrek, daarna een normale bladkleur en later weer relatief stikstofgebrek zien (vergelijk de potten +N).

Bij stikstofopneming in de maanden juli (d) en augustus (e) ontstaan weer de typen curven overeenkomend met die van IIId en IIe in fig. 4 (stikstofopneming resp. vanaf begin juli en augustus tot het einde van het seizoen). Het zal bij een nauwkeurige vergelijking van de figuren echter opvallen, dat het stijgende deel van de curven IIIc en IIIId in fig. 5, 10-15 dagen eerder valt dan dat van de curven IIc en IIId in fig. 4. De oorzaak van dit verschil moet in het uitspoelen en in een verschil in bemestingsdata worden gezocht. Bij groep II waarbij de stikstofopneming tot aan het einde van het seizoen doorging werd vlak voor de bemesting eerst doorgespoeld, uiteraard niet om stikstof te verwijderen maar om de grond in dezelfde fysieke toestand te brengen als in de potten, die uitgespoeld werden om de N-opneming te beëindigen.

De potten van serie II stonden vlak voor de bemesting dus eerst enige tijd zeer nat. Uit wegingen bleek, dat de potten 7-10 dagen na het uitspoelen een gewicht behielden vrijwel overeenkomend met een maximale waterverzadiging van de grond. De N-gift kon bij deze serie daarom pas 10-15 dagen later worden toegediend dan bij de overeenkomstige objecten van groep III. De N opneming in groep II begon dus ook 10-15 dagen later.

De invloed van het uitspoelen vooraf en van de verlate bemestingsdatum was uit een verschil tussen de curven IIe en IIIe (augustus) nauwelijks merkbaar, maar weer wel bij vergelijking van de ogenschijnlijk gelijk behandelde objecten II f (stikstof vanaf 1 september) en III f (stikstof alleen in september).

De bladkleurverbetering van het niet vooraf doorgespoelde object III f was weer ca. 10 dagen eerder merkbaar.

3.3 Groei van de scheuten

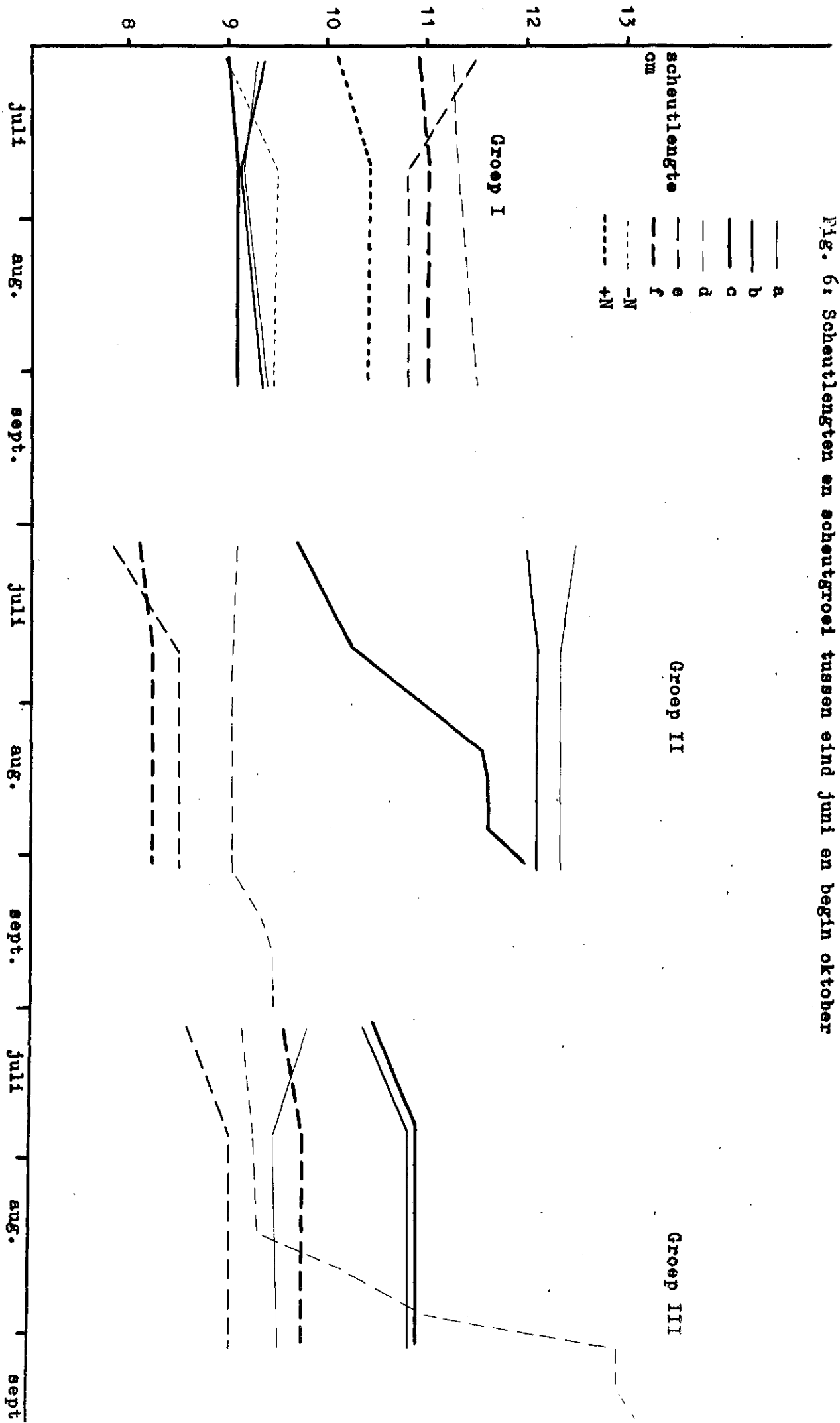
Tijdens het seizoen werden enkele malen metingen aan de scheuten verricht. Aan objecten waar het langer doorgaan van de groei merkbaar was aan de afwezigheid van een eindknop werden de metingen voortgezet tot begin oktober. De waarnemingen begonnen pas op 29 juni zodat het ritme van de groei niet vanaf het begin kon worden nagegaan.

De gemiddelde scheutlengten per object zijn voor de drie proefseries weergegeven in fig. 6. Deze hebben steeds betrekking op twee potten met elk + 20 scheuten. Er bestond geen enkele verband tussen het aantal scheuten en de behandelingen. Het uitlopen van de knoppen is dus niet afhankelijk van de stikstofbemesting maar van factoren in de plant zelf.

Groep I

Het valt op dat de variatie in uiteindelijk bereikte scheutlengte betrekkelijk klein is. Voor alle objecten in de groepen I, II en III varieert deze maximaal van 8 tot 13 cm. Dat we hier ogenschijnlijk met zeer korte scheuten hebben te maken ligt aan de omstandigheden dat alle uitgelopen knoppen langer dan 1 cm als scheut werden aangemerkt. De geringe invloed van de behandelingen op de scheutlengte wijst erop dat de scheutgroei in sterke mate afhankelijk moet zijn geweest van reserve-

Fig. 6: Scheutlengten en scheutgroei tussen eind juni en begin oktober



stoffen in de plant zelf. De invloed van een bemesting zal dan kleiner zijn naarmate het aantal uitgelopen knoppen kleiner is, zoals in ons geval, waar per plant slechts 2-4 scheuten werden geteld. Uiteraard is hier alleen de lengtegroei in het geding. De totale scheutproduktie (droge stof) waarbij ook de diktegroei een rol speelt, komt in een later hoofdstuk ter sprake.

De planten van groep I, die alle de groei met een ruime hoeveelheid beschikbare stikstof aanvingen, vertoonden na eind juni over het algemeen geen lengtegroei meer. Een kleine toename, die echter reeds vóór eind juni is ontstaan, werd gevonden als stikstof langer dan eind mei ter beschikking stond. De stikstofvoorziening in juni, de maand waarin de lengtegroei zich grotendeels afspeelde, heeft onder deze omstandigheden nog een duidelijk gunstig effect gehad. De stikstofvoorziening in mei (Ic), die wel een zeer duidelijke invloed op de kleur van het blad had - vergelijk fig. 3 c - heeft, vergeleken met de objecten waar de opneming van stikstof al eerder werd beëindigd (Ia, b of -N) toch geen betere groei gegeven. Het is blijkbaar de stikstofopneming in de periode van de lengtegroei zelf, die invloed heeft en niet stikstof die al eerder werd opgenomen en in het blad terecht kwam.

Opvallend is ook, dat een langer dan juni voortdurende opneming van stikstof (Ie en If, stikstof resp. tot eind juli en augustus), die blijkens analysegegevens ook inderdaad merkbaar was om de totale hoeveelheden opgenomen stikstof, toch geen voortzetting van de lengtegroei na juni heeft gegeven. Ook uit het gedrag van de bladkleuren (fig. 3) bleek dat bij de objecten Ie en If een langere N opneming plaats vond dan bij Id, althans gedurende de maand juli.

Bij het beschouwen van de hier verkregen resultaten, mag niet uit het oog worden verloren dat de proefomstandigheden - in feite het belangrijk achteruitgaan van de stikstofconcentratie in de grond als gevolg van de opneming - invloed kunnen hebben gehad op opneming van stikstof en op de groei.

Groep II

Bij deze objecten hebben we te maken met achtereenvolgens steeds later beginnende maar tot het einde van het seizoen durende opneming van stikstof. We zien dat een bemesting uitgevoerd op 9 april of 11 mei (IIa en b, verlate bemestingsdata, zie 3.2), waarbij de planten aanvankelijk dus 1 resp. 2 maanden zonder stikstof groeiden, ogenschijnlijk iets langere scheuten gaf, dan wanneer stikstof reeds vanaf 2 maart tot en met het einde van de periode van de lengtegroei (+N, Ie en If) ter beschikking stond. De scheutgroei bij deze objecten IIa en b was echter eind juni beëindigd.

Een dergelijke scheutlengte werd ook bereikt wanneer stikstof pas vanaf 18 juni ter beschikking werd gesteld. In verband met het uitspoelen "vooraf" bij de objecten van groep II moet worden gesteld, dat de stikstofopneming in dit geval IIc pas na 18 juni op gang zal zijn gekomen. Wij wezen in 3.2 reeds op de verschuiving van het begin van de stikstofopneming van de objecten II ten opzichte van de vergelijkbare objecten van groep III. Men vergelijk bv. de ligging van de lijnen IIc en IIIc, IIId en IIIId enz. in de fig. 4 en 5. De scheutgroei van object IIc (fig. 6) ondervond wel een duidelijke vertraging ten opzichte van die bij IIa en b, maar de achterstand werd door een langer doorgaande groei in de maanden juli en augustus geheel ingehaald.

Begon de stikstofopneming pas na 12 juli, dan waren de scheuten blijkbaar niet meer tot hernieuwde groei te prikkelen (IIId). Ook de lengtegroei bij de objecten IIe en IIIf (stikstof vanaf 16 augustus resp. 6 september) reageert uiteraard niet meer op de stikstofstoot.

Groep III

Bij de objecten van groep III hebben we in analogie met die van groep II te maken met een stikstofopneming die op steeds latere tijdstippen op gang komt, met dit verschil echter, dat de stikstofvoorziening na een maand wordt beëindigd door uitspoeling. Stikstof in april (IIIa) die wel tot een zeer geringe opneming heeft geleid (vergelijk in figuur 3 object Ia t.o.v. b, in figuur 5 IIIa), heeft geen merkbaar betere scheutgroei gegeven dan wanneer geen stikstof gedurende de periode van de lengtegroei ter beschikking stond (Ia, b en c, IIId, e en f, -N). Stikstof in mei (IIIb) heeft echter wel een gunstige invloed op de lengtegroei gehad, dit in tegenstelling tot object Ic waar stikstof vanaf 1 maart tot eind^{mei} ter beschikking stond. Blijkbaar heeft de periode van twee maanden zonder stikstof bij object IIIb stimulerend gewerkt op de stikstofopneming in mei en op het effect hiervan op de lengtegroei.

Ook stikstof in juni (IIIc) geeft een dergelijke lengtegroei te zien. In beide gevallen, IIIb en IIIc, is het vertragende effect van een relatief laat op gang komen van de stikstofvoorziening te merken aan de nog in de eerste helft van juli iets doorgaande lengtegroei. Dat het hierbij niet komt tot scheutlengten zoals bij IIa, b en c ligt vermoedelijk aan de korte periode van de opneming.

Dat een laat ter beschikking komen van stikstof een vertraging van de lengtegroei maar tenslotte duidelijk langere scheuten geeft, blijkt uit IIIId, waarbij stikstof alleen in juli ter beschikking stond. In dit geval heeft de stikstofstoot \pm 1 juli nog tot een zeer lang doorgaande scheutgroei geleid. In het geval dat deze N-stoot \pm 12 dagen later kwam (IIId !), kwam de prikkel tot hernieuwde groei blijkbaar te laat. Er bestaat waarschijnlijk een vrij scherp aan te geven grens in het stadium van de groei, waarvoor de lengtegroei nog volledig door stikstof is te prikkelen en waarna dit niet meer het geval is. Deze grens valt in onze proef in de periode 1-12 juli, in de tijd waarin de eindknop zichtbaar werd en de lengtegroei bij een normale stikstofbemesting geheel tot stilstand kwam. Komt de stikstofprikkel nog net "op tijd" dan heeft de plant blijkbaar toch nog enige tijd nodig om deze lengtegroei te hervatten. In het geval van object IIIId blijkens de metingen nog ruim een maand!

De stikstofstoot in augustus of in september (IIIe en IIIf) heeft uiteraard wederom geen invloed op de lengtegroei gehad.

3.4 Stikstofgehalten in het gewas aan het einde van de proef

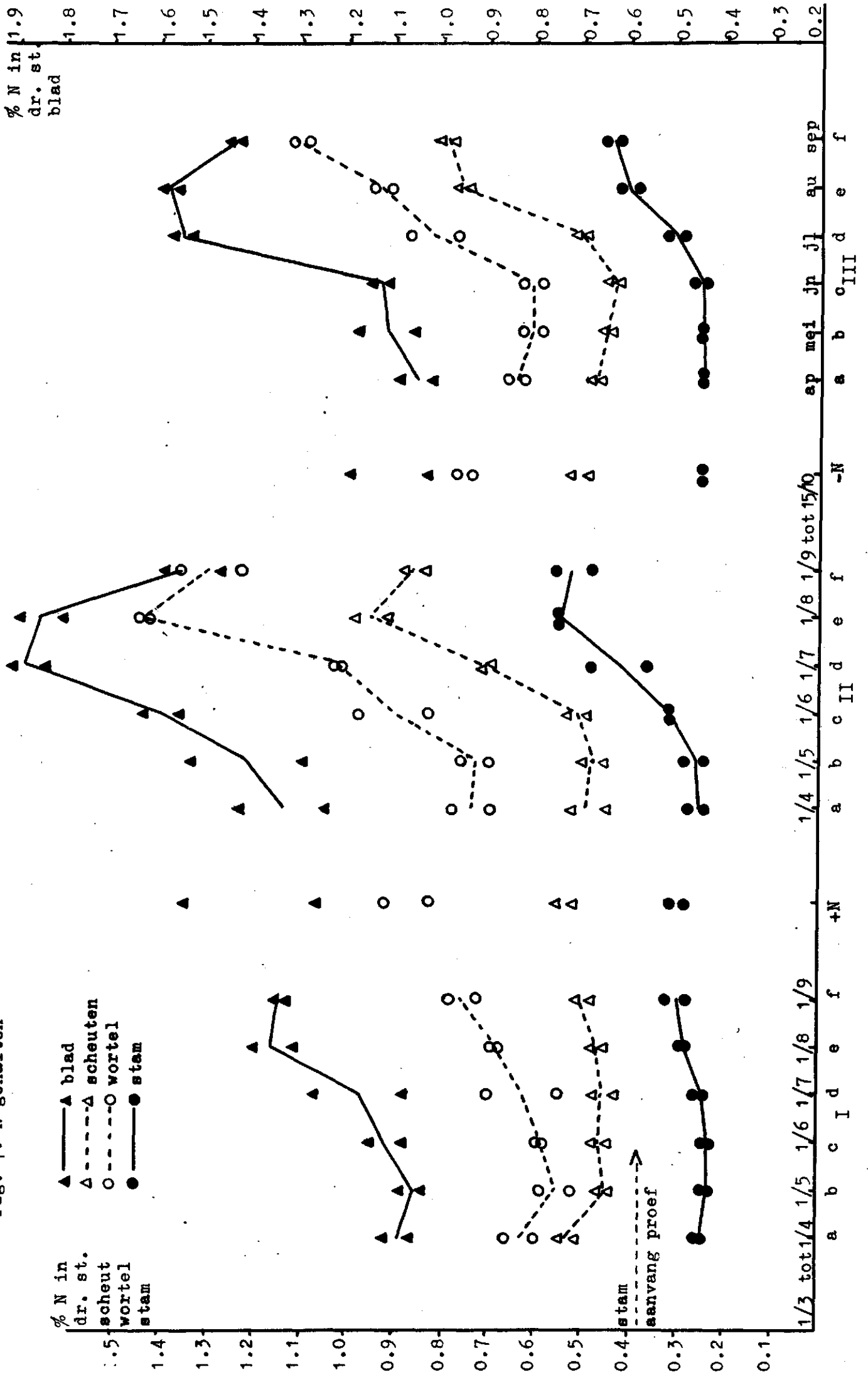
Bij het opruimen van de proef op 15 oktober werden de planten uit de potten gehaald, de wortels werden schoongespoeld en de planten werden in bladeren, scheuten, stammen en wortels gesplitst. Van al deze delen werd het vers- en drooggewicht vastgesteld. Monsters daarvan werden geanalyseerd.

De gehalten aan totaal stikstof zijn in tabel 1 gerangschikt en in figuur 7 overzichtelijk weergegeven.

Groep I

Bij de planten die vanaf het begin van het seizoen over steeds langere perioden stikstof konden opnemen, zien we in het blad aan het einde van de proef steeds hogere gehalten naarmate de opnemingsperiode

Fig. 7: N-gehalten



langer duurde. Dit wordt vooral duidelijk als stikstof langer dan juni ter beschikking stond. Ook bij de bespreking van de bladkleur (figuur 3) wezen wij reeds op het verschijnsel dat vooral de beide laatste objecten Ie en f zich na de periode van scheutgroei steeds duidelijker van de overige objecten gingen onderscheiden. De verklaring hiervan ligt in de omstandigheid dat bij opneming van stikstof vanaf begin maart, rond eind juni nog lang niet alle stikstof uit de grond is verdwenen en dat een langere beschikbaarheid niet zozeer groei als wel ophoping van stikstof in het blad tot gevolg heeft. Deze tendens is ook in de overige delen van de plant waarneembaar.

Tussen de objecten Ia en Ib lijkt in de verschillende weefsels een niet direct voor de hand liggend verschil te bestaan. Het is mogelijk dat de wat hogere gehalten bij object Ia gevolg zijn van de uitspoelmethode: het uitspoelen begin april (Ia), in een periode dat er nog geen bladeren aan de planten zaten en dat de evaporatie nog gering was, zal met een langere periode van luchtgebrek gepaard zijn gegaan dan uitspoelen een maand later (Ib). Dit kan enige groei-stagnatie bij Ia (vergelijk ook figuur 9 Ia en b) en daardoor iets hogere N-gehalten aan het einde van de proef tot gevolg hebben gehad. Een andere mogelijke verklaring wordt in 3.6 onder "groep I" gegeven.

Groep II

De curven van groep II, planten die vanaf steeds latere data tot aan het einde van het seizoen stikstof kregen, sluiten aan bij object If: de perioden waarin bij If, +N en IIA stikstof kon worden opgenomen, komen voor een groot deel met elkaar overeen.

Naarmate de stikstof later ter beschikking wordt gesteld, blijkt het gehalte in de verschillende weefsels aan het einde van het seizoen aanzienlijk hoger te worden, ondanks het feit dat de periode van opneming steeds korter wordt. We hebben hierbij te maken met planten die de opgenomen stikstof in steeds mindere mate voor groei en steeds meer voor opslag ("reserve-stikstof") gebruiken. Alleen bij IIf, waar stikstof slechts anderhalve maand in een fysiologisch minder actieve periode ter beschikking stond, vallen de gehalten weer lager uit.

De grote invloed van de periode van opneming en van fluctuaties in het stikstofaanbod op het gehalte in alle delen van de plant demonstreert duidelijk dat de interpretatie van deze gehalten niet eenvoudig is. Zowel de grootte van het aanbod als de groei en het tempo en de periode van de opneming worden in de gehalten weerspiegeld.

Groep III

Bij beschikbaarheid van stikstof in de maanden april, mei of juni worden toenemende hoeveelheden opgenomen, maar deze worden geheel voor de produktie van droge stof - (vergelijk figuur 9 IIIa, b, c) gebruikt. Deze planten zijn aan het einde van het seizoen in stikstofgehalte van het blad dan ook niet van de "-N" planten te onderscheiden. Uit de bladkleurwaarnemingen bleek echter (figuur 5b en c) dat planten die in mei of juni stikstof hadden gekregen, aan het einde van het seizoen wel duidelijk groener waren dan de "-N" planten. Bladkleur en stikstofgehalte zijn dus eigenschappen van het blad die, hoeveel gecorreleerd, niet geheel parallel behoeven te lopen. Wij komen hierop nog terug in 3.5.

Uit de overige objecten van serie III blijkt een gedrag analoog aan dat van de overeenkomstige objecten uit serie II. De gehalten bereiken minder hoge niveau's omdat de periode van stikstofconsumptie slechts een maand duurt, maar desondanks kunnen aan het einde van het seizoen vrij hoge stikstofgehalten worden bereikt. Zo heeft stikstofopneming uitsluitend in augustus bijvoorbeeld een hoger gehalte in oktober tot gevolg dan wanneer deze stikstof het hele seizoen had kunnen worden opgenomen. Uiteraard wordt de samenhang tussen de stikstofgehalten en de behandelingen pas duidelijk als ook de groei, d.w.z. de productie van droge stof, in de beschouwingen wordt betrokken. Tot nu toe werd weinig aandacht besteed aan verschillen in reactie tussen de bladeren, scheuten, wortels en stammen onderling. In grote lijnen komen deze reacties ook goed met elkaar overeen. Toch zijn er enkele verschillen die niet onbesproken mogen blijven.

Bij de objecten IIIe en f valt het op dat stikstof in september een lager gehalte in het blad maar een hoger gehalte in de wortels geeft, vergeleken met stikstof in augustus. Vermoedelijk hangt dit verschil samen met de functie van de wortel bij de distributie van stikstofverbindingen over de plant. Het is mogelijk dat zeer laat opgenomen stikstof (III f) in mindere mate vanuit de wortels over de andere organen, vooral het blad, wordt verdeeld dan vroeger opgenomen stikstof. Het duidelijk hogere gehalte van de wortels van III f ten opzichte van III e is dan niet zozeer een kwestie van een grotere opneming (het tegendeel is waar) als wel van het in de wortel opgeslagen blijven van deze late stikstof. Eenzelfde tendens is ook wel bij object II d, e, f en I e en f waar te nemen. Zo heeft het wortelstelsel van II e een veel hoger stikstofgehalte dan dat van II d, tussen de bladeren bestaat echter geen verschil. Nauwkeurige bestudering van het materiaal doet veronderstellen, dat de stikstofgehalten in scheuten en stammen meer het gedrag volgen van die van de wortels dan die van de bladeren. Dit zou erop kunnen wijzen dat met de wortels ook de houtige delen van de plant dienen als opslagplaats voor laat opgenomen stikstof. Het verschillend gedrag van het blad is overigens wel voor de hand liggend. Het lijkt weinig zinvol dat laat opgenomen stikstof nog in evenredige mate in het blad terecht zou komen, waar de betekenis van dit blad voor de plant (assimilatie) zo laat in het seizoen steeds geringer wordt. Uit ander onderzoek is bv. wel gebleken dat stikstof in het blad van fruitbomen in de loop van september tot aan de bladval wordt afgevoerd naar de overblijvende delen van de plant.

Tenslotte zij nog opgemerkt dat de gehalten in de stammen behoudens in gevallen van laat beginnende stikstofopneming, steeds beduidend lager zijn dan aan het begin van de proef. Dit gehalte, aan reservemateriaal vastgesteld, bedroeg 0,38% N. Zoals later nog zal worden aangetoond, kan berekend worden dat een deel van de stikstof in de loop van het seizoen uit de stam verdwijnt. Waarschijnlijk vindt translocatie van N plaats ten behoeve van nieuwe groei.

3.5 Samenhang tussen de bladkleur en het stikstofgehalte van het blad

In 3.4 werd er bij de bespreking van het stikstofgehalte in het bla terloops reeds op gewezen dat het stikstofgehalte niet steeds dezelfde indruk gaf als de bladkleur zoals die op 12 oktober werd geschat. In figuur 8 is de samenhang weergegeven tussen het stikstofgehalte in het blad en de laatst beoordeelde kleur van het blad. Hoewel er een duidelijke correlatie tussen beide bestaat, wijken sommige punten min of meer duidelijk van het door een rechte lijn weergegeven gemiddelde verband af

In het gebied van stikstofgebrek liggen links van de lijn de punten behorende bij de objecten IIIc, Ib en c. Deze planten hadden eind oktober een wat groenere kleur dan uit hun stikstofgehalte zou kunnen worden afgeleid. Bij al deze objecten hebben we te maken met een vroege opneming van stikstof, die nog vóór het einde van de periode van de scheutgroei (eind juni of eerder) werd beëindigd. Vermoedelijk heeft stikstof in deze periode vooral invloed op de vorming van bladgroen, dat, wanneer in een later stadium stikstofgebrek gaat heersen, minder uit het blad verdwijnt dan andere stikstofverbindingen. Omgekeerd zijn er ook objecten waar de bladkleur lichter is dan men uit het stikstofgehalte zou afleiden. Dit zijn alle planten die stikstof relatief laat konden opnemen (IID, e, f en IIIe en f). Hierbij is de invloed van stikstof op de vorming van bladgroen blijkbaar minder sterk geweest dan men uit de opneming van stikstof zou verwachten. Figuur 8 demonstreert dat ook de mate waarin de bladkleur met het stikstofgehalte van het blad samenhangt, afhankelijk is van de periode waarin deze stikstof werd opgenomen.

3.6 Productie van droge stof

De produktie van bladeren, scheuten, stammen en wortels op het moment dat de proef werd beëindigd, is weergegeven in tabel 2. Deze gegevens zijn tevens overzichtelijk gerangschikt in figuur 9.

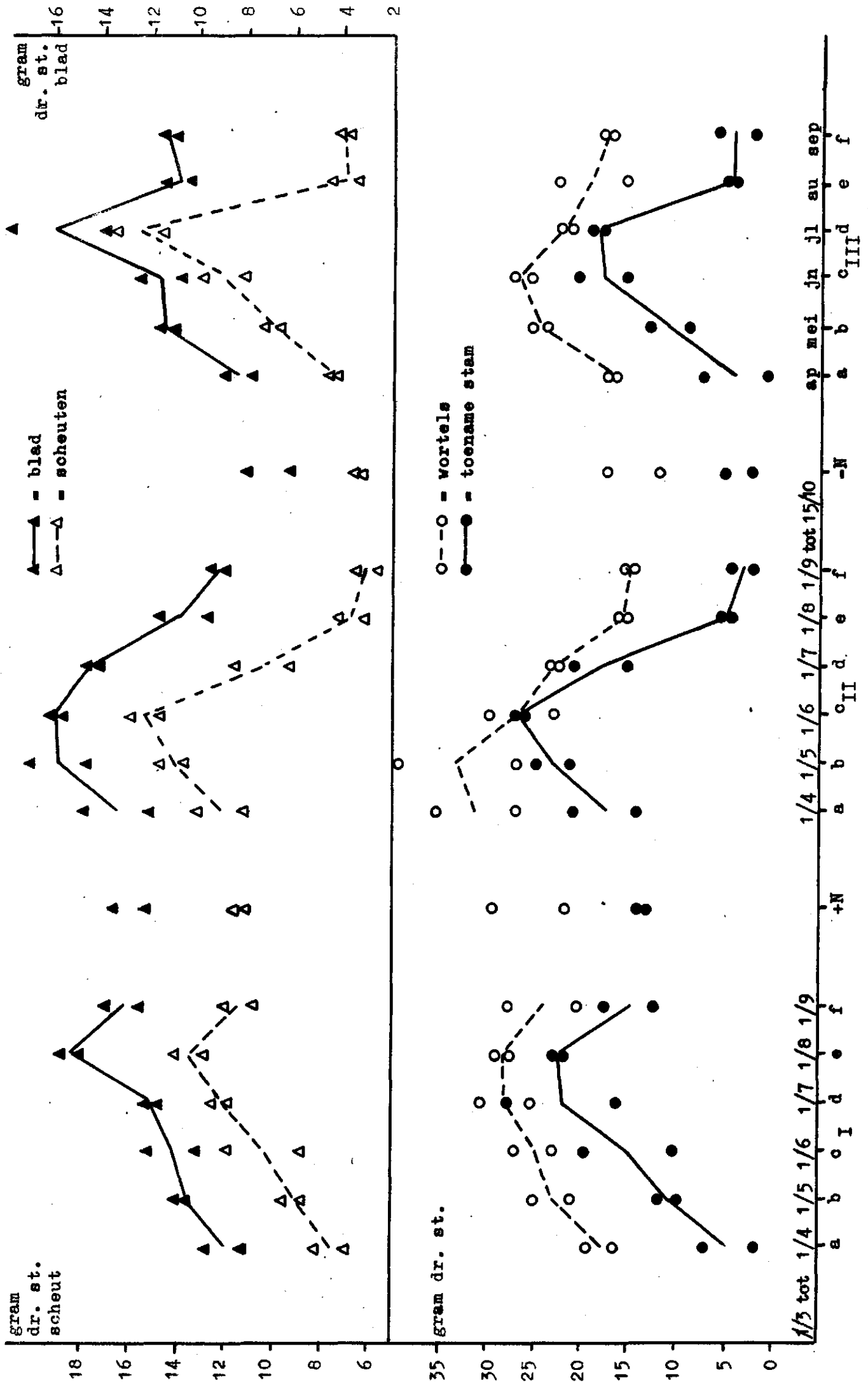
Groep I

De beschikbaarheid van stikstof in maart (Ia) heeft slechts zeer weinig invloed op de groei gehad (vergelijk -N). Ook de bladkleur (figuur 3a) reageerde nauwelijks. Men mag hieruit niet direct concluderen dat de opneming in deze periode bij houtige gewassen van geen belang is. In deze pottenproef werd op 2 maart begonnen met planten waarvan een groot deel van de wortels was weggenomen. Dit zal in de eerste weken zeker invloed op de mogelijkheid tot opneming van voedingsstoffen hebben gehad.

Verlenging van de stikstof-periode tót eind april doet de produktie van droge stof reeds sterk toenemen. Aangezien er in april nog geen sprake is van blad, hoogstens van uitlopende knoppen, mag de stikstofopneming in het vroege voorjaar dus niet worden onderschat. In 3.4 werd voor mogelijk gehouden dat de uitspoelmethodiek een rol bij het verschil in stikstofgehalte tussen Ia en b zou kunnen hebben gespeeld. Het lijkt ook mogelijk dat de stikstofopneming in april een dergelijke stimulans voor de groei is geweest dat het verdunnings-effect van Steenbjerg in de stikstofgehalten merkbaar werd.

Naarmate de stikstofperiode zich langer in het seizoen, tot eind juli, uitstrekt, neemt de groei toe. Bij de stam en de wortel heeft een stikstofaanbod langer dan eind juni al geen effect meer. Scheuten en bladproduktie lijken dus iets langer op stikstof te reageren dan de stam en de wortels. Eigenaardig is de teruggang in droge stofproduktie bij het object If waar N ook in augustus nog ter beschikking stond. Het is de vraag of het verschil tussen If en e betrouwbaar is. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat het uitspoelen begin september (If) door de geringere evapotranspiratie vergeleken met Ie langduriger wateroverlast en een sterker schadelijk effect op de na 1 september zeker nog geruime tijd doorgaande diktegroei kan hebben gehad. Hiermee is echter de droge stofproduktie van de "+N" planten waarvan de grond in het geheel niet werd uitgespoeld, niet in overeenstemming. De objecten If en +N geven nl. vrijwel dezelfde produkties te zien.

Fig. 9: Produktie van droge stof



Het gedrag van de planten in groep I is in zoverre leerzaam voor de praktijk van de stikstofbemesting van boomgaarden, dat de groei blijkbaar is gebaat met beschikbaarheid van stikstof tot aan het einde van de periode van de scheutgroei (juli). Houdt deze beschikbaarheid eerder op, bv. in juni of reeds in mei zoals in grasboomgaarden vaak het geval is, dan zal de groei hier zeker op reageren.

Groep II

Bij deze planten doet zich het merkwaardige verschijnsel voor, dat de groei iets toeneemt naarmate stikstof tot begin juni later ter beschikking komt. Dit effect dat in alle bovengrondse delen merkbaar is, zou wellicht als volgt kunnen worden verklaard.

In een stikstofarm milieu heeft de plant in het voorjaar de neiging veel zeer fijne wortels te maken (het betreft hier niet de totale wortelproduktie, deze reageert nl. wel gunstig op een verbeterde stikstofvoeding zoals ook uit figuur 9 blijkt). Het zijn vooral de zeer fijne wortels die de plant het vermogen geven om per eenheid van doorwortels bodemvolume een grotere hoeveelheid voedingsstoffen op te nemen. Wordt, nadat deze fijne wortels eenmaal zijn gevormd, plotseling veel stikstof ter beschikking gesteld (IIc) dan wordt stikstof in een veel sneller tempo opgenomen dan wanneer een normaal vertakt wortelstelsel aanwezig is. De groei wordt hierdoor krachtig gestimuleerd, en hoewel deze naar een latere periode dan normaal wordt verschoven, vindt tenslotte toch een zeer grote produktie van droge stof plaats. Komt de stikstofstoot later (IIId, e, f) dan is de groei reeds vrijwel of geheel afgesloten zodat de mogelijkheid tot droge stof-produktie steeds minder aanwezig is.

Het wortelstelsel gedraagt zich bij de objecten van groep II iets anders dan de bovengrondse delen. De totale wortelproduktie - een ander begrip dan de fijne wortels waarvan in het bovenstaande sprake was - reageert minder op stikstof naarmate deze later dan mei wordt gegeven.

Dit wijst erop dat de periode van de wortelgroei eerder valt dan die van de bovengrondse delen.

Groep III

Ook bij de planten die slechts één maand stikstof ter beschikking kregen, doet zich waarschijnlijk het bij groep II veronderstelde hongereffect voor. Zo is de totale produktie bij planten die na stikstofarme periode alleen in juli stikstof kregen, groter dan die van planten die het gehele seizoen door stikstof konden opnemen (bv. +N). Dat de planten van object IIIId een grotere produktie aan scheuten laten zien dan die van object IIId, moet wederom toegeschreven aan de latere bemestingsdatum (12 juli) van IIId. Dit gaf ook bij de ontwikkeling van de bladkleur (3.2) reeds een vertraging te zien.

Uit het bovenstaande is gebleken dat de reacties van de bovengrondse delen en die van de wortels niet steeds gelijk waren en dat het wortelstelsel door een eerder vallende groeiperiode wat minder reageert op stikstof in de zomer dan de bladeren en de scheuten.

In tabel 4 is de verhouding tussen de produkties van droge stof van bladeren en scheuten tegenover die van de wortels weergegeven,

een benadering dus van wat men bij onderzoek elders als spruitwortel quotient aanduidt. Hoewel de verhoudingscijfers niet steeds een even regelmatig beeld laten zien is duidelijk de tendens waar te nemen dat waar stikstof uitsluitend in de eerste maanden kon worden opgenomen en relatief grote wortelproduktie plaats vond. Werde stikstof laat ter beschikking gesteld dan werd naar verhouding meer blad en scheuten gevormd.

Tabel 4. De verhouding tussen de produkties van droge stof van bladeren + scheuten tegenover wortels ($\frac{b+s}{w}$)

object	$\frac{b+s}{w}$	object	$\frac{b+s}{w}$	object	$\frac{b+s}{w}$
I a	0,94	II a	0,83	III a	0,97
b	0,86	b	0,91	b	0,88
c	0,87	c	1,19	c	0,91
d	0,87	d	1,10	d	1,46
e	1,03	e	1,12	e	0,94
f	1,03	f	1,04	f	1,06
+N	0,96	-N	0,93		

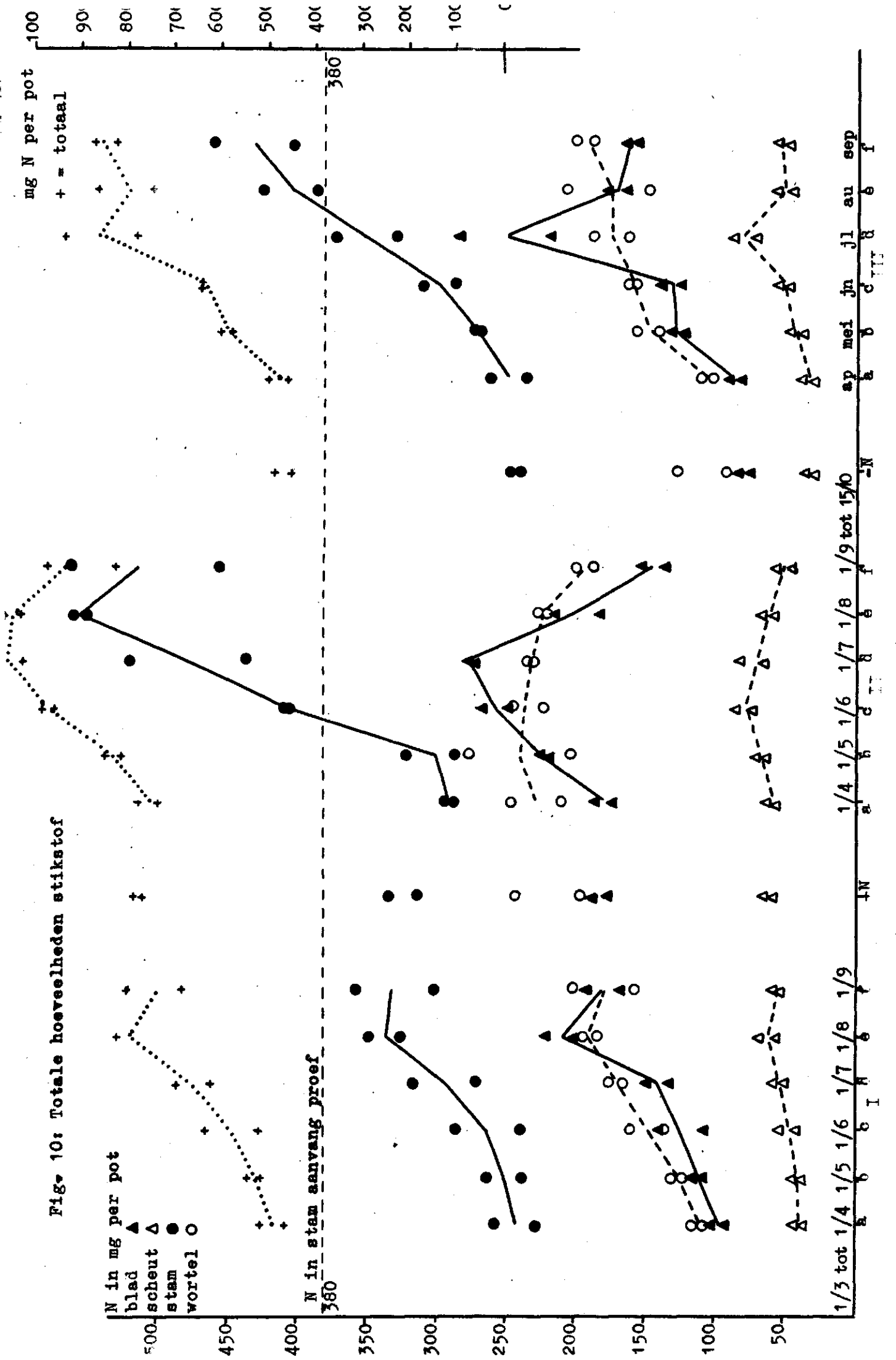
3.7 Totale hoeveelheid opgenomen stikstof

Uit de gegevens betreffende de groei en uit de stikstofgehalten werd berekend hoeveel stikstof zich aan het einde van de proef in de verschillende onderdelen van de onderstammen bevond. Deze hoeveelheden zijn in tabel 3 vermeld en in figuur 10 grafisch weergegeven.

Aangezien in de onderstammen bij het planten reeds een hoeveelheid stikstof aanwezig was (380 mgr per pot volgens een schatting uit een analyse van reserve planten, nl. 100 gram droge stof en een gehalte van 0,38% N), is in tabel 3 aangegeven de toe- evtueel afname van stikstof in de stammen. Uit figuur 7 was reeds gebleken dat het stikstofgehalte in de stammen in die gevallen waar stikstof vroeg kon worden opgenomen, aanzienlijk was gedaald ten opzichte van de begintoeestand. In die gevallen, waar bovendien de toename in stamgewicht slechts gering was (figuur 9), kon worden berekend dat er stikstof uit de stam moest zijn verdwenen. Bij planten die geen stikstof kregen (-N) kan bv. worden berekend dat de stammen - per pot - rond 135 mgr N zijn kwijtgeraakt.

In de nieuw gevormde scheuten, bladeren en wortels wordt echter 225 mgr N terug gevonden. Een belangrijk deel hiervan moet uit de stam afkomstig zijn geweest terwijl nog ca. 90 mgr uit de zeer arme zandgrond zal zijn opgenomen. Het is opvallend dat deze verarming van het oudere hout zich overal voordoet waar stikstof in het begin van het seizoen ter beschikking werd gesteld. Blijkbaar steunt de groei dus steeds in belangrijke mate op de mineralen rijkdom van het reeds aanwezige hout of de wortels. Er kan dan pas van opslag van reserve-stikstof worden gesproken als zeer laat, bv. na het afsluiten van de lengtegroei nog stikstof wordt opgenomen.

Fig. 10: Totale hoeveelheden stikstof



Een tweede verschijnsel, voortvloeiend uit het in 3.4 en 3.6 gesignaleerde "hongereffect" vraagt nog de aandacht. Uit de totaal opgenomen hoeveelheden stikstof (rechterschaal in figuur 10, aflezen t.o.v. het peil 380, d.i. de begin-hoeveelheid N in de stam) kan worden geconcludeerd dat de grootste hoeveelheid stikstof werd opgenomen als stikstof na een periode van stikstofgebrek werd aangeboden.

In het geval dat stikstof vanaf juli of augustus tot aan het einde van het seizoen ter beschikking stond (IIId en e) bedroeg die méér opneming ten opzichte van planten die het hele seizoen stikstof kregen bv. zelfs bijna 50%. Ook waar slechts één maand, juli, augustus of september (IIIId, e, f) stikstof aanwezig was werd nog meer opgenomen dan bv. in de gevallen +N, Ie, f, IIa. Het lijkt dus wel vast te staan dat een periode van stikstofarmoede de plant in een toestand brengt waarbij N sneller dan bij een voldoende aanwezigheid van N kan worden opgenomen. In het voorgaande (3.6) werd verondersteld dat bij stikstofgebrek vooral veel zeer fijne wortels worden gevormd die het opnemend vermogen per volume eenheid grond sterk verhogen. Gegevens die deze veronderstelling kunnen steunen hebben wij uit deze pottenproef niet verkregen. Op de fijnheid van het wortelstelsel werd nl. niet gelet.

3.8 Stikstof in het uitspoelwater

Bij het uitspoelen van de potten werd water op de grond gegoten tot zich in de rechtopstaande drainbuis een grondwaterspiegel gelijk aan de grondoppervlakte had gevormd. Dit water werd afgeheveld en geanalyseerd op nitraat-stikstof. Op grond van dit gehalte, de stikstofgift, en rekening houdende met een mineralisatie van stikstof uit de grond van ca. 100 mg per pot werd berekend hoeveel stikstof er volgens de nitraat-analyse te kort was.

Zou men mogen aannemen dat er zich in de potten uitsluitend nitraatstikstof heeft bevonden - een veronderstelling die voor geaereerde gronden in de zomer wel juist lijkt - , dan zou het gevonden tekort aan nitraatstikstof als "opgenomen" stikstof kunnen worden aangeduid, met dien verstande dat deze berekeningsmethode ruw blijft omdat de stikstofresten nooit kwantitatief door uitspoelen zijn te verwijderen.

In figuur 11 zijn deze "opgenomen hoeveelheden" stikstof benevens die welke uit de gewasanalyse als opgenomen werden berekend - figuur 10 - weergegeven. Het blijkt dat de gegevens allerminst met elkaar in overeenstemming zijn. Volgens de analyse van het uitspoelwater is veel meer stikstof opgenomen dan uit de droge stof-productie en de stikstofgehalten van het gewas kon worden berekend. Aangenomen mag worden dat de laatste gegevens de opneming het best en betrouwbaarst benaderen.

De oorzaak van de vermoedelijk onjuiste indruk die men uit de nitraat analyse van het spoelwater over de opneming krijgt zou de volgende kunnen zijn.

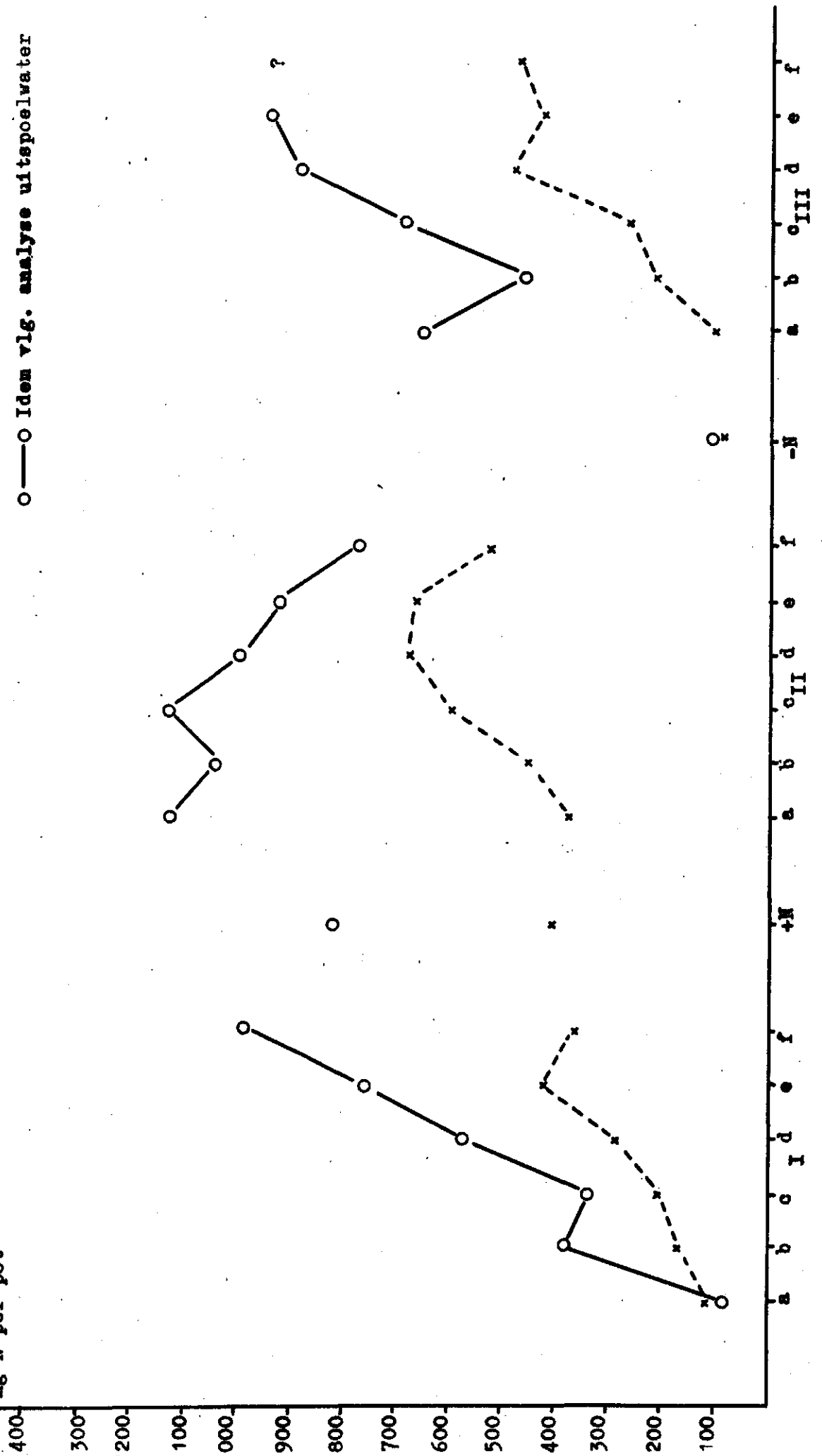
Het aangehouden vochtgehalte gedurende de proef bedroeg 19 gewichts %. Maximale watercapaciteit en veldcapaciteit lagen bij deze grond bij 26,6 resp. ca. 22%. Het water geven vond hoofdzakelijk plaats via de drainbuis. Vermoedelijk heeft zich onder in de pot gedurende de hele proef een zône van vrijwel met water verzadigde, dus sterk anaërobe grond bevonden waarin nitraatreduktie kan hebben plaats gevonden. Bij hoge bodemtemperaturen - de potten waren niet ingegraven - verloopt deze nitraatreduktie in enkele dagen. De methode van watergeven kan dan stikstofverliezen in gasvorm (N_2 of NO) in de hand hebben gewerkt.

Fig. 11: Hoeveelheid opgenomen stikstof

"opgenomen"
mg N per pot

x---x Hoeveelheid opgenomen N vlg. gewasanalyse

o---o Idem vlg. analyse uitspoelwater



Vóór juistheid van deze veronderstelling pleit het feit dat de planten in vergelijking met een dergelijke proef in 1961 opvallend weinig stikstof van de aangeboden hoeveelheid hebben opgenomen; dat alleen in het geval Ia (N door de grond gemengd, opneming 2 maart - 1 april in een periode met lage temperaturen, weinig denitrificatie), alle N als nitraat werd terug gevonden en dat bv. bij IIIa (eveneens vrijwel geen opneming) een maand later werd uitgespoeld (hogere temperaturen) terwijl stikstof in oplossing via de drainbuis, dus via het anaërobe milieu onder in de pot, werd gegeven. Hier werden wel grote stikstofverliezen geleden.

Zou de veronderstelde nitraatreduktie inderdaad hebben plaats gevonden, dan zou het aangehouden vochtgehalte dus lager hebben moeten zijn, zodanig dat er zich in de potten geen anaërobe zone zou hebben kunnen bevinden.

3.9 Fosfaatgehalten in het gewas

Van de gewasmonsters welke bij het opruimen van de proef werden verzameld, werd naast stikstof ook het gehalte aan fosfaat, kali, calcium en magnesium bepaald.

De samenhang tussen de fosfaatgehalten in de verschillende delen van de planten en de behandelingen is grafisch weergegeven in figuur 12. Vergelijkt men deze gegevens met die van de stikstofgehalten (figuur 7) dan blijkt dat de verwachte negatieve correlatie tussen stikstof en fosfaat, die bij de bladanalyse gewoonlijk wordt gevonden, slechts in een enkel geval wordt aangetroffen: bij groep I en gedeeltelijk bij groep III, waar hoge N-gehalten aan het einde van de proef samengingen met grotere produkties aan droge stof is deze negatieve correlatie, althans in het blad, aanwezig. Bij groep II, waar hoge N-gehalten juist niet samengingen met hogere produkties, valt eerder een positieve correlatie tussen stikstof en fosfaatgehalten te onderkennen.

Een duidelijk negatieve correlatie valt wel waar te nemen tussen de fosfaatgehalten en de produkties aan droge stof (figuur 9). Men moet de samenhang tussen N en P in het gewas dan ook vooral zoeken via de invloed die stikstof op de groei kan hebben. Heeft stikstof een positieve invloed - m.a.w. werd deze stikstof in de periode van de groei opgenomen - dan doet het verdunningseffect relatief lage fosfaatcijfers ontstaan.

Relatief stikstofgebrek aan het einde van het groeiseizoen heeft daarentegen niet met hoge fosfaatcijfers samen te gaan, nl. als de stikstofvoorziening in het begin goed was. Vergelijk bv. object III c: N alleen in juni, of IIa waar stikstof in het begin van het seizoen al werd gebruikt voor de groei.

3.10 Kaligehalten in het gewas

De gehalten aan K_2O in de verschillende delen van de onderstammen zijn weergegeven in figuur 13. Hoewel deze in alle plantendelen een samenhang met de bemesting vertonen, is deze samenhang toch het duidelijkst bij het blad.

De kali- en stikstofgehalten in het blad (vergelijk figuur 7) zijn weer duidelijk negatief gecorreleerd als hogere N-gehalten tevens

Fig. 12: Gehalten aan fosfaat

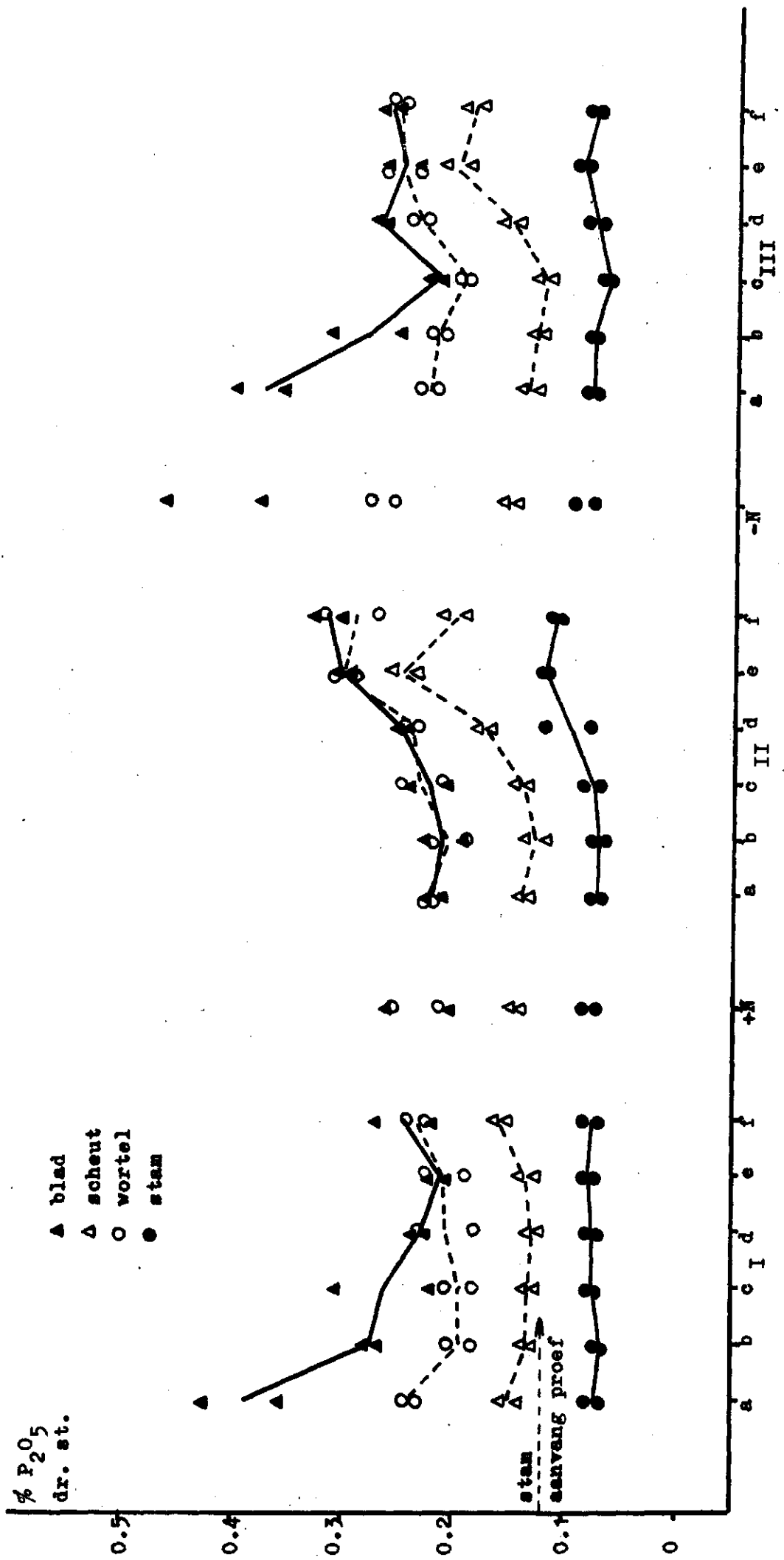
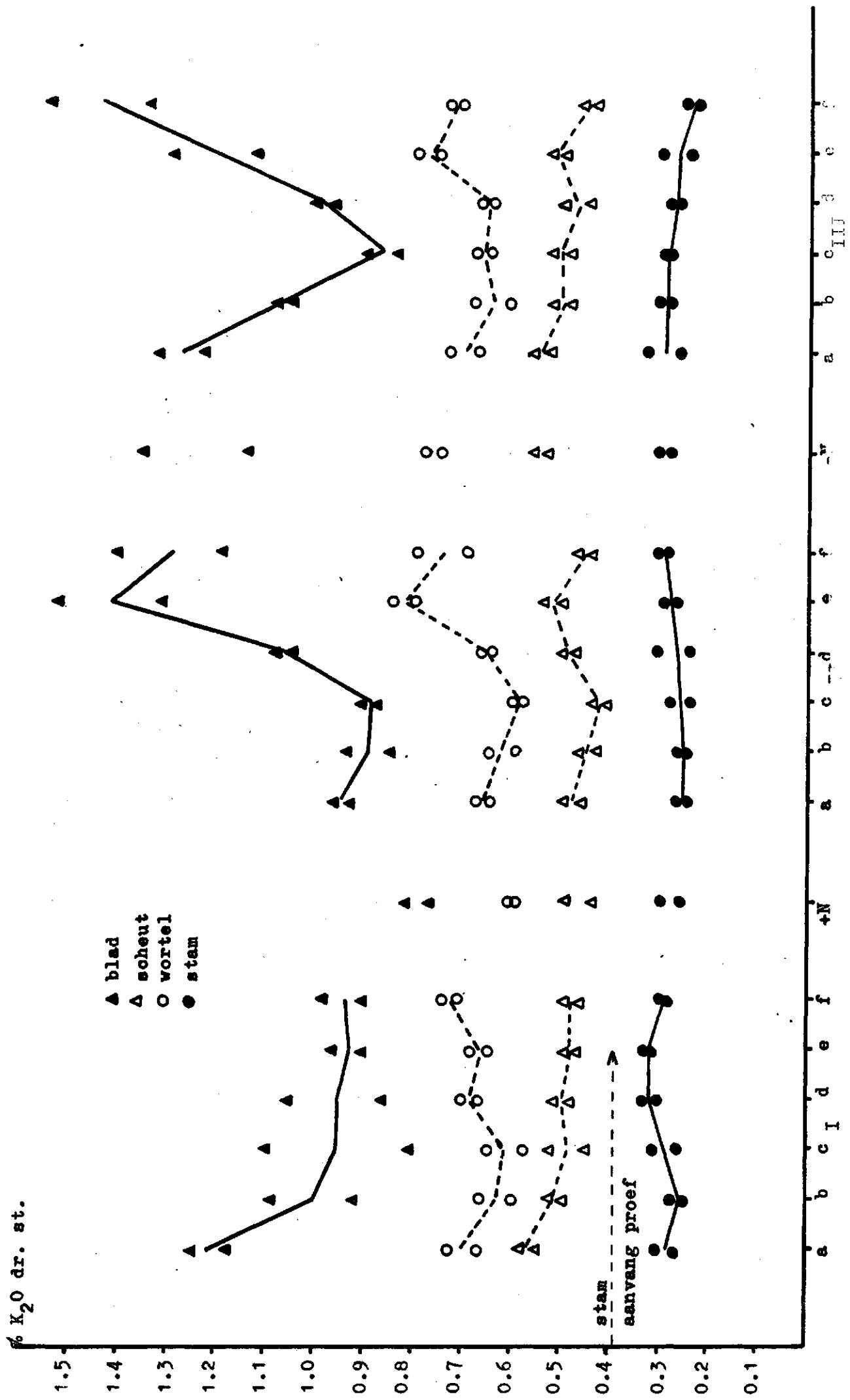


Fig. 13: Gehalten aan kali



samengingen met een gunstige invloed van stikstof op de groei, zoals bij groep I het geval was. Werd stikstof laat opgenomen, zodat er in de herfst wel een hoog N-gehalte maar geen grotere productie was bereikt - bv. bij groep IIe en f, IIIe en f - dan waren N en K positief gecorreleerd. De samenhang tussen kali en de behandelingen moet feitelijk weer evenals bij fosfaat via de invloed op de groei worden gezocht. Bij goed gegroeide planten werden in het blad lage kaligehalten aangetroffen. Evenals bij fosfaat en stikstof valt het op dat het stam-gedeelte armer was dan aan het begin van de proef.

3.11 Calciumgehalten in het gewas

De calciumgehalten in de verschillende delen van de onderstammen (figuur 14) vertonen zowel onderling als met de bemesting een wat onregelmatige samenhang. In het blad is de tendens aanwezig dat calcium in tegenstelling tot fosfaat en kali positief met stikstof is gecorreleerd in gevallen waar hogere stikstofgehalten ook met een grotere produktie aan droge stof samengaan. Calcium in het blad is dus ook positief gecorreleerd met de groei.

Van de overige plantendelen valt weinig te zeggen. De variatie in gehalten is hier in vergelijking met de bepalingsfout vrij gering. Het valt op dat scheuten calcium rijker, daarentegen fosfaat en kali-armer zijn dan het wortelstelsel.

3.12 Magnesiagehalten in het gewas

Figuur 15 tenslotte, geeft de magnesia-gehalten in het gewas weer. Alleen in het blad valt een duidelijke samenhang met de bemesting waar te nemen. Hierbij gedraagt magnesium zich in dezelfde zin als calcium: er is een positieve correlatie met de stikstofgehalten in die gevallen waar stikstof ook een gunstige invloed op de groei had. Er bestaat dus ook weer een positieve correlatie tussen magnesium en de produktie aan droge stof.

De gehalten in de overige delen van de onderstammen laten geen duidelijke samenhang met de bemesting zien.

4. CONCLUSIES

In een pottenproef met onderstammen M XI in humusarm zand werd de invloed van een uniforme stikstofgift op de groei, de bladkleur en de minerale samenstelling nagegaan wanneer deze stikstof ter beschikking werd gesteld vanaf het begin van het seizoen tot achtereenvolgens steeds later vallende data, of vanaf steeds later vallende data tot aan het eind van het seizoen, of in verschillende perioden steeds gedurende een maand.

Het gedrag van de bladkleur werd het gehele seizoen nagegaan. Deze kan op veranderingen in de stikstofopneming reageren vanaf het begin van het seizoen tot aan de veroudering van het blad in oktober. Van grote invloed is daarbij de omstandigheid of er van scheutgroei sprake is. Stikstofopneming in een periode dat deze groei bijna of geheel is afgesloten heeft een steeds donkerder wordende bladkleur tengevolge. De meest donkergroene kleuren werden waargenomen bij planten die gedurende de groeiperiode (mei-juli) stikstofgebrek leden en die pas tegen of na het afsluiten van de scheutgroei stikstof kregen.

Fig. 14: Gehalten aan Calcium

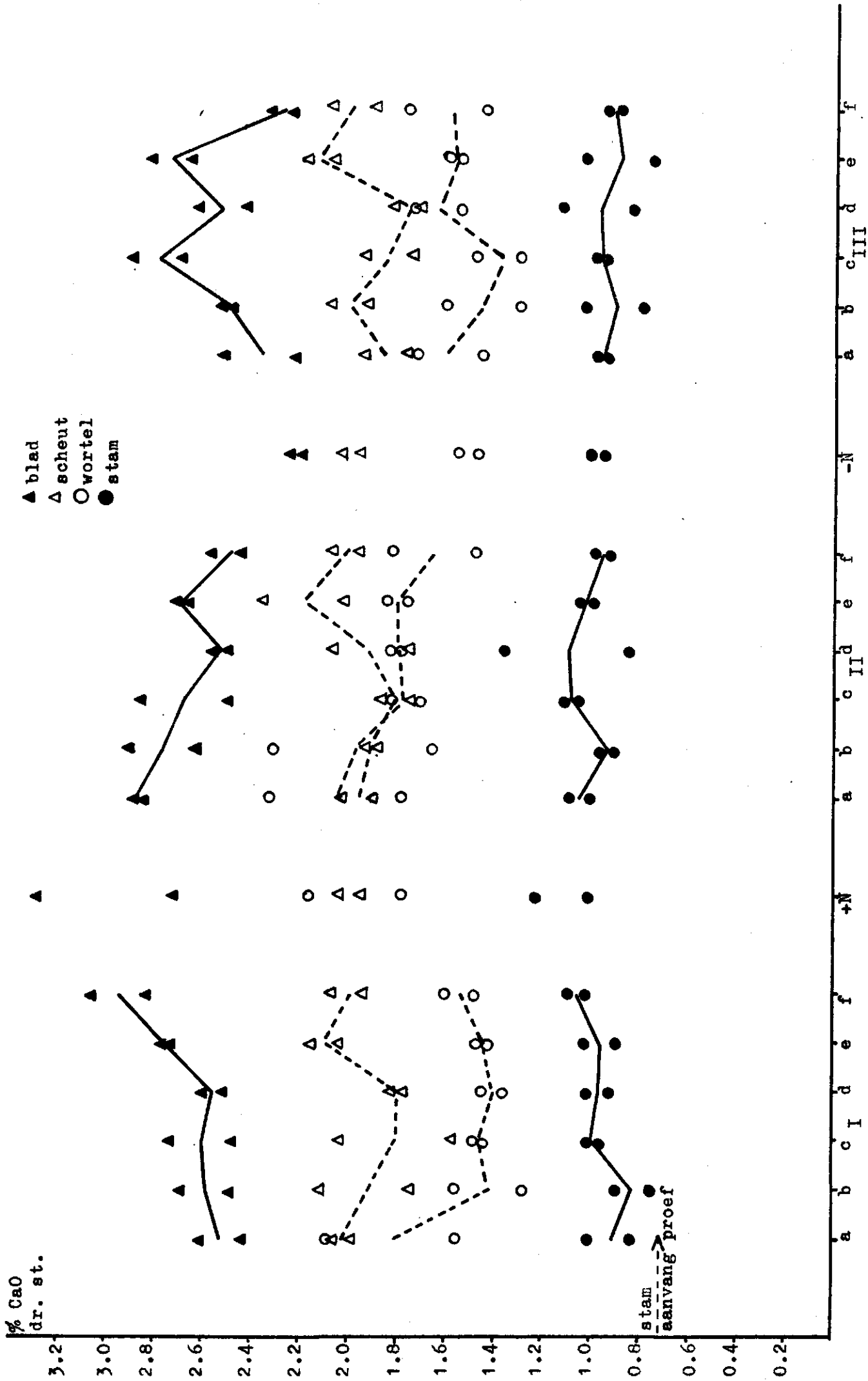
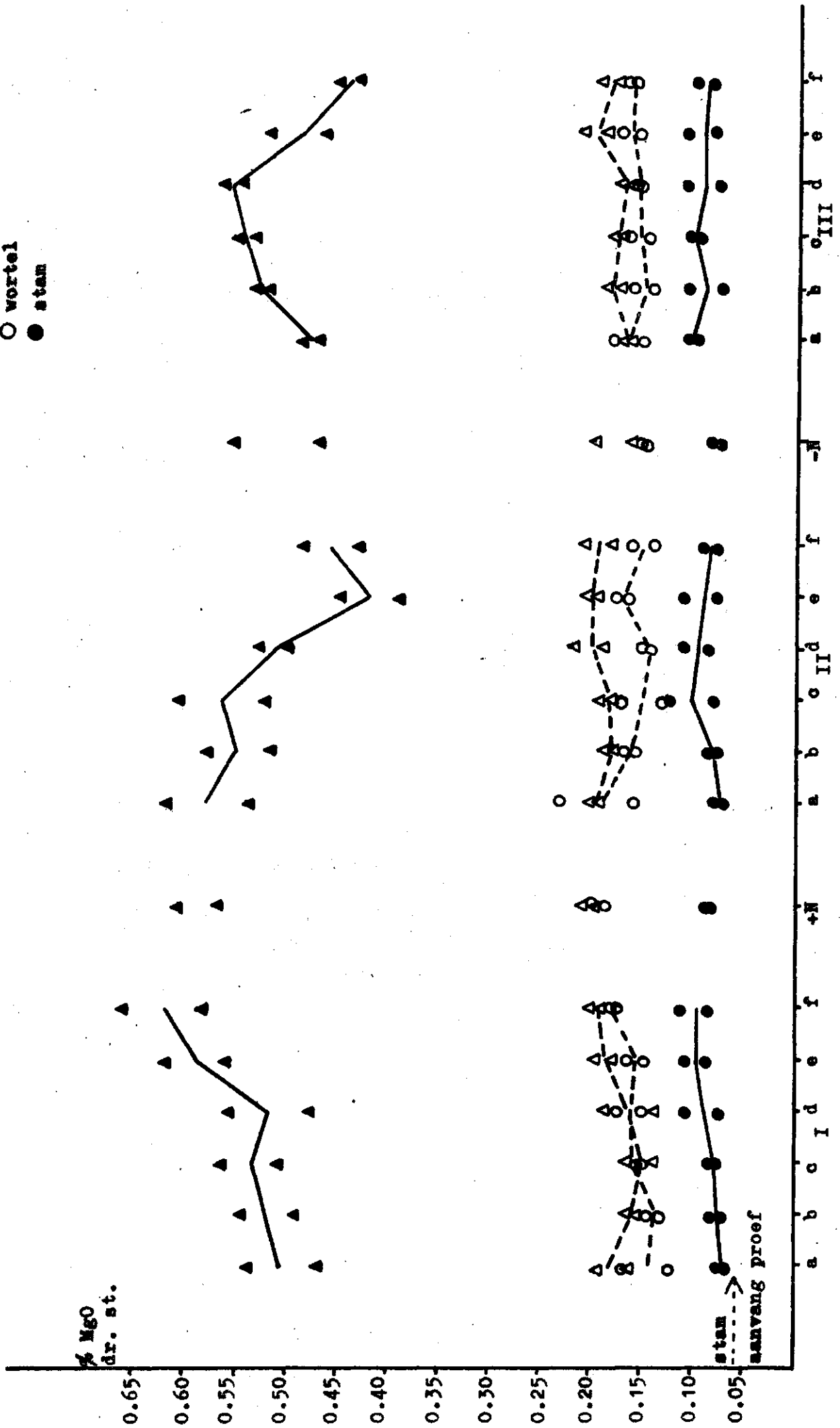


Fig. 15: Gehaltes aan magnesium



De samenhang tussen kleur en stikstofgehalte van het blad (figuur 8) wordt mede bepaald door de periode waarin stikstof werd opgenomen. Vroeg opgenomen stikstof gevolgd door stikstof-tekort geeft tegen het einde van het seizoen een wat groenere kleur dan het stikstofgehalte zou doen vermoeden. Omgekeerd blijft de ontwikkeling van de kleur bij zeer late stikstof-opneming achter bij het stikstofgehalte.

Bij de interpretatie van bladstikstofgehalten lijkt het van belang te weten, in welke mate er op het ogenblik van de monsternamen nog scheutgroei plaats vond. Was deze reeds beëindigd, dan wijst een hoog stikstofgehalte waarschijnlijk meer op een lang doorgaande stikstofopneming (late bemesting!) dan op een "goede" stikstofvoorziening.

In een fysiologisch actieve periode worden veranderingen in de stikstofopneming reeds na ca. 10 dagen zichtbaar.

Uit waarnemingen over de lengtegroei van de scheuten werd afgeleid dat deze groei nog vrij sterk van reservestoffen in de vrij goed doorvoede planten afhankelijk moet zijn geweest. De reactie op de behandelingen was nl. vrij gering. De scheutgroei kan na een periode van stikstofgebrek nog weer door een stikstofgift worden geprikkeld. Er lijkt echter een vrij scherp begrensde periode te bestaan (in deze proef tussen 1 en 12 juli) waarna dit niet meer mogelijk is. Waarschijnlijk valt deze periode samen met de vorming van een eindknop. Zolang deze nog niet aanwezig is kan de scheut tot hernieuwde groei worden geprikkeld. Door "late" stikstof kon de scheutgroei verlaat worden tot juli-augustus. Normaal vindt deze plaats in mei-juli.

Ook de stikstofgehalten in de verschillende delen van de plant aan het einde van de proef (figuur 7) waren hoger naarmate stikstof later werd gegeven. Bij zeer late opneming lijkt stikstof wat meer in het wortelstelsel geconcentreerd te blijven. De distributie van stikstof vanuit de wortels naar het blad vermindert blijkbaar eerder dan de stikstofopneming.

Uit de produktie van droge stof (figuur 9) kon worden afgeleid dat de periode waarin de wortelgroei op stikstof reageert iets eerder valt dan die van de bovengrondse delen. De wortelgroei vindt blijkbaar iets vroeger plaats. Late stikstof gaat daarom gepaard met een verhoging van het "spruitwortel"-quotient (tabel 4). Uit de produkties bij steeds later beginnende stikstofopneming werd geconcludeerd dat er een "hongereffect" bestaat: als de plant aanvankelijk enige tijd stikstofgebrek lijdt en dan stikstof ter beschikking krijgt wordt iets meer droge stof gevormd dan wanneer deze N het gehele jaar ter beschikking staat. De totale opneming van stikstof (figuur 10) is onder zulke omstandigheden belangrijk groter dan bij een beschikbaarheid van N gedurende het gehele jaar. Zelfs als slechts gedurende één maand (juli-augustus-september) stikstof aanwezig was werd er ongeveer evenveel stikstof als of zelfs iets meer stikstof dan bij aanwezigheid gedurende het gehele seizoen, opgenomen. Dit hongereffect mag wellicht worden toegeschreven aan de vorming van relatief veel fijne wortels bij aanvankelijk stikstofgebrek, zodat later aanwezige N beter en sneller kan worden opgenomen.

Bij planten die stikstofgebrek leden of die stikstof in de periode van de scheutgroei kregen werd waargenomen dat er stikstof uit het stamgedeelte verdwijnt. Waarschijnlijk vindt translocatie van stikstof uit de stam ten behoeve van de nieuwe groei plaats. Verrijking van het stamgedeelte met stikstof werd alleen gevonden als deze stikstof grotendeels na het afsluiten van de lengtegroei ter beschikking stond.

Bij de berekening uit de gewasanalyse van de totaal opgenomen hoeveelheden stikstof viel het op dat deze vrij laag waren in vergelijking tot de stikstofgift. In het uitspoelwater werd veel minder nitraatstikstof terug gevonden dan er volgens de gewasanalyse in de grond achter gebleven en dus uitgespoeld had moeten zijn.

Gezien het vrij hoge vochtgehalte dat in de proef werd aangehouden en gezien de vrij grote capillaire stijghoogte in deze $\pm 10\%$ slib bevattende tamelijk fijnzandige grond, werd verondersteld dat het onderste deel van de grond in de potten anaëroob moet zijn geweest. Hierdoor zou een deel van de nitraatstikstof gedenitrificeerd kunnen zijn. Deze stikstof kon niet worden opgenomen en ook niet in het spoelwater, dat alleen op NO_3 werd geanalyseerd, worden terug gevonden.

De gehalten aan fosfor, kali, calcium en magnesia vertoonden vooral in het blad over het algemeen een duidelijke samenhang met de behandelingen. Deze samenhang berustte vooral op de invloed die stikstof op de groei had. Met de produktie aan droge stof waren de gehalten aan magnesia en calcium aan het einde van de proef duidelijk positief, die aan fosfaat en kali negatief gecorreleerd.

Met de stikstofgehalten bestonden in dezelfde zin correlaties voor zover hogere stikstofgehalten samengingen met een grotere produktie aan droge stof. Dit was lang niet altijd het geval.

Tabel 1. Stikstofgehalten in % N op droge stof

Object	Groep I						+N
	a	b	c	d	e	f	
N-bem.	1/3-1/4	1/3-1/5	1/3-1/6	1/3-1/7	1/3-1/8	1/3-1/9	1/3-15/10
Pot No.	7-31	8-32	9-33	10-34	11-35	12-36	B18-B36
blad	1.12-1.06	1.04-1.08	1.08-1.16	1.27-1.08	1.32-1.40	1.36-1.34	1.27-1.55
scheut	0.55-0.52	0.46-0.45	0.48-0.45	0.48-0.43	0.48-0.46	0.49-0.52	0.52-0.55
stam	0.24-0.25	0.24-0.22	0.22-0.24	0.25-0.24	0.28-0.29	0.32-0.28	0.28-0.31
wortel	0.66-0.60	0.52-0.59	0.59-0.59	0.70-0.55	0.68-0.69	0.73-0.78	0.83-0.92

Object	Groep II						-N
	a	b	c	d	e	f	
N-bem.	1/4-15/10	1/5-15/10	1/6-15/10	1/7-15/10	1/8-15/10	1/9-15/10	-
Pot No.	1-19	2-20	3-21	4-22	5-23	6-24	B1-B19
blad	1.43-1.25	1.54-1.30	1.64-1.57	1.92-1.85	1.90-1.81	1.60-1.48	1.20-1.04
scheut	0.53-0.46	0.50-0.46	0.53-0.50	0.70-0.71	0.99-0.92	0.88-0.84	0.53-0.50
stam	0.27-0.24	0.28-0.24	0.32-0.32	0.36-0.48	0.55-0.55	0.56-0.48	0.25-0.25
wortel	0.78-0.70	0.76-0.70	0.98-0.83	1.01-1.02	1.43-1.44	1.37-1.23	0.77-0.74

Object	Groep III					
	a	b	c	d	e	f
N-bem.	1/4-1/5	1/5-1/6	1/6-1/7	1/7-1/8	1/8-1/9	1/9-1/10
Pot No.	13-25	14-26	15-27	16-28	17-29	18-30
blad	1.09-1.02	1.06-1.18	1.15-1.12	1.57-1.54	1.57-1.60	1.44-1.45
scheut	0.47-0.48	0.46-0.45	0.45-0.42	0.52-0.50	0.77-0.76	0.78-0.81
stam	0.25-0.25	0.25-0.25	0.27-0.24	0.32-0.29	0.42-0.39	0.42-0.45
wortel	0.63-0.66	0.59-0.63	0.63-0.59	0.87-0.77	0.91-0.95	1.12-1.10

Tabel 2. De produktie van droge stof in gram per pot.

Object	Groep I						+N
	a	b	c	d	e	f	
N-bem.	1/3-1/4	1/3-1/5	1/3-1/6	1/3-1/7	1/3-1/8	1/3-1/9	1/3-15/10
Pot No.	7-31	8-32	9-33	10 ^{*)} -34	11-35	12-36	B18-B36
blad	8.3- 9.7	10.6-10.7	10.1-12.2	11.8-12.3	15.0-15.8	14.1-12.6	13.7-12.2
scheut	7.0- 8.2	9.5- 8.8	8.8-11.9	12.1-12.3	14.1-12.8	12.0-10.8	11.4-11.6
t.st. [⊠])	1.9- 7.2	11.9-10.0	10.4-19.6	27.8-16.2	22.3-23.0	17.3-12.3	13.7-13.7
wortel	16.3-19.2	25.0-21.1	22.8-26.9	25.2-30.6	27.4-28.9	27.7-20.3	29.4-21.4
totaal	33.5-44.3	57.0-50.6	52.1-70.6	76.9-71.4	78.8-80.5	71.1-56.0	68.2-58.9

Object	Groep II						-N
	a	b	c	d	e	f	
N-bem.	1/4-15/10	1/5-15/10	1/6-15/10	1/7-15/10	1/8-15/10	1/9-15/10	-
Pot No.	1-19	2-20	3-21	4-22	5-23 ^{*)}	6-24	B 1-B19
blad	12.2-14.9	14.8-17.2	16.4-15.9	14.4-14.9	9.9-11.9	9.6- 9.1	6.3- 8.1
scheut	11.2-13.2	13.7-14.6	16.0-14.7	11.6- 9.2	6.2- 7.3	6.6- 5.6	6.6- 6.5
t.st.	14.1-20.9	21.2-24.8	26.3-26.7	20.7-15.0	4.7- 5.4	4.2- 2.0	5.1- 2.4
wortel	27.1-35.3	26.8-39.4	23.1-29.8	23.0-22.6	15.9-15.5	14.4-15.4	12.1-17.5
totaal	64.6-84.3	76.5-96.0	81.8-87.1	69.7-61.7	36.7-40.1	34.8-32.1	30.1-34.5

Object	Groep III					
	a	b	c	d	e	f
N-bem.	1/4-1/5	1/5-1/6	1/6-1/7	1/7-1/8	1/8-1/9	1/9-1/10
Pot No.	13-25	14-26	15-27	16-28 ^{*)}	17-29	18-30
blad	7.9- 9.1	11.9-11.3	10.9-12.6	18.1-14.2	11.5-10.4	11.6-11.4
scheut	7.4- 7.6	10.4- 9.8	11.2-13,0	16.8-14.7	7.6- 6.4	7.4- 6.8
t.st.	0.6- 7.3	13.1- 9.0	15.2-20.4	17.8-19.0	5.0- 4.1	2.5- 6.2
wortel	16.3-16.9	23.8-25.1	25.4-27.3	22.2-21.4	22.6-15.6	17.9-17.2
totaal	32.2-40.9	59.2-55.2	62.7-73.3	74.9-69.3	46.7-36.5	39.4-41.6

⊠) t.st. = toename gewicht drogestof van de stam, berekend uit toename vers gewicht.

*) pot 10, 23 en 28 uit opbrengst van 6 planten gecorrigeerd op 7 planten.

Tabel 3. Opgenomen hoeveelheid stikstof in milligram per pot.

Object	Groep I						+N
	a	b	c	d	e	f	
N-bem.	1/3-1/4	1/3-1/5	1/3-1/6	1/3-1/7	1/3-1/8	1/3-1/9	1/3-15/10
Pot No.	7-31	8-32	9-33	10-34	11-35	12-36	B18-B36
blad	93-103	110-116	109-141	150-133	198-221	192-169	174-189
scheut	38- 43	44- 40	42- 54	58- 53	68- 59	59- 56	59- 64
t.st. ^{*)}	-151 -121	-116 -142	-142 -94	-63 -107	-53 -31	-21 -76	-66 -45
wortel	108-115	130-125	135-159	176-168	186-199	202-158	244-197
totaal toename N	88-140	168-139	144-260	321-247	399-448	432-307	411-405
totaal incl. stam ^{**)}	468-520	548-519	524-640	701-627	779-828	812-687	791-785

Object	Groep II						+N
	a	b	c	d	e	f	
N-bem.	1/4-15/10	1/5-15/10	1/6-15/10	1/7-15/10	1/8-15/10	1/9-15/10	
Pot No.	1-19	2-20	3-21	4-22	5-23	6-24	B1-B19
blad	174-186	228-224	269-250	276-276	188-216	154-135	76- 84
scheut	59- 61	68- 67	85- 74	81- 65	61- 67	58- 47	35- 33
t.st. ^{*)}	-86 -92	-59 -94	+25 +25	+58 +141	+181 +176	+186 +77	-133 -138
wortel	211-247	204-276	226-247	232-230	227-223	197-189	93-129
totaal toename N	358-402	441-473	605-596	647-712	657-682	595-448	71-108
totaal incl. stam	738-782	821-853	985-976	1027-1092	1037-1062	975-828	451-488

Object	Groep III					
	a	b	c	d	e	f
N. bem.	1/4-1/5	1/5-1/6	1/6-1/7	1/7-1/8	1/8-1/9	1/9-1/10
Pot No.	13-25	14-26	15-27	16-28	17-29	18-30
blad	86- 93	126-133	125-141	284-219	180-166	167-165
scheut	35- 36	48- 44	50- 55	87- 74	59- 49	58- 55
t.st. ^{*)}	-144 -117	-106 -112	-71 -93	- 8 -49	+45 + 7	+24 +81
wortel	103-112	140-158	160-161	193-165	206-148	200-189
totaal toename N	80-124	208-223	264-264	556-409	490-370	449-490
totaal incl. stam	460-504	588-603	644-644	936-789	870-750	829-870

^{*)} t.st. = toename stam; min-tekenen betekenen verlies van stikstof uit de stam t.o.v. de toestand bij het planten; plus-tekenen betekenen toename van stikstof.

^{**)} door vermindering van deze cijfers met 380 mgr N (geschatte hoeveelheid N in de stam bij het planten) vindt men de totaal opgenomen hoeveelheid stikstof.