

NN 8201

no 361.

C

OVER DE OPTIMALE STIKSTOFVOEDING VAN GRANEN

BIBLIOTHEEK
DER
LANDBOUWHOOGESCHOOL
W. GENINGS

K. DILZ

NN08201.361

OVER DE OPTIMALE STIKSTOFVOEDING VAN GRANEN

WITH A SUMMARY

ON THE OPTIMAL NITROGEN NUTRITION OF CEREALS

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS, IR. W. F. EIJSVOOGEL,
HOOGLEERAAR IN DE HYDRAULICA, DE BEVLOEING,
DE WEG- EN WATERBOUWKUNDE EN DE
BOSBOUWARCHITECTUUR,
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAT
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP VRIJDAG 24 APRIL 1964 TE 16 UUR

DOOR

K. DILZ



CENTRUM VOOR LANDBOUWPUBLIKATIES EN LANDBOUWDOCUMENTATIE
WAGENINGEN 1964

STELLINGEN

I

Bij de bestudering van het verband tussen de stikstofbemesting en drogestofproductie van landbouwgewassen is de kennis van het verloop van stikstofopneming onmisbaar.

Dit proefschrift

II

Het effect van de stikstofvoorziening op de verlenging van de levensduur van de assimilerende organen van de plant berust op het feit, dat deze organen aan de eiwit-synthese het vermogen ontlene tot accumulatie en retentie van de assimilaten.

Dit proefschrift

III

Het gebruik van de "Höchstertrag" in het "Ertragsgesetz" van MITSCHERLICH verdient de voorkeur boven de "Maximalertrag" in de "Dritte Annäherung des Ertragsgesetzes" van VON BOGUSLAWSKI.

Z. f. Acker- und Pflanzenbau 114, 221-236, 1962

IV

De opvatting van DULAC, dat de korrelobbrengst van granen afhankelijk is van het aantal groene bladeren ten tijde van de bloei, is aanvechtbaar.

C. R. Acad. France 41, 328-331, 1955

V

Het feit, dat door een dichte stand van een graszaad- of graangewas de zaadopbrengst wordt geschaad, kan worden verklaard uit een te vroege uitputting van de hoeveelheid beschikbare stikstof.

G. J. VERVELDE, Algemene Plantenteelt, 1961 p. 109, r. 10

VI

Naast het gehalte aan oplosbare koolhydraten dient vooral het eiwitgehalte in de reserve-organen van het gras als een maat voor de werkelijke reserve ten aanzien van de grasgroei te worden beschouwd.

M. DEL POZO IBANEZ. The effect of cutting treatments on the dry matter production of *Lolium perenne* L. and *Dactylis glomerata* L. Proefschrift Wageningen 1963

VII

In tegenstelling tot de opvatting van VOISIN, dient de periode vóór het inscharen van het vee in de nazomer korter gehouden te worden dan in het voorjaar.

André VOISIN, Productivité de l'herbe, Flammarion, p. 49.

VIII

Het aandeel van het vegetatiedek in de verhoging van het stikstofniveau van de grond kan, met name in de humide tropen, gedeeltelijk worden toegeschreven aan de activiteit van vrijlevende stikstofbinders in de phyllosfeer.

A. W. MOORE, *Plant and Soil*, 19, 127-138, 1963
J. RUITEN, *Nature* 177, 220-221, 1956

IX

De techniek van het kweken van microorganismen in continu-cultuur is niet geschikt voor de bestudering van de ecologie van deze organismen.

H. VELDKAMP, Inaugurele rede, Groningen 1964

X

TYLER en BROADBENT duiden hun uit de analyse van de bovengrondse delen van gras verkregen proefresultaten ten onrechte als een "turn over" tussen de anorganische en organische stikstoffractie van de grond. Deze foutieve interpretatie moet worden toegeschreven aan een onvoldoende kennis van het gedrag van de gebruikte toetsplant.

K. B. TYLER en F. E. BROADBENT, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 22, 231-234, 1958

XI

Een vergelijking van het groeiverloop van niet gevernaliseerd wintergraan met dat van zomergraan onder daarvoor geschikte milieu-omstandigheden, kan waarschijnlijk inlichtingen geven over de vraag of het plantvolume c.q. de mogelijkheid tot afvoer van assimilaten een beperkende factor kan zijn voor de fotosynthese.

E. C. HUMPHRIES, *Ann. Bot. N. S.* 27, 175-183, 1963

XII

In de weidetijd verdient de keukenzoutvoorziening van ons rundvee meer aandacht.

XIII

Voor het goed functioneren van de parlementaire democratie is een zo groot mogelijke spreiding van verantwoordelijkheid noodzakelijk. In dit verband verdienen overheidsmaatregelen ter bevordering van de bezitsvorming de voorkeur boven het stimuleren van de medezeggenschap in bedrijven.

XIV

Een ruime keuze uit het werk van een beperkt aantal fotografen leent zich het best tot het verkrijgen van een inzicht in de fotografie als uitdrukkingmiddel.

Proefschrift K. Dilz.
Wageningen, 24 april 1964.

WOORD VOORAF

Bij het afsluiten van mijn proefschrift betuig ik U, Hoogleraren en Docenten van de landbouwhogeschool mijn dank voor alles, wat ik van U heb geleerd.

Hooggeleerde Schuffelen, hooggeachte promotor, het stemt mij tot voldoening, dat het onderzoek, waarmee in Uw laboratorium werd begonnen, tenslotte tot dit proefschrift heeft geleid. Uw voortvarendheid tijdens de besprekingen, Uw waardevolle suggesties en Uw kritische zin bij het redigeren van de tekst, heb ik zeer op prijs gesteld. Goede herinneringen bewaar ik aan het veelzijdige contact met enige van Uw medewerkers tijdens mijn verblijf in Uw laboratorium.

Hooggeachte Boudewijn, U dank ik voor het feit, dat de Nederlandse Stikstofmeststoffenindustrie mij de bewerking van dit proefschrift mogelijk gemaakt heeft.

Zeer geachte van der Molen, het leveren van een bijdrage tot het onderzoek behoort, volgens je opvattingen, tot de activiteiten, waarmee de landbouwkundige in dienst van de industrie de belangen van zijn werkgever kan behartigen. Dat je me de gelegenheid gegeven hebt een deel van mijn onderzoek tot een proefschrift te verwerken, waardeer ik in hoge mate.

Zeergeleerde van Burg, voor je spontane aanbod om voor dit proefschrift essentiële gegevens beschikbaar te stellen, voor je waardevolle suggesties en kritiek inzake tekst en tekeningen en voorts voor velerlei hulp ben ik je zeer dankbaar. Van je stimulerende belangstelling heb ik veel profijt gehad.

Hooggeleerde Mulder, ik dank U voor de gastvrijheid, die ik in Uw laboratorium genoten heb. De samenwerking met U en met enige van Uw medewerkers hebben mijn gezichtsveld in belangrijke mate verruimd. In het bijzonder bij de samenwerking met jou, beste Woldendorp, in het onderzoek over de stikstofhuishouding van grasland, heeft je scherpe analyse van de problemen me zeer geïnspireerd. De invloed van de vele gesprekken met jou, beste Lie, is op verschillende plaatsen in dit proefschrift merkbaar, terwijl ik bij mijn werk herhaaldelijk van je veelzijdige kennis heb geprofiteerd. Uw studie van de dynamische levensgemeenschap, de phyllosfeer, geachte mejuffrouw Ruinen, heeft mij steeds geboeid, enerzijds door Uw wijze van interpretatie, anderzijds door de belangrijke landbouwkundige betekenis ervan.

Voorzover het onderzoek is uitgevoerd in het laboratorium voor Landbouwscheikunde, zijn de analyses verricht door mevrouw Schneider-Pieters. Voor haar hulpvaardigheid hierbij zeg ik haar hartelijk dank.

Het merendeel van het analyserwerk komt voor rekening van mejuffrouw Steemers. De toewijding en accuratesse, Ria, waarmee jij je van je vaak zeer zware taak hebt gekweten, verdienen alle lof; het was meer dan redelijkerwijs van je verwacht mocht worden.

Beste Houwers, je directe aandeel in dit proefschrift is beperkt, dank zij jou echter

heb ik de tijd kunnen vinden voor het schrijven ervan, doordat jij waar je maar kon, de leiding van het dagelijkse werk van me overnam. Voor de ideale samenwerking en de vriendschap, die ik van je ondervond, kan ik je niet genoeg danken.

Graag vermeld ik, dat ik aan het contact met jou, beste Antheunisse, veel inspiratie ontleende.

De dames Schoemaker en Bruggema, verbonden aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, dank ik voor de accurate wijze, waarop zij de figuren voor dit proefschrift hebben verzorgd. Ook de heer Arnold dank ik voor enige waardevolle suggesties en kritiek.

Het personeel van de laboratoria voor Landbouwscheikunde en Microbiologie, in het bijzonder de heren van Velzen en Wessels, dank ik voor de hulp, die ik heb mogen ondervinden. De heren Jansen c.s., Post en Hulshof dank ik voor hun toewijding bij het verzorgen van de potproeven.

De heren Dr. Bokhoven en Teeuwen van het Centraal Laboratorium der Staatsmijnen dank ik ten zeerste voor het uitvoeren van de talrijke N-15 analyses.

Tenslotte dank ik de heren Mr. Rutgers en Osse van PUDOC voor de samenwerking bij de uitgave van dit proefschrift, terwijl ik zeer erkentelijk ben voor de hulp, die ik van de medewerkers van de Bibliotheek mocht ondervinden.

INHOUD

1	INLEIDING	1
2	HET VERLOOP VAN DE DROGE-STOFPRODUKTIE EN IONENOPNEMING DOOR HAVER OP VOEDINGSOPLOSSINGEN	3
2.1	<i>Beschrijving van de proeven</i>	3
2.1.1	Ongestoorde groei	4
2.1.2	Het afbreken van de ionenvoorziening op achtereenvolgende data	4
2.1.3	Het verwijderen van de bloeiwijzen	4
2.1.4	Het effect van het verwijderen van de bloeiwijzen op de wortel- ademhaling	5
2.1.5	Waterverbruik en ionenopneming	5
2.1.6	Vergelijking van de generatieve en vegetatieve groei van graan- planten	7
2.2	<i>Resultaten en bespreking</i>	7
2.2.1	Ongestoorde groei	7
2.2.2	Invloed van het op achtereenvolgende data afbreken van de voeding op de droge-stofproduktie en ionenverdeling	13
2.2.3	Het effect van het verwijderen van de bloeiwijzen op de droge- stofproduktie en wortelademhaling	15
2.2.4	Waterverbruik en ionenopneming	17
2.2.5	Vergelijking van de generatieve en vegetatieve groei van graan- planten	21
2.3	<i>Samenvattende bespreking</i>	26
3	DE INVLOED VAN ONTWIKKELING, BLOEI EN AFRIJPING OP DE STIKSTOF- HUISHOUDING VAN ÉÉNJARIGE PLANTEN (LITERATUUR)	29
3.1	<i>Het vermogen tot eiwitsynthese van oudere bladeren</i>	29
3.2	<i>De zuigkracht der bloeiwijzen</i>	30
3.3	<i>Factoren, die het verloop van de afrijping bepalen</i>	30
3.4	<i>De aard van de zuigkracht</i>	30
3.5	<i>De betekenis van het kinetine-onderzoek</i>	32
4	DE OPTIMALE STIKSTOFVOEDING VAN HAVER IN POTPROEVEN	34
4.1	<i>Proefopzet</i>	34
4.2	<i>Beschrijving en resultaten van de afzonderlijke proeven</i>	34
4.2.1	Potproef met haver 1957	34
4.2.2	Potproef met haver 1959	42

4.2.3	Potproef met haver 1961	45
4.3	<i>Vergelijking en samenvatting van de resultaten</i>	48
5	DE STIKSTOFHUISHOUDING VAN DE AFZONDERLIJKE ORGANEN VAN HAVER IN VERBAND MET DE ZUIGKRACHT VAN DE BLOEIWIJZEN.	51
5.1	<i>Proefopzet</i>	51
5.2	<i>Beschrijving en resultaten der afzonderlijke proeven</i>	51
5.2.1	Overbemestingsproef met gemerkte stikstof, 1958	51
5.2.2	De N-15-verdeling in de afzonderlijke organen in afhankelijk- heid van het tijdstip van toediening, 1958	57
5.2.3	Het verloop van het stikstofgehalte in de afzonderlijke organen gedurende de ontwikkeling van de plant, 1959	60
5.3	<i>Samenvattende bespreking</i>	62
6	DE INVLOED VAN ENIGE MILIEU-FACTOREN OP HET EFFECT VAN DE STIKSTOF- BEMESTING BIJ HAVER	64
6.1	<i>De invloed van de weersomstandigheden tijdens de groei</i>	64
6.2	<i>De watervoorziening</i>	68
6.2.1	Potproef haver 1959	68
6.2.2	Potproef haver 1962	71
6.3	<i>De groei van haver in de open lucht en in de kas</i>	72
6.4	<i>Samenvattende bespreking</i>	73
7	DROGE-STOFFPRODUCTIE EN STIKSTOFOPNEMING DOOR ZOMERGRANEN IN POT- PROEVEN	75
8	DROGE-STOFFPRODUCTIE EN STIKSTOFOPNEMING DOOR HAVER BIJ VARIËRENDE PLANTAANTALLEN EN STIKSTOFHOEVEELHEDEN	78
9	VERGELIJKING VAN DE RESULTATEN VAN POT- EN VELDPROEVEN	81
9.1	<i>De optimale stikstofvoeding van granen in potproeven</i>	81
9.2	<i>Vergelijking van pot- en veldproeven in 1959</i>	81
9.3	<i>De optimale stikstofvoeding in veldproeven</i>	85
9.4	<i>Voorwaarden voor vergelijking van pot- en veldproeven</i>	87
9.5	<i>Vergelijking met potproeven uit de literatuur</i>	89
9.6	<i>Deling van de stikstofgift</i>	91
9.7	<i>Samenvatting</i>	96
10	ALGEMENE BESPREKING	98
	SAMENVATTING	106
	SUMMARY	112
	LITERATUUR	118
	BIJLAGEN	

1 INLEIDING

De levenscyclus van een éénjarige zaadplant kan men met BALLARD en PETRIE (1936), PETRIE (1937) en WILLIAMS (1955) verdelen in de jeugdfase, het stadium van de volwassen plant en de afrijping. Tijdens de jeugdfase nemen zowel de afmetingen als het gewicht van de plant sterk toe. Van de volwassen plant veranderen de afmetingen niet of nauwelijks meer maar neemt het gewicht nog wel toe. Tijdens de afrijping vindt afbraak van bladgroen en eiwitten in de vegetatieve delen plaats, welke leidt tot afsterving van deze organen. Een deel der assimilaten wordt naar de reserveorganen, de zaden, geleid, waarmee de kringloop is gesloten. Door de bemesting kan de grootte en de levensduur van de plant worden beïnvloed.

In een jong stadium nemen de planten intensief voedingszouten op, terwijl na de afrijping de opneming hiervan geheel is opgehouden. In de daartussen gelegen periode moet de snelheid van de zoutopneming dus sterk dalen. In de literatuur is herhaaldelijk beschreven, dat de opneming van voedingsstoffen door granen in potproeven (o.a. WAGNER, 1932) en veldproeven (o.a. VAN ITALLIE, 1937) na het schieten vrijwel ophoudt, waarna soms zelfs een daling van de hoeveelheid in de plant aanwezige voedingsstoffen gevonden wordt. Naar aanleiding hiervan rijst de vraag: houdt de ionenopneming op, doordat het substraat wordt uitgeput of verliest de plant bij het ouder worden het vermogen om ionen op te nemen of is er sprake van een wisselwerking?

Al in het begin van de dertiger jaren is uit doorstromingsproeven van PAXINOS (1933) en het werk van SELKE (1938), dat is gevolgd door een stroom van Duitse onderzoekingen, gericht op het vullen van de „Eiweisslücke” van het derde rijk, gebleken, dat graanplanten in een laat ontwikkelingsstadium nog ionen kunnen opnemen.

Echter nog in 1953 meende de bekende Britse plantenfysioloog F. G. GREGORY, dat een graanplant na het schieten niet meer in staat zou zijn voedingszouten op te nemen, ook indien deze in ruime mate in het milieu aanwezig zijn. Hieruit blijkt, dat de hierboven gestelde vragen nog steeds actueel zijn en dat een onderzoek naar in- en uitwendige factoren, die het opnemend vermogen van de éénjarige plant bepalen (in dit onderzoek de graanplant) van belang kan zijn voor een beter inzicht in het effect van bemestingsmaatregelen.

Opzet van het onderzoek

Uitgangspunt van het onderzoek was het bestuderen van het gedrag van haver bij een voortdurend ruime voorziening met voedingszouten en water (watercultuur). Daar het gedrag van de haver verband hield zowel met het optreden van de bloei als met de toevoer van voedingszouten, werd een uitvoerig literatuuronderzoek ingesteld naar het effect van de ontwikkeling, bloei en afrijping op de stofverdeling in de plant.

De stikstofhuishouding bleek hierbij een overwegende rol te spelen, reden, waarom in het vervolg van het onderzoek alle aandacht werd gericht op de stikstofvoeding van de plant. Daarom werden in potproeven het verloop van stikstofopneming en droge-stofproductie van granen, vooral van haver, en de invloed van enige milieu-factoren bestudeerd. Tenslotte werden de resultaten van de potproeven vergeleken met veldproefresultaten, welke werden ontleend aan de literatuur.

2 HET VERLOOP VAN DE DROGE-STOFPRODUKTIE EN IONENOPNEMING DOOR HAVER OP VOEDINGSOPLOSSINGEN

Uitgangspunt van het onderzoek was het bepalen van de groeicurve van haver onder omstandigheden van een voortdurend ruime beschikbaarheid van voedingszouten en water. Hiertoe werden de planten gekweekt op voedingsoplossingen, waardoor de voorziening met ionen en water voortdurend in de hand gehouden kan worden en eventueel op elk gewenst tijdstip kan worden afgebroken.

Voorts werd nagegaan, hoe haver reageert op de in latere ontwikkelingsstadia opgenomen ionen. In een speciale opstelling werd het verband tussen ionenopneming en waterverbruik bestudeerd in samenhang met de ontwikkeling van het gewas.

Daar verwacht kan worden, dat de ontwikkeling van de bloeiwijzen een belangrijke invloed heeft op het verloop van de levensprocessen van de plant, werden van een aantal planten de bloeiwijzen stelselmatig verwijderd. Van deze planten werden de droge-stofproduktie, de opneming van ionen en de wortelademhaling vergeleken met die van ongestoord groeiende planten.

Tenslotte werden de droge-stofproduktie en ionenopneming van bloeiende en vegetatieve graanplanten vergeleken.

2.1 BESCHRIJVING VAN DE PROEVEN

De proeven werden uitgevoerd met haver var. Marne. Na ontsmetting werd het zaad in vochtig kwartszand ter kieming gelegd, aanvankelijk onder afsluiting van het licht. Na 9 dagen werden de kiemplanten met leidingwater afgespoeld en met behulp van vette watten in de gaatjes (diameter 1 cm) van witgeschilderde hardboard deksels bevestigd. Deze deksels pasten op glazen cilinders van ruim 2,4 liter inhoud. Het aantal plantjes bedroeg 12 per cilinder.

De cilinders werden gevuld met 2,25 liter voedingsoplossing volgens HOAGLAND, welke als volgt was samengesteld: 0,0025 M KNO_3 , 0,0025 M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0,001 M MgSO_4 en 0,0005 M KH_2PO_4 per liter. De zouten (gradatie chemisch zuiver) werden opgelost in leidingwater. De voorraadoplossing MgSO_4 was zodanig met H_2SO_4 aangezuurd, dat de pH van de voedingsoplossing (gemeten met de glaselectrode) een waarde van omstreeks 5,0 bereikte. Fe werd gegeven in de vorm van $\text{Fe}^{+++}\text{EDTA}$ tot een concentratie van ongeveer 5 dpm. Verder werden geen sporenelementen toegediend. In enige potten werd een HOAGLAND-oplossing van dubbele sterkte gebruikt om het effect hiervan op het suikergehalte van de haver na te gaan. De planten werden

eens per week van een verse oplossing voorzien. Indien nodig, werd extra water gegeven om het door de planten verdampte water aan te vullen.

De oplossingen werden aanvankelijk tweemaal, later driemaal per dag, telkens gedurende een half uur, geaëreerd.

De cilinders werden ter afscherming van het licht in houten kistjes gezet en twee aan twee radiaal op de draaiende schijf in de kas geplaatst.

2.1.1 Ongestoorde groei

Om het verloop van droge-stofproductie en ionenopneming door de haverplanten te kunnen volgen, werden telkens twee potten geoogst op: 24, 31 mei, 7, 14, 21, 28 juni, 5, 12 juli, 2 augustus en 5 september (gezaaid 1 mei, overgeplant 9 mei).

Van het gewas werden de bovengrondse delen en de wortels, (na afgespoeld te zijn met leidingwater), afzonderlijk geoogst, bij 105°C gedroogd, gewogen, gemalen en geanalyseerd op N, P₂O₅ en K₂O. Van het laatste monster werden korrels en stro afzonderlijk geoogst en geanalyseerd.

Het materiaal werd met behulp van geconcentreerde H₂SO₄ en H₂O₂ gedestruëerd. De totaal-N bepaling geschiedde volgens LINDNER, het P₂O₅-gehalte in het destruaat werd colorimetrisch bepaald met behulp van de molybdeenblauw-methode volgens SNELL en SNELL (1949). De bepaling van K₂O werd uitgevoerd met de vlamfotometer. Zowel in de wortels als in de bovengrondse delen werd het gehalte aan oplosbare suikers, uitgedrukt als glucose, bepaald volgens VAN DER PLANK (1936).

In het voorafgaande jaar was een soortgelijke proef met haver op voedingsoplossingen genomen, slechts met dit verschil, dat de planten twee weken eerder waren gezaaid en geen aëratie van de voedingsoplossingen was toegepast. De resultaten worden ten dele tegelijk vermeld met die van de hierboven beschreven proef.

2.1.2 Het afbreken van de ionenvoorziening op achtereenvolgende data

Om na te gaan, in hoeverre de ionenopneming in de latere ontwikkelingsstadia nog bijdraagt tot de droge-stofproductie, werd op achtereenvolgende data telkens aan 2 potten de voedingsoplossing onthouden en tot afrijpen resp. oogsten vervangen door water, te weten vanaf: 14 juni, 12 juli en 2 augustus. Na deze data groeiden de planten door tot afrijpen, waarna wortels, stro en korrels afzonderlijk werden geoogst en geanalyseerd.

2.1.3 Het verwijderen van de bloeiwijzen

Bij 8 potten werden systematisch alle bloeiwijzen van de haverplanten verwijderd, zodra ze te voorschijn gekomen waren. Het effect van deze behandeling op het verloop van de droge-stofproductie kon worden nagegaan, door van deze serie telkens 2 potten tussentijds te oogsten: 5, 12 juli, 2 augustus en 5 september. Van deze planten werden

wortels, stro en bloeiwijzen afzonderlijk geoogst, gewogen en geanalyseerd. In stro en wortels werd het gehalte aan oplosbare suikers bepaald.

2.1.4 Het effect van het verwijderen van de bloeiwijzen op de wortelademhaling

Verder werd de invloed van het verwijderen van de bloeiwijzen op de wortelademhaling nagegaan. Hiertoe werden de benodigde haverplanten, na te zijn voorgekiemd in zand, met vette watten in doorboorde rubberstoppen bevestigd, welke pasten in wijdmondse stopflessen van 500 ml inhoud. Het aantal planten bedroeg drie per fles. Evenals bij de andere proeven werden de planten gekweekt op Hoagland-oplossingen welke eens per week werden verversd. Voor de proef werd een aantal flessen uitgezocht, waarvan de planten ongeveer dezelfde wortelademhaling vertoonden.

Het meten van de wortelademhaling geschiedde als volgt: met behulp van een waterstraalpomp werd via natronkalk gezuiverde CO_2 -vrije lucht door de voedingsoplossing gezogen. Het door de plantenwortels ontwikkelde CO_2 werd in vier achter elkaar verbonden erlenmeyers, voorzien van gasverdeelbuisjes en gevuld met een bekende hoeveelheid barietwater, geabsorbeerd en als BaCO_3 neergeslagen. Aan het einde van de proef, die meestal 6-7 uur duurde, werd de resterende hoeveelheid Ba(OH)_2 met HCl getitreerd.

Met behulp van vette watten en vaseline konden de planten meestal zonder al te veel moeite luchtdicht in de rubberstoppen bevestigd worden. Verder was de controle op eventuele lekkage vrij eenvoudig. Het is echter niet zeker, dat met deze opstelling het door de wortels ontwikkelde CO_2 kwantitatief is geabsorbeerd doch voor een kwalitatieve vergelijking van de wortelademhaling van wel en niet gedecapiteerde haverplanten lijkt dit geen bezwaar. De ademhalingsproeven werden genomen in een 0,0075 M KNO_3 -oplossing. Buiten de proefperiodes stonden de planten op leidingwater. De proeven begonnen vlak voor de bloei van de haver en werden tot na het afrijpen van de korrels voortgezet.

2.1.5 Waterverbruik en ionenopneming

Om het verloop van het waterverbruik en de ionenopneming afzonderlijk te kunnen bepalen, werd gebruik gemaakt van de in figuur 1 aangegeven opstelling, waarmee het niveau van de voedingsoplossing in de cilinders met planten constant gehouden kan worden. Zodra door waterverbruik van de planten het niveau van de voedingsoplossing daalt beneden het uiteinde van waterstandsbuisje A, wordt via buis B water uit het reservoir (een 2 liter-maatkolf) aangevoerd, totdat het oorspronkelijke niveau bereikt is.

Aan het begin en einde van elke wekelijkse verversingsperiode werden ionenconcentratie en waterverbruik bepaald. Met behulp van deze gegevens kan men, uitgaande van een bekende beginconcentratie en een bekend waterverbruik, de eindconcentratie berekenen in het geval, dat de planten water en voedingszouten niet selectief opnemen

(passieve ionenopneming). Deze relatie kan worden uitgedrukt door de volgende formule:

$$c_n = \left(\frac{L - v}{L} \right)^n \cdot c$$

waarin L = de totale constante hoeveelheid vloeistof in de cilinders, uitgedrukt in liters,

v = de hoeveelheid vloeistof, uitgedrukt in liters, die telkens door water wordt vervangen,

c = de beginconcentratie van het betreffende ion, uitgedrukt in milliequivalenten per liter,

c_n = de concentratie in de voedingsoplossing van hetzelfde ion, nadat $n \cdot v$ liters voedingsoplossing door water zijn vervangen.

FIG. 1. Opstelling voor het vergelijken van de opnemingsnelheid van water en zouten uit voedingsoplossingen

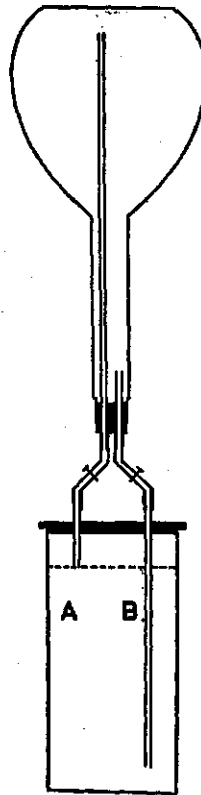


Fig. 1. Design to compare the rate of water and salt uptake by plants from nutrient solutions

De formule geldt, indien het uit de voorraadkolf afkomstige water geheel met de oplossing vermengd wordt. Doordat het toevoelen met vrij veel turbulentie gepaard ging en de cilinders op een ietwat schoksgewijs draaiende schijf voortdurend in beweging waren, terwijl bovendien de oplossing enige malen per dag werd geaëreerd, kan worden aangenomen, dat de menging wel voldoende geweest is.

Door de berekende eindconcentratie voor passieve ionenopneming te vergelijken met de gevonden eindconcentraties, kan worden bepaald of het betreffende ion dan wel het water sneller door de plant werd opgenomen.

Van de 4 cilinders met planten werden aldus wekelijks de ionenopneming en het waterverbruik bepaald gedurende de periode van 17 mei tot 13 oktober. Bij twee cilinders werden van de haverplanten de bloeiwijzen verwijderd, zodra ze te voorschijn gekomen waren. Op 27 september werden de planten van de twee buitenste cilinders van plaats verwisseld met de twee binnenste in de rij van vier, om aldus een "plaats"-effect op het waterverbruik en de ionenopneming na te kunnen gaan.

2.1.6 Vergelijking van de generatieve en de vegetatieve groei van graanplanten

Voor deze vergelijking werd gebruik gemaakt van potproeven, waarvan de details gegeven worden in 2.2.5.

2.2 RESULTATEN EN BESPREKING

2.2.1 Ongestoorde groei

Resultaten

De haverplanten groeiden snel op en begonnen eind mei te schieten; op 14 juni was het laatste blad geheel zichtbaar en op 28 juni kwamen de bloeiwijzen tevoorschijn, waarna onmiddellijk de bloei begon, die duurde tot ongeveer 12 juli. Na de afrijping der bloeiwijzen ontstonden veel vegetatieve uitlopers, terwijl de oudere halmen met uitzondering van de pluimen groen bleven tot de oogst op 5 september.

In figuur 2 is het verloop van de hoeveelheid droge stof van de boven- en ondergrondse delen uitgezet tegen de tijd.

Na een aanlooperperiode nam de hoeveelheid droge stof tot aan de oogst in september vrijwel rechtlijnig toe. Opmerkelijk was echter een tijdelijke vermindering in de droge-stofstoename in de periode van 28 juni tot 12 juli, welke samenviel met de bloei. Het wortelgewicht nam regelmatig toe tot ongeveer eind juni en bleef daarna vrijwel constant.

Evenals de produktie van droge stof, verliep ook de opneming van stikstof, fosfaat en kalium zeer regelmatig (figuur 3). Na de bloei en afrijping der bloeiwijzen, bleef de opnemingsnelheid voor kalium en stikstof vrijwel gelijk, terwijl de fosfaatopneming

FIG. 2. Verloop van de droge-stofproductie door haver op regelmatig ververste voedingsoplossingen bij ongestoorde groei en bij regelmatig verwijderen der bloeiwijzen

FIG. 3. Verloop van de ionenopneming door haver op regelmatig ververste voedingsoplossingen

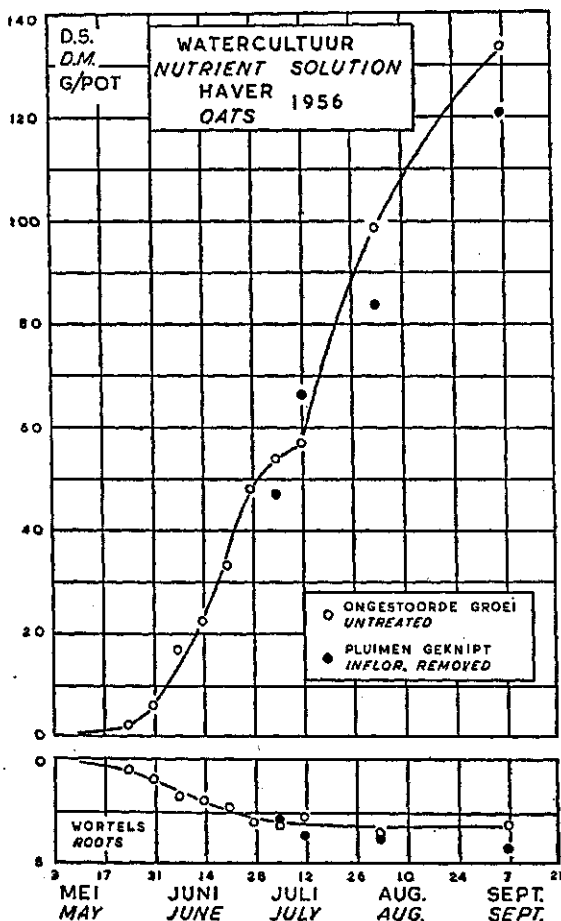


Fig. 2.

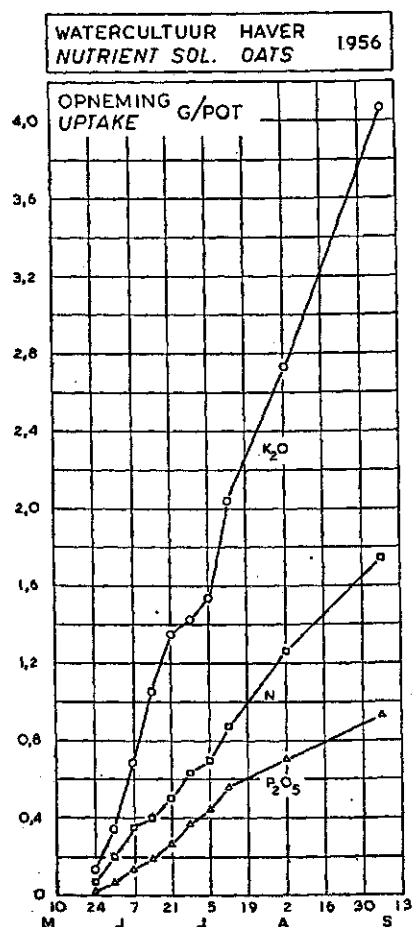


Fig. 3.

FIG. 2. Growth curve of oats on regularly renewed nutrient solutions (no treatment and inflorescences continuously removed)

FIG. 3. Curves of ion uptake by oats from regularly renewed nutrient solutions

vrij duidelijk terugliep. Niettemin was ook de hoeveelheid na de bloei opgenomen fosfaat, aanzienlijk.

Het verloop van het gehalte aan oplosbare koolhydraten in de bovengrondse delen en in de wortels gedurende de ontwikkeling van de haver is weergegeven in figuur 4.

Na een aanvankelijke daling steeg het suikergehalte in bladeren en stengels in enkele dagen snel tot een maximum en liep daarna weer vrijwel even snel terug. Het

FIG. 4. Verloop van het gehalte aan oplosbare koolhydraten (procenten van de droge stof) in haver (1956) bij ongestoorde groei, bij regelmatig verwijderen der bloeiwijzen en in een oplossing van dubbele concentratie

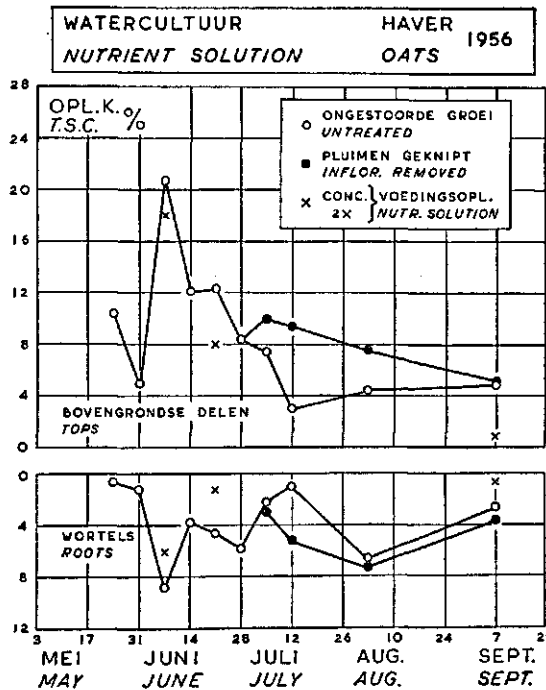


FIG. 4. Changes in total soluble carbohydrates (percentage of dry weight) in oats during the growing period (1956). No treatment, inflorescences continuously removed and 2 × concentrated nutrient solution

scherpe maximum in het suikergehalte viel samen met het begin van het doorschieten van het gewas. Verder vond na de bloei in de wortels een duidelijke stijging van het suikergehalte plaats.

Het verloop van het suikergehalte in boven- en ondergrondse delen van haver kan nog beter worden geïllustreerd met behulp van gegevens, ontleend aan een eerder genomen proef met haver op voedingsoplossingen, die op dezelfde wijze was uitgevoerd als het hierboven beschreven experiment, slechts met dit verschil, dat geen aëratie was toegepast terwijl de ionentoediening kort na de bloei was gestaakt. Het in figuur 5 weergegeven verloop van de suikergehaltes vertoont grote overeenkomst met dat in figuur 4. Ook hier werd na een aanvankelijke daling een scherpe top in het suikergehalte waargenomen, welke eveneens samenviel met het begin van het schieten. Door het grotere aantal waarnemingspunten komt in figuur 5, duidelijker dan in figuur 4, de grote kwalitatieve overeenkomst in het verloop van de suikergehaltes van boven- en ondergrondse delen tot uiting.

FIG. 5. Verloop van het gehalte aan oplosbare koolhydraten (procenten van de droge stof) in haver (1955)

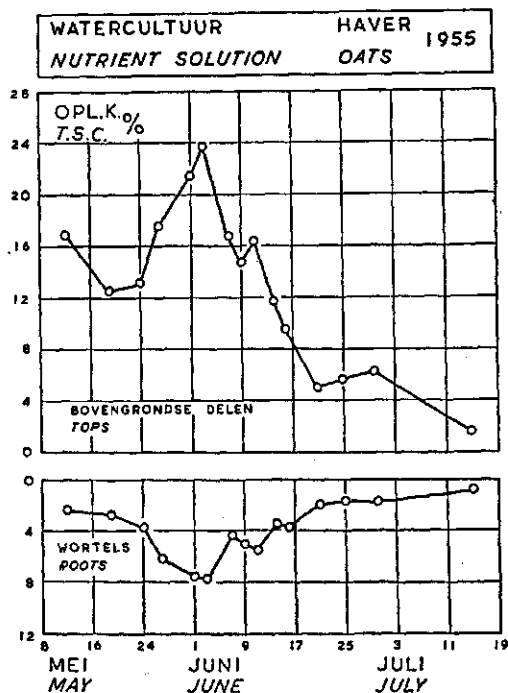


FIG. 5. Changes in total soluble carbohydrates (percentage of dry weight) in oats during the growing period (1955)

Bespreking

Uit de zojuist beschreven proeven blijkt, dat haver bij een voortdurende voorziening van water en ionen in staat is, om ver na de bloei en afrijping van het zaad in vrijwel onverminderde mate voedingszouten op te nemen, wat gepaard gaat met een voortdurende toeneming van de hoeveelheid droge stof (figuren 2 en 3).

Deze waarnemingen stemmen overeen met de resultaten van doorstromingsproeven van PAXINOS (1933) en UNGERER (1934, 1935). Zij lijken echter in strijd met de opvattingen van CROWTHER (1934) en GREGORY (1953) nl., dat katoen, eveneens een éénjarig gewas, en granen in een bepaald ontwikkelingsstadium ondanks een ruime hoeveelheid mineralen in het milieu niet meer in staat zijn deze op te nemen. Waarschijnlijk wordt deze tegenstrijdigheid veroorzaakt door het verschil in omstandigheden, waaronder de genoemde auteurs hun proeven hebben gedaan. Immers het verloop van de ontwikkeling van haver op watercultures wijkt sterk af van die van een gewas te velde of in potproeven met grond. Op de mogelijke oorzaak van deze verschillen wordt later (hoofdstuk 10) nader ingegaan.

De tijdelijke vertraging in de droge-stofproductie, welke samenviel met de bloei,

is ook door BROUWER (1959) bij erwten geconstateerd. Door deze schrijver werd de mogelijkheid van een tijdelijke stagnering van de fotosynthese door gebrek aan afvoermogelijkheid van de assimilaten geopperd. Daarnaast is het ook mogelijk, dat tijdens de bloei een versterkte ademhaling optreedt (oudere onderzoekingen, geciteerd door VAN DE SANDE BAKHUYZEN, 1937).

Het wortelgewicht nam regelmatig toe tot vlak voor de bloei en bleef daarna ongeveer constant (figuur 2), wat overeenstemt met de resultaten van JONKER (1958) voor de gewichtstoename van de wortels van granen en éénjarige tweezaadlobbigen in veldproeven en ook met de veronderstelling van CROWTHER (1934), dat de wortelgroei van katoen ten tijde van de bloei ophoudt. CROWTHER's opvatting echter, dat wortels dan niet meer in staat zouden zijn ionen op te nemen tengevolge van het ophouden van de toevoer van assimilaten, is in elk geval voor haver onjuist gebleken.

Na de afrijping van het zaad werden enige nieuwe witgekleurde wortels waargenomen, die echter tot het totale wortelgewicht nauwelijks bijdroegen (figuur 2); de toename van het gehalte aan oplosbare koolhydraten in de wortels na de afrijping van het zaad (figuur 4) zou kunnen wijzen op een hernieuwd transport van assimilaten naar het wortelstelsel en doet denken aan het gedrag van meerjarige gramineëën (ALBERDA, 1957).

De wortelmassa was in verhouding tot die van de bovengrondse delen vrij gering: omstreeks de bloei bedroeg het spruit-wortelquotiënt ongeveer 10 en bij het einde van de proef ongeveer 20. Voor veldproeven met wintertarwe waren deze verhoudingen 5, resp. 10 voor de wortels in de grondlaag van 0-30 cm (JONKER, 1958).

Al verschilden de hoeveelheden wortels, welke in watercultures en veldproeven werden gevormd relatief vrij sterk van elkaar, de kwalitatieve overeenkomst in de wortelgroei is opmerkelijk.

Het suikergehalte in de bovengrondse delen en wortels verliep op overeenkomstige wijze, zij het op een verschillend niveau (figuren 4 en 5). De top in het gehalte aan oplosbare suikers tijdens het begin van het schieten is klaarblijkelijk inhaerent aan de ontwikkeling van de haver (ARCHBOLD en DATTA, 1944). Hoewel het suikergehalte van een plant in sterke mate door de stikstofvoorziening wordt beïnvloed (ALBERDA, 1960), bleef de top in het suikergehalte ook bij een zeer ruime stikstofvoorziening van de plant aanwezig, al werd in dit laatste geval de hoogte van de top geringer (figuur 4). De sterke daling in het suikergehalte zal voor een belangrijk deel geweten moeten worden aan de omzetting van de oplosbare suikers in polymere koolhydraten, o.a. celstof (WAITE en GORROD, 1959).

Overigens betekent de sterke stijging van het suikergehalte een verandering in de samenstelling van de droge stof van het gewas in de richting van de niet-stikstofhoudende verbindingen, welke leidt tot een geleidelijke daling van het N-gehalte. Reeds door VAN DE SANDE BAKHUYZEN (1937) is gewezen op het feit, dat vanaf een tijdstip, dat ongeveer samenvalt met de aaraanleg, tarwe per opgenomen hoeveelheid stikstof meer droge stof produceert dan in de voorafgaande periode. Deze waarnemingen zijn door VAN DOBBEN (1959) herhaaldelijk bevestigd. In figuur 6 is voor

haver op watercultures bij ongestoorde groei het verband tussen droge-stofproductie en stikstofopneming uitgezet. Dit verband vertoont goede overeenkomst met de bevindingen van VAN DE SANDE BAKHUYZEN en VAN DOBBEN. Bovendien komt in deze figuur tot uiting, dat omstreeks de bloei de stikstofopneming door het gewas relatief groter is dan de droge-stofproductie, wat in het bovenstaande al in verband werd gebracht met een mogelijk tijdelijke stagnatie van de fotosynthese of met een versterkte ademhaling van de plant (of delen daarvan) tijdens de bloei.

FIG. 6. Het verband tussen droge-stofproductie en stikstofopneming door haver op voortdurend verversde voedingsoplossingen

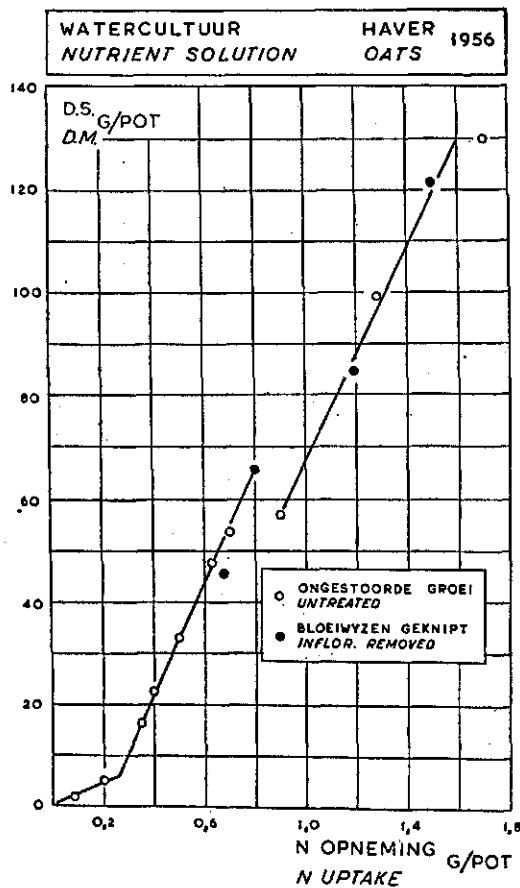


FIG. 6. Dry matter production as related to nitrogen uptake by oats on regularly renewed nutrient solutions

2.2.2 Invloed van het op achtereenvolgende data afbreken van de voeding op de droge-stofproductie en ionenverdeling

Resultaten

De planten, waaraan na resp. 14 juni, 28 juni en 12 juli ionen waren onthouden, rijpten normaal af; het tijdstip van afrijping viel samen met het ophouden van de wateropneming. Alleen de planten, die vanaf 2 augustus geen ionen meer gekregen hadden, bleven grotendeels groen met uitzondering van de pluimen.

Het effect van het afbreken van de voeding op de droge-stofproductie is weergegeven in figuur 7.

FIG. 7. Het effect van het afbreken van de ionentoevoer (watercultuur) op enige achtereenvolgende data (14, 28 juni, 12 juli, 2 augustus) op de korrel- en stroproductie van haver bij de afrijping resp. bij het beëindigen van de proef

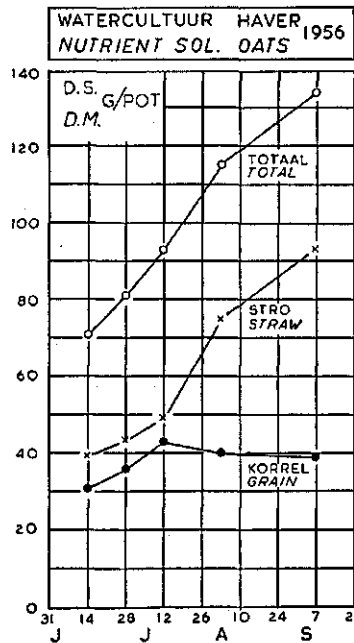


FIG. 7. Production of grain and straw by oats as affected by cutting off the nutrient supply (water-culture) at different data (14, 28 June, 12 July, 2 August) during growing period

Het blijkt, dat de toediening van ionen gedurende de perioden van 14 tot 28 juni en van 28 juni tot 12 juli geleid heeft tot een verhoging van korrel- en stro-opbrengst. Na 12 juli had het toedienen van ionen geen effect meer op de korrelopbrengst doch kwam uitsluitend aan de stro-opbrengst ten goede.

Een soortgelijk beeld vertoonde de opneming van voedingsstoffen door korrel en stro (figuur 8). De ionen, die na 12 juli door het gewas waren opgenomen, kwamen vrijwel geheel in het stro terecht.

FIG. 8. Het effect van het afbreken van de ionentoevoer (zie fig. 7) op de uiteindelijke ionenverdeling tussen korrel en stro bij haver

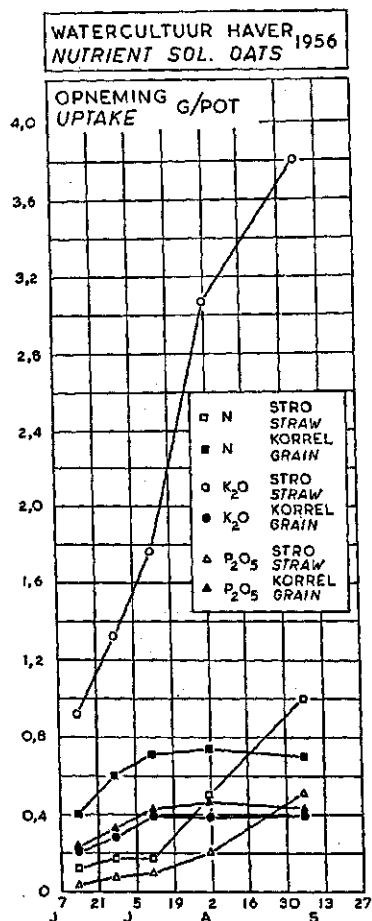


FIG. 8. Final ion distribution between grain and straw of oats as affected by cutting off nutrient supply at different data during growing period (see fig. 7)

Bespreking

Uit bovengenoemde resultaten blijkt, dat na een gegeven tijdstip door een voortzetting van de zoutopneming door de plant geen verhoging van de korrelopbrengst meer kan worden bereikt. De mogelijkheid voor de korrels om assimilaten en zouten op te nemen, wordt blijkbaar bepaald door de mate van afrijping.

Volgens gegevens, geciteerd door VAN DE SANDE BAKHUYZEN (1937, p. 250) houdt het transport naar de korrels op, zodra het vochtgehalte van de korrels daalt beneden een waarde van 42 tot 45%. De snelheid, waarmee de korrels hun vocht verliezen, wordt in belangrijke mate bepaald door de uitwendige omstandigheden. De bij zonneschijn hoge temperaturen in de kas en de daarmee gepaard gaande lage relatieve vochtigheid moeten de snelle afrijping van de haverkorrels hebben bevorderd.

Het al of niet afrijpen van de vegetatieve delen van de plant werd blijkbaar bepaald door het ontwikkelingsstadium, waarin de ionentoevoer was afgebroken. Werd deze afgebroken *vóór* het afrijpen van de pluimen, dan rijpten de vegetatieve delen wel af; werd de voeding echter voortgezet tot *na* de afrijping der bloeiwijzen, dan rijpten de bladeren en stengels niet meer af, ook niet, indien de voeding alsnog werd afgebroken. De bloeiwijze enerzijds en de beschikbaarheid van ionen anderzijds lijken dus op de afrijping van de vegetatieve delen een belangrijk effect te hebben. In verband met wat over de herverdeling van assimilaten in éénjarige planten bekend is (WILLIAMS, 1955), kan het effect van de bloeiwijze voorlopig worden beschreven als een "zuigkracht" op de assimilaten in de vegetatieve delen van de plant. Blijkbaar was het effect van de zuigkracht, die tijdens de ontwikkeling van de bloeiwijzen kon worden gecompenseerd door een voortdurend aanbod van ionen en water, na de afrijping verdwenen.

Daar bij éénjarige planten de herverdeling van de assimilaten en de daarmee verband houdende veroudering en afrijping van de vegetatieve organen wordt beheerst door de bloei, zal aan de factoren, die de veroudering en afrijping van de vegetatieve organen bepalen, in hoofdstuk 3 een afzonderlijke bespreking worden gewijd.

2.2.3 Het effect van het verwijderen van de bloeiwijzen op droge-stofproductie en wortelademhaling

Resultaten.

Vanaf ongeveer 28 juni werden van de haver der betreffende cilinders stelselmatig de bloeiwijzen afgeknipt, zodra ze tevoorschijn gekomen waren. Deze behandeling leidde tot een voortdurend uitlopen van zijknoppen en de vorming van nieuwe bloeiwijzen, welke telkens weer werden verwijderd. Het effect van het voortdurend afknippen der pluimen op de droge-stofopbrengst is weergegeven in figuur 2.

Bij de eerste oogst op 5 juli was de droge-stofproductie der "geknipte" planten, inclusief de bloeiwijzen, geringer, op 12 juli daarentegen duidelijk groter dan die van de "niet geknipte" planten. Bij de latere oogsten op 2 augustus en 5 september bleken de geknipte planten minder droge stof te hebben gevormd dan de ongestoord gegroeide.

Het verwijderen van de bloeiwijzen leek de wortelgroei iets te hebben gestimuleerd, al waren de verschillen niet sprekend (figuur 2).

Door het afknippen van de pluimen werd het suikergehalte in boven- en ondergrondse delen duidelijk verhoogd.

Het effect van het verwijderen van de bloeiwijzen op waterverbruik en ionenop-

neming kan in de proef, beschreven onder 2.2.4, in detail worden gevolgd. Bij de bespreking van deze proef zal hierop nader worden ingegaan.

De wortelademhaling uitgedrukt in m.e. CO₂ per pot gedurende een aantal proefperiodes in het tijdsbestek van eind juni tot eind juli is weergegeven in tabel 1.

TABEL 1 Het effect van het verwijderen der bloeiwijzen op de wortelademhaling (m.e. CO₂ per pot)¹

datum/date	26/6	29/6	30/6	3/7	5/7	9/7	12/7	16/7	17/7	21/7	24/7	26/7	30/7
gem. temp. mean.temp. (°C) ³	27	21	27	21	22	34	16	25	25	30	20	32	29
proefduur (in uren) exp. period (in hrs)	5½	7	6	6½	6½	6½	7½	5½	6	6	6½	6½	6
Pot													
P	2,94	2,78	3,58	1,88	2,16	2,03	1,00	0,97	1,01	1,32	0,86	1,04	0,97
Q	2,72	2,95	2,78	2,17	2,24	2,45	0,84	0,75	1,15	1,32	0,86	0,65	0,80
R ²	2,47	2,70	3,46	2,23	2,60	2,86	1,79	1,45	1,07	—	1,48	1,68	0,85
T ²	2,80	2,82	3,55	2,07	2,24	2,64	1,60	1,41	1,22	1,74	1,15	0,97	0,55

¹ De bepalingen van de wortelademhaling werden gedaan in een 0,0075 M KNO₃-oplossing, behalve op 16 en 24 juli, toen werd gemeten in leidingwater resp. een Hoaglandoplossing / Root respiration was estimated in 0,0075 M KNO₃-solution, on 16 July in tap water and on 24 July in a Hoagland-solution

² Van de potten R en T werden vanaf 28 juni de pluimen geknipt / From 28 June the inflorescences on pots R en T were continuously removed

³ Gemiddelde van 4 waarnemingen / daily mean of 4 observations

TABEL 1 Root respiration (m.e. CO₂ per pot) as affected by continuous removal of inflorescences

Bij de potten P en Q werden de pluimen niet geknipt, bij de potten R en T werden de pluimen vanaf 28 juni geknipt. In een aantal proeven tussen 5 en 24 juli was de wortelademhaling der "geknipte" planten duidelijk hoger dan die der "ongeknipte" planten. Het algemeen niveau van de wortelademhaling was eind juli gedaald tot ongeveer een derde van de aanvankelijk geregistreerde CO₂-productie.

Bespreking

Het lag oorspronkelijk in de bedoeling na te gaan of door het verwijderen van de pluimen de afrijping van het gewas kon worden vertraagd en zodoende de duur van de ionenopneming kon worden verlengd. Daar echter de ongeknipte planten op de watercultures ook groen bleven, waren de uiteindelijke verschillen in droge-stofproductie (figuur 2) gering.

De grotere droge-stofproductie van de geknipte planten tijdens de bloei der ongeknipte kan eveneens in verband worden gebracht met de mogelijkheid van een versterkte ademhaling van de bloeiwijzen of een geremde fotosynthese van de ongestoord gegroeide planten. Het feit, dat op de latere oogstdata de totale droge-stofproductie van de geknipte planten iets kleiner was dan die van de ongestoord

gegroeide planten, is waarschijnlijk toe te schrijven aan het voortdurende verwijderen van een deel der assimilerende organen.

De versterking van de wortelgroei door het verwijderen van de bloeiwijzen is ook bij tabak gevonden. WATSON en PETRIE (1940) beschrijven, dat door decapiteren het gewicht van de wortels en de jonge bladeren toeneemt klaarblijkelijk als gevolg van het feit, dat de assimilaten naar deze organen in plaats van naar de bloeiwijzen geleid worden. Dat het verwijderen van de bloeiwijzen bij de hierboven beschreven proeven met haver ook tot een versterkt transport van assimilaten naar de wortels heeft geleid, blijkt uit een vergelijking van de suikergehaltes in de wortels van geknipte en ongeknipte planten (figuur 4). Aan het hogere suikergehalte in de bovengrondse delen van de geknipte planten kan niet veel betekenis worden gehecht, omdat hierbij de pluimen niet in de analyses betrokken zijn. De sterkere wortelademhaling der geknipte planten (tabel 1) kan een direct gevolg zijn van de grotere toevoer van suikers of indirect de afspiegeling van een grotere activiteit van het wortelweefsel (b.v. celdelingen, eiwit-synthese). De wortelademhaling na de bloei was tot zeer lage waarden gedaald, vooral indien men de toeneming van het aantal spruiten in aanmerking neemt. Het is zelfs de vraag in hoeverre hier nog sprake was van "wortelademhaling" dan wel van ademhaling van micro-organismen op het wortelstelsel.

Op het effect, dat het verwijderen van de bloeiwijzen heeft op de zoutopneming door de planten, wordt in 2.2.4 nader ingegaan.

In de bovenstaande proeven is de invloed, die de bloei heeft op een aantal processen in de plant, bestudeerd, door het gedrag der gedecapiteerde planten te vergelijken met dat van ongestoord groeiende planten. Het voortdurend verwijderen van de bloeiwijzen had tot gevolg, dat zich steeds nieuwe generatieve uitlopers vormden. In de planten die verhinderd werden te bloeien bleef de bloeistimulus aanwezig. Indien de plant de gelegenheid kreeg ongehinderd te bloeien en af te rijpen, werden nadien uitsluitend vegetatieve spruiten gevormd, een teken dus, dat de bloeistimulus verdwenen was.

Daar het waarschijnlijk lijkt, dat in een plant, waarin de bloeistimulus aanwezig is, de stofverdeling anders verloopt dan in een plant, waarin deze volkomen ontbreekt, werden het verloop van droge-stofproductie en zoutopneming bij generatief en volkomen vegetatief groeiende gewassen met elkaar vergeleken. De resultaten van deze proeven worden besproken in 2.2.5.

2.2.4 Waterverbruik en ionenopneming

Resultaten

In de bijlagen Ia, Ib en Ic zijn voor de 4 cilinders A, B, C en D afzonderlijk van week tot week (1ste kolom) weergegeven: het waterverbruik (2de kolom), de beginconcentratie (3de kolom) en de gemeten eindconcentratie (4de kolom). De eindconcentraties, berekend voor het geval van passieve ionenopneming zijn cursief weergegeven. De bijlagen Ia, Ib en Ic hebben betrekking op resp. nitraat, fosfaat en kalium.

Voor de beschrijving van het groeiverloop kan worden verwezen naar 2.2.1.

Het *waterverbruik* nam uiteraard met de groei van de planten toe en bereikte in juli een totaal van ruim 4 liter per cilinder per week. De planten op de twee buitenste cilinders (A en D) van de rij van 4 cilinders verdampten meer water dan de planten van de binnenste cilinders (B en C). Het afknippen van de pluimen op 18 juni (cilinders C en D) leidde tot een sterke daling in de verdamping ten opzichte van die van ongeknipte planten. Na begin augustus echter verdampten de geknipte planten meer water. Naarmate het seizoen vorderde, daalde het waterverbruik. Op 27 september werden de cilinders A en B, resp. C en D van plaats verwisseld, zodat de volgorde werd B, A, D, C. Tijdens de laatste week van de proef verdampte de haver op cilinder C meer water dan op cilinder D. Het waterverbruik in cilinder B was tegen het einde van het seizoen abnormaal sterk gedaald, waarschijnlijk als gevolg van verslijming van het wortelstelsel; de voor deze cilinder na eind augustus gevonden waarden wijken daardoor vrij sterk af van die der andere cilinders.

Wat de *ionenopneming* betreft kan in het algemeen gezegd worden, dat tot in het begin van juni de oplossingen door de planten in één week niet volledig werden uitgeput. Uit een vergelijking van de gemeten eindconcentraties aan nitraat, fosfaat en kalium met de concentraties, berekend voor een passieve opneming, blijkt, dat de drie voedingsstoffen sneller dan het water werden opgenomen.

In de daaropvolgende periode werden de drie ionen in een week tijds volledig uit de oplossing opgenomen; deze periode duurde voor nitraat verreweg het langst nl. van 7 juni tot 6 september, voor fosfaat van 7 juni tot 9 augustus en voor kalium slechts van 7 juni tot 12 juli. In figuur 9 is het verloop van de ionenconcentraties ten opzichte van de berekende passieve opneming schematisch weergegeven. Na de periode van volledige uitputting liep het gedrag van de drie ionen onderling vrij sterk uiteen.

Het is opmerkelijk, dat in september de planten op de buitenste cilinders meer *nitraat* opnamen dan die op de binnenste cilinders, hoewel het waterverbruik slechts weinig uiteenliep. Dit wijst op een sterk "plaatseffect". In de laatste weken daalde de nitraatopneming sterk en was in de laatste waarnemingsperiode ongeveer gelijk aan de berekende "passieve" opneming. De invloed van het afknippen der pluimen was in de periode na 6 september niet (meer?) merkbaar.

Nadat de periode van volledige fosfaatuitputting voorbij was, bleek door de geknipte planten tot 27 september meer *fosfaat* opgenomen te zijn dan door de ongeknipte planten; bovendien was de fosfaatopneming door de geknipte planten groter dan de berekende "passieve" opneming, terwijl de fosfaatopneming door de ongeknipte planten ongeveer even groot was als de "passieve" opneming. Na 27 september namen de ongeknipte planten relatief meer fosfaat op dan water, terwijl daarentegen de fosfaatopneming door de ongeknipte planten gelijk was aan die voor een berekende "passieve" opneming. Anders dan bij nitraat was er van een z.g. "plaatseffect" nauwelijks sprake.

FIG. 9. Schematische vergelijking van de gevonden ionenopneming t.o.v. de, uit het waterverbruik berekende, passieve ionenopneming uit voedingsoplossingen door intacte en gedecapiteerde haverplanten gedurende de proefperiode

○ △ □ planten van de "buitenste" cilinders ● ▲ ■ planten van de "binnenste" cilinders

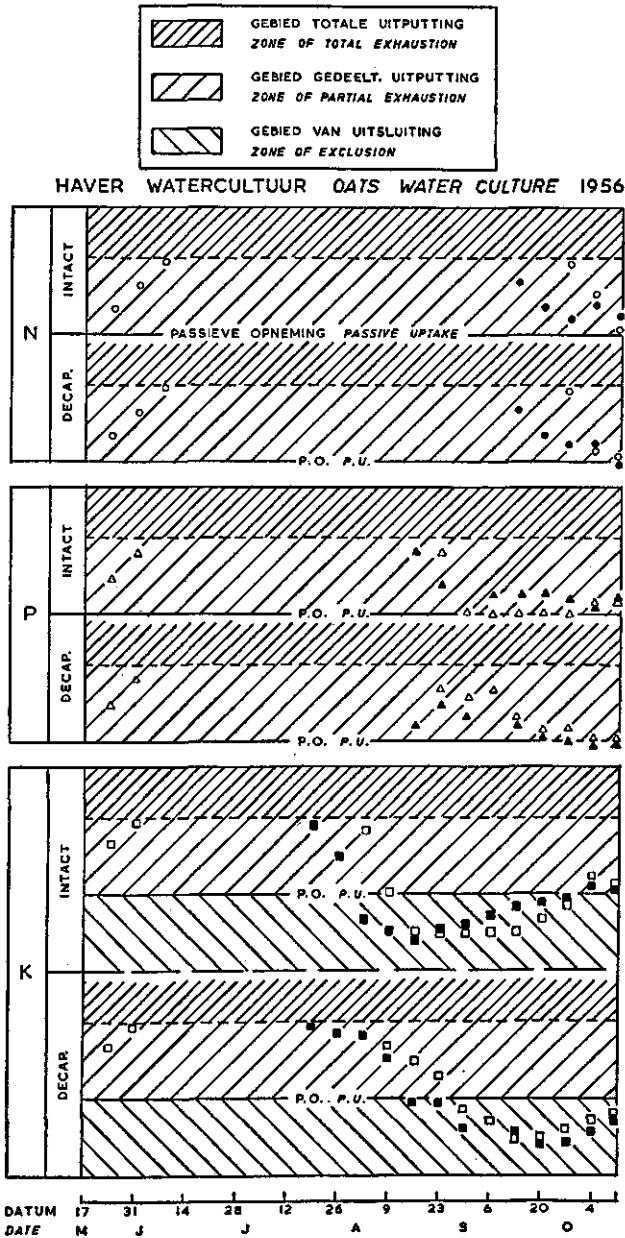


FIG. 9. Schematical representation of ion uptake by intact and decapitated oat plants from nutrient solutions during growing period as compared with hypothetical, passive ion uptake (calculated from waterconsumption)

○ △ □ plants from "exterior" cylinders ● ▲ ■ plants from "interior" cylinders

Na de betrekkelijk korte periode van volledige kaliumuitputting namen de geknipte planten aanvankelijk relatief meer *kalium* op dan water, terwijl de ongeknipte planten al spoedig relatief meer water opnamen dan kalium. Evenals in het geval van fosfaat was na 27 september de kaliumopneming door de ongeknipte planten relatief groter, door de geknipte planten relatief kleiner dan de wateropneming. Ook voor de kaliumopneming kon geen plaatseffect worden geconstateerd.

Bespreking

Het beschikbare feitenmateriaal over de relatie tussen de water- en de zoutopneming door de plant is samengevat door SCOTT RUSSELL en BARBER (1960). Kenmerkend voor een aan de stofwisseling gekoppelde ionenopneming is, dat deze meestal plaats vindt tegen een concentratiegradient in, met andere woorden een energievragend proces is. Voor ionenopneming is zuurstof nodig en verder is dit proces temperatuur-afhankelijk. Bij een niet aan de stofwisseling gekoppelde ionenopneming denkt men aan "mass-flow", d.w.z. aan niet selectieve opneming van de zoutoplossing door de plant uit het milieu. Hoewel de meeste onderzoekers er wel van overtuigd zijn, dat de ionenopneming een aan de ademhaling gekoppeld proces is, werd door HYLMÖ (1955, 1958) enige jaren geleden de opvatting verdedigd, dat de ionenopneming een passief proces zou zijn; hij grondde deze veronderstelling op de door hem dikwijls gevonden vrij goede correlatie tussen transpiratie en ionenopneming. SCOTT RUSSELL en SHORROCKS (1959) hebben in proeven, waarbij de ionenopneming plaats vond uit oplossingen met hoge en lage zoutconcentraties en bij geringe en sterke transpiratie, de concentratie in het vaatsap der proefplanten met die der omringende oplossing vergeleken. Bij een lage concentratie in het milieu was de concentratie in de vaten vele malen hoger dan in de voedingsoplossing. Werden de proeven gedaan in een meer geconcentreerde voedingsoplossing, dan verschilden de zoutconcentraties in de vaten en in het milieu niet veel van elkaar. Dit leidt tot een ogenschijnlijke correlatie tussen water- en zoutopneming. Ook in de proeven van HYLMÖ, die in vrij geconcentreerde oplossingen werden gedaan, werd deze correlatie gevonden. SCOTT RUSSELL wijst er echter op, dat bij ionenopneming uit oplossingen van lage- en hoge zoutconcentraties sprake kan zijn van eenzelfde actief proces. In het eerste geval ligt de beperkende factor bij de snelheid, waarmee de zouten via de weefsels naar de vaten worden getransporteerd en in het tweede geval bij de snelheid, waarmee de transpiratiestroom de in de vaten afgescheiden zouten kan afvoeren.

Bij de interpretatie van onze proefresultaten moet hiermee rekening worden gehouden. De haverplanten namen de zouten op uit een oplossing, waarvan de concentratie voor elke periode tussen de verversingen sterk daalde. Uit de vergelijking van de gevonden eindconcentraties en de berekende eindconcentraties voor passieve opneming (bijlagen Ia, Ib en Ic) kan worden afgeleid, dat nitraat, fosfaat en kalium tot na de afrijping van het zaad preferent ten opzichte van water waren opgenomen. Dit wijst erop, dat er gedurende deze periode sprake moet zijn geweest van een "ac-

tieve", aan de stofwisseling gekoppelde, zoutopneming. Bij de beschrijving van de resultaten is er al op gewezen, dat in de nazomer het verloop van de opneming van de drie onderzochte ionen vrij sterk uiteenliep.

Het voor nitraat gevonden "plaatseffect" zou kunnen worden verklaard uit de sterkere beschaduwing van de plant op de binnenste cilinders, die de assimilatie van nitraat, en daarmee de opneming, heeft belemmerd (BURSTRÖM, 1942, 1946; BATHURST, 1958).

In hoeverre de fosfaatopneming door de ongeknipte planten in de nazomer werkelijk passief was, zou, gezien de resultaten van SCOTT RUSSELL, in korter durende proeven bij uiteenlopende concentraties moeten worden nagegaan.

Hetzelfde geldt voor de interpretatie van de resultaten voor de kaliumopneming door ongeknipte haverplanten, waarvoor gedurende de nazomer een preferente opneming van water ten opzichte van kalium geconstateerd was. Dit zou kunnen wijzen op een zekere kaliumverzadiging van de plant, wat echter niet uitsluit, dat de kaliumopneming, althans gedeeltelijk, "actief" kan hebben plaatsgevonden.

Het gedrag van de ionen is hier afzonderlijk besproken. Er moet echter rekening mee worden gehouden, dat er ook een relatie tussen de opneming van kationen en anionen bestaat. De sterke nitraatopneming kan bijvoorbeeld een "meeslepen" van kalium tengevolge hebben gehad (o.a. DIJKSHOORN, 1960).

Uit de gemeten eindwaarden van de fosfaat- en kaliumconcentraties kan worden afgeleid, dat de geknipte planten een grotere activiteit van ionenopneming hadden dan de ongeknipte planten. Hiermee wordt opnieuw bevestigd, dat het verwijderen van de bloeiwijzen tot een grotere activiteit van het wortelstelsel geleid heeft. Dit komt ook tot uiting in de iets sterkere wortelgroei, het hogere suikergehalte en de grotere wortelademhaling van de geknipte planten (2.2.3). Hoewel er tussen de sterkere ionenopneming en de grotere wortelademhaling waarschijnlijk verband bestaat, is het zeer de vraag of deze als ionenademhaling, volgens LUNDEGÅRDH (1955) en ROBERTSON (1951) nodig om de energie voor de ionenopneming te leveren, kan worden beschreven. Veeleer lijkt de grotere wortelademhaling, die bovendien in een nitraatoplossing gemeten werd, een afspiegeling te zijn van een in het algemeen grotere intensiteit der levensprocessen in het wortelstelsel van de geknipte planten. Proeven om de ionenademhaling in strikte zin te meten, kunnen beter worden gedaan in oplossingen van zouten, die een minder ingrijpend effect hebben op de stofwisseling dan stikstof bevattende zouten.

Of tenslotte de algemeen dalende lijn in de water- en zoutopneming het gevolg is van de geringere daglengte en lichtintensiteit met het vorderen van het seizoen of mede toegeschreven zal moeten worden aan een achteruitgang van de "vitaliteit" van de plant, is zonder nader onderzoek niet uit te maken.

2.2.5 Vergelijking van de generatieve en de vegetatieve groei van graanplanten

In aansluiting op de proeven, beschreven in 2.2.3 en 2.2.4, waarin het effect van de bloeiwijzen op de opneming van ionen door haver werd bestudeerd, door intacte en

gedecapiteerde planten te vergelijken, werden enige proeven genomen, waarin granen met een generatieve groei (haver) en een zuiver vegetatieve groei (wintertarwe) werden vergeleken.

Beschrijving van de proef

Haver (var. Marne) en wintertarwe (var. Carsten V) werden begin april in geëmailleerde cultuurpotten gezaaid, gevuld met 7 kg zandgrond (pH water 6,0). Per pot werd toegediend: 2 g NH_4NO_3 , 4 g $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ en 2 g patentkali.

Het vochtgehalte werd op ongeveer 65% van de watercapaciteit gehouden. De potten stonden gedurende de gehele groeiperiode in de kas.

Om het verloop van de droge-stofproductie en ionenopneming te kunnen volgen, werden van de haver en van de tarwe telkens 2 potten geoogst op: 11, 22, 29 mei, 5, 12, 19, 26 juni, 3, 10, 24 juli en 28 augustus. Boven- en ondergrondse delen werden afzonderlijk geoogst. De wortels werden uitgespoeld, gedroogd en daarna zo goed mogelijk van zand en steentjes ontdaan. In het geoogste plantenmateriaal werden de N-, P_2O_5 - en K_2O -gehaltes bepaald volgens de in 2.1 beschreven methoden.

FIG. 10. Verloop van de droge-stofproductie ($\times 100$) en zoutopneming (g/pot) door haver gedurende de groei

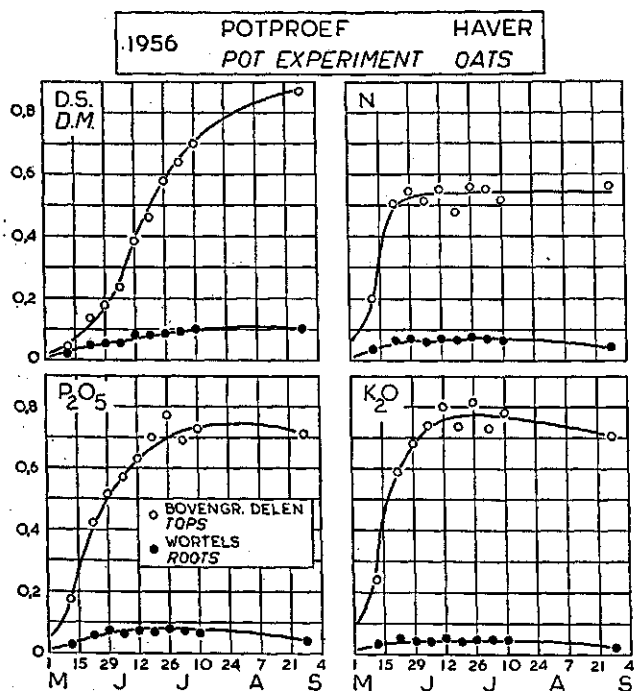


FIG. 10. Dry matter production ($\times 100$) and salt uptake (g/pot) by oats during growing period

Resultaten

Het verloop van de droge-stofproductie en van de ionenopneming is zowel voor de boven- en ondergrondse delen afzonderlijk, als voor de gehele plant weergegeven in de figuren 10, 11 en 12.

De droge-stofproductie van de bovengrondse delen van *haver* vertoonde de normale S-vormige curve en bereikte een opbrengst van 90 g per pot. De maximale

FIG. 11. Verloop van de droge-stofproductie ($\times 100$) en zoutopneming (g/pot) door vegetatief groeiende wintertarwe

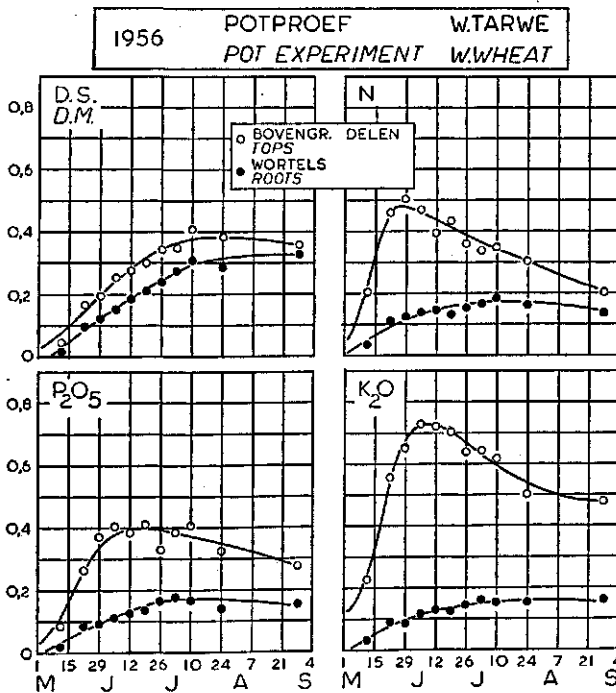


FIG. 11. Dry matter production ($\times 100$) and salt uptake (g/pot) by non-vernalised winter wheat during growing period

wortelopbrengst (10 g per pot) werd medio juni al bereikt. Dit resulteerde in een spruit-wortelquotiënt van 9 bij de oogst. De maximale ionenopneming werd voor stikstof al eind mei, voor kalium begin juni en voor fosfaat eind juni bereikt. Bij de oogst bevond het overgrote deel van de opgenomen voedingszouten zich in de bovengrondse delen.

Bij de *wintertarwe* was het verloop geheel anders. De planten stoelden in sterke mate uit, schoten niet en vertoonden na verloop van tijd duidelijke symptomen van stikstofgebrek. De snelheid van gewichtstoename van de bovengrondse delen werd geleidelijk minder en bereikte een eindwaarde van ongeveer 40 g per pot; de wortel-

groei vertoonde een overeenkomstig verloop, wat bij een wortelproductie van bijna 30 g resulteerde in een spruit-wortelquotient van ruim 1 bij de laatste oogst. De hoeveelheden stikstof, kalium en fosfaat in de bovengrondse delen namen na het bereiken van de maximale waarde af, zij het in verschillende mate, maar bleven in de wortels nog enige tijd stijgen, hetgeen wijst op een neerwaarts transport uit de bovengrondse organen.

FIG. 12. Vergelijking van het verloop van de totale droge-stofproductie ($\times 100$) en zoutopneming (g/pot) voor haver en vegetatief groeiende wintertarwe gedurende de proefperiode

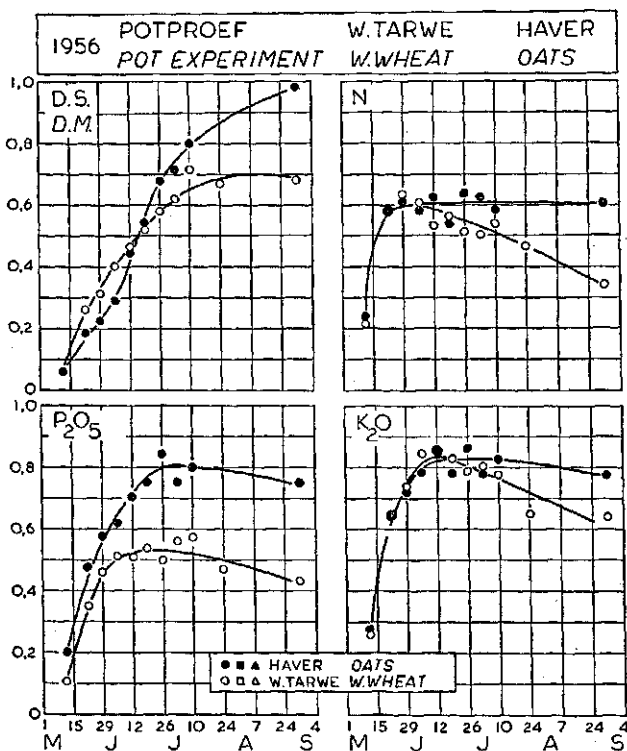


FIG. 12. Total dry matter production ($\times 100$) and total salt uptake (g/pot) by oats and non-vernalsised winter wheat during growing period

Uit figuur 12 blijkt, dat aanvankelijk de totale droge-stofproductie van wintertarwe groter was dan die van haver. Tijdens het schieten haalde de haver de achterstand in en overtrof uiteindelijk de totale droge-stofproductie van de wintertarwe ruimschoots. Een tweede belangrijk verschil is, dat de totale hoeveelheden voedingsstoffen in de plant na het bereiken van de maximale waarde in de haver nagenoeg constant bleven, maar bij wintertarwe vooral voor stikstof en kalium vrij sterk afnamen. Tenslotte valt het op, dat de haver aanzienlijk meer fosfaat heeft opgenomen dan de wintertarwe.

Uit deze resultaten blijkt dus, dat de stofverdeling in een bloeiende graanplant totaal anders is dan in een vegetatief blijvend gewas. Het is bekend, dat gedurende de vegetatieve fase het aandeel van de wortels in de droge-stofverdeling groter is dan in de latere ontwikkelingsstadia (JONKER, 1958; BROUWER, 1962; DILZ, 1956). Dat de lagere spruit-wortelverhouding niet per se tot een geringere totale produktie hoeft te leiden, bewijst het feit, dat deze voor wintertarwe aanvankelijk duidelijk hoger was dan voor haver. Dat de wintertarwe tenslotte bij de haver achterbleef, kan liggen aan het feit, dat de dichte massa vegetatieve spruiten sterker aan onderlinge beschaduwing onderhevig was dan de doorschietende haver. Verder kan het feit, dat de wintertarwe bij het intredende stikstofgebrek reageerde met een afvoer van stikstofhoudende verbindingen naar beneden, de koolzuurassimilatie ongunstig hebben beïnvloed. Uit de resultaten van talrijke nog niet gepubliceerde proeven o.a. met behulp van N-15 (WOLDENDORP en DILZ, i.v.) is inmiddels gebleken, dat ook bij grassen een afvoer van stikstofhoudende verbindingen optreedt, zodra het gras aan stikstofgebrek lijdt.

Als verklaring voor de negatieve mineralenbalans van de wintertarwe bij het ouder worden van de plant, lijkt uitloging en bladafval, zoals voor veldproeven dikwijls wordt aangenomen, gezien de proefomstandigheden, onwaarschijnlijk. Verliezen bij het oogsten van de wortels zijn onvermijdelijk. Het verloop van de ionenbalans suggereert, dat de verliezen bij de oogst, hetzij door een sterkere uitloging van de wortels, hetzij door relatief grotere wortelverliezen in oudere planten groter waren. In speciaal daartoe genomen uitspoelproeven met wortels van Engels raaigras, werden echter uit jongere wortels grotere uitspoelverliezen geconstateerd dan uit oudere. Dat de oogstverliezen bij de oudere wortels relatief zoveel groter worden, dat hierdoor de sterke daling, vooral van de hoeveelheid stikstof in de plant, verklaard zou kunnen worden, lijkt evenmin erg waarschijnlijk. Andere mogelijkheden voor het ontstaan van verliezen zijn: excretie van ionen uit intacte wortels of het vergaan van wortels. Dat plantenwortels stoffen afscheiden is uit de omvangrijke literatuur over de rhizosfeer (FRENZEL, 1957, 1961; ROVIRA, 1962; STARKEY, 1958; WOLDENDORP, 1963) wel bekend. Hoewel het in de meeste gevallen om zeer kleine hoeveelheden gaat, is uit de proeven van HARMSSEN en JAGER (1962) gebleken, dat soms aanzienlijke hoeveelheden N-houdende verbindingen kunnen worden afgescheiden. Het zal echter onder niet steriele condities moeilijk zijn excretie te onderscheiden van verliezen door het vergaan van wortels. In potproeven is ons dit niet gelukt, terwijl in waterculturen evenmin excretie van N-houdende verbindingen kon worden aangetoond, zodat de aard van de ionenverliezen niet is vastgesteld. Tenslotte moet bij het opmaken van ionenbalansen in de plant, althans voor stikstof, de mogelijkheid van vervluchtiging uit de plant niet worden uitgesloten, gezien de resultaten van PEARSALL en BILLIMORIA (1937) en FRANK (1954).

Het constant blijven van de hoeveelheid ionen in de bovengrondse delen van de haver stemt overeen met de ervaringen van PAXINOS (1933), RIPPPEL (1927), WAGNER (1932) en FAUST (1960) met éénjarige gewassen in potproeven. In veldproeven echter (VAN ITALLIE, 1937; VAN ROON, 1959) worden in de laatste ontwikkelingsfase van één-

jarige gewassen dikwijls belangrijke zoutverliezen geconstateerd, welke waarschijnlijk niet alleen aan bladafval en uitloging kunnen worden toegeschreven.

Een proef om in watercultuur een verschil in excretie tussen een generatieve zomertarwe en een vegetatieve wintertarwe aan te tonen, leverde geen verschil op. Het is de vraag of met behulp van proeven in voedingsoplossingen de aard van het ionenverlies uit planten in de grond kan worden gevonden. De verschillen in groei-omstandigheden zijn daarvoor waarschijnlijk te groot.

Hoewel aangetoond is, dat de aanwezigheid van een bloeistimulus in de plant een ingrijpend effect heeft op de stofverdeling in de plant, rest de vraag of er omstreeks of na de bloei een verschil is in ionenopnemend vermogen tussen generatief en vegetatief groeiende planten. De hierboven beschreven proef geeft hierop geen antwoord, daar de beschikbare voedingszouten al ruimschoots voor de bloei waren opgenomen.

In 1962 werd daarom een proef genomen met zomertarwe (var. Peko) en wintertarwe (var. Capelle Desprez) op Hoagland-oplossingen, welke regelmatig werden ververst (voor de beschrijving zie 2.1). Gedurende één verversingsperiode na de bloei van de zomertarwe, werd voor beide granen het verloop van de nitraatconcentratie in de voedingsoplossing nagegaan (tabel 2).

TABEL 2 Het verloop van de nitraat-concentratie (mg N/4 L) in voedingsoplossingen van zomertarwe resp. wintertarwe

datum/date	29/8	31/8	3/9	5/9	7/9	16/9
z. tarwe/s. wheat	400	364	269	231	202	168
w. tarwe/w. wheat	400	179	18	2	0	0

TABLE 2 Decrease of nitrate concentration (mg N/4 L) in nutrient solutions of spring wheat and winter wheat respectively

Gedurende de betreffende proefperiode nam de vegetatieve wintertarwe veel sneller nitraat op dan de generatieve zomertarwe. De grotere activiteit van de wintertarwe hield waarschijnlijk verband met het grotere aantal groene bladeren. Hoewel het ook in deze proef mogelijk is gebleken de éénjarige cyclus van de zomertarwe door een ruime voorziening met water en zouten te doorbreken, bleek de generatieve plant duidelijk aan vitaliteit te hebben ingeboet ten opzichte van de vegetatieve, zonder dat het mogelijk bleek een direct aanwijsbaar effect van de bloeiwijze vast te stellen.

2.3 SAMENVATTENDE BESPREKING

In een proef met haver op een voedingsoplossing, die wekelijks werd ververst, bleek, dat de droge-stofproductie, behoudens een tijdelijke stagnatie tijdens de bloei, regelmatig voortgang vond tot het einde van de proef in begin oktober (figuur 2). De

planten bleven gedurende deze periode grotendeels groen met uitzondering van de bloeiwijzen, die normaal afrijpten. De droge-stofproduktie kwam na de bloei in hoofdzaak tot stand door de vorming van vegetatieve spruiten. Ook de ionenopneming ging tot ver na de afrijping van het zaad regelmatig door (figuur 3), maar kwam na de afrijping uitsluitend aan het stro ten goede (figuur 7).

Uit het feit, dat de korrels onafhankelijk van het stro afrijpten, blijkt, dat bij een voortdurend ruime ionen- en watervoorziening de grootte van de korrelproduktie bepaald wordt door het tijdstip van afrijping der zaden.

De wortelgroei kwam omstreeks het begin van de bloei tot stilstand (figuur 2) en hoewel na de afrijping van het zaad nog wel enige nieuwe wortels gevormd werden, was dit van weinig invloed op het totale wortelgewicht. Vooral gezien het vrij grote aantal vegetatieve spruiten, dat na de afrijping van het zaad werd gevormd, was de hoeveelheid nieuw gevormde wortels zeer klein. Het ophouden van de wortelgroei omstreeks de bloei is ook door anderen voor een aantal éénjarige gewassen te velde geconstateerd. Dit moet worden toegeschreven aan een verminderde toevoer van assimilaten naar de wortels. Het houdt blijkbaar verband met de ontwikkeling van éénjarige gewassen.

De verminderde toevoer van assimilaten naar de wortels en het ophouden van de wortelgroei waren op zichzelf geen beletsel voor een actieve – dat wil zeggen aan de stofwisseling gekoppelde – ionenopneming, zoals blijkt uit de zoutopneming en het waterverbruik tijdens en vlak na de bloei (bijlagen Ia, Ib en Ic; figuur 9).

De ontwikkeling van de bloeiwijzen is van invloed op de toevoer van assimilaten naar de wortels. Het afknippen der bloeiwijzen leidde namelijk tot een iets sterkere wortelgroei (figuur 2), een verhoging van het suikergehalte in de wortels (figuur 4), een vergroting van de wortelademhaling (tabel 1) en een relatief grotere fosfaat- en kaliumopneming ten opzichte van water, dan bij de ongesneden planten het geval was (bijlagen Ia, Ib en Ic). Toch waren de verschillen tussen wel en niet geknipte planten veel geringer dan werd verwacht. Dit houdt verband met het feit, dat ook de ongestoord gegroeide planten groen bleven. Het verschil tussen de twee behandelingen zou waarschijnlijk groter geweest zijn, indien de toevoer van zouten vlak vóór of omstreeks de bloei was opgehouden.

Uit een vergelijking van generatief (haver) en vegetatief (wintertarwe) groeiend graan bleek, dat in het vegetatief groeiende gewas het spruit-wortelquotient veel kleiner was dan in het generatief groeiende. In het vegetatieve gewas vond spoedig na het ophouden van de stikstofopneming een neerwaarts transport van ionen uit de bladeren naar de wortels plaats. Verder bleek de totale hoeveelheid opgenomen ionen in de haver nagenoeg constant te blijven maar in de wintertarwe na verloop van tijd vrij sterk af te nemen. Bij een vergelijking van generatief groeiende zomertarwe met vegetatief groeiende wintertarwe in watercultuur (tabel 2), bleek dat in de periode, die valt na de bloei van de zomertarwe, de opnemingsactiviteit voor nitraat bij wintertarwe verreweg het grootst was. De bloei beïnvloedt niet alleen de stofdistributie in de plant maar blijkbaar ook de algehele "vitaliteit".

Tenslotte werd waargenomen, dat het al of niet afrijpen van de vegetatieve delen van de haver verband houdt met het ontwikkelingsstadium van de bloeiwijze, waarin de toevoer van voedingszouten van de haver werd afgebroken. Geschiedde dit vóór, tijdens of vlak na de bloei, dan rijpten de planten volledig af. Werd de ionenvoorziening tot na de korrelrijping voortgezet, dan bleven de planten groen. Deze waarnemingen zijn in verband gebracht met de zuigkracht van de bloeiwijzen op de assimilaten in de vegetatieve delen van de planten.

De zuigkracht van de bloeiwijze in de laatste fase van de ontwikkeling van éénjarige planten heeft blijkbaar een zeer belangrijke invloed op het verloop van afrijping. Het effect van de ionenopneming in de latere groeistadia wordt hierdoor bepaald.

In hoofdstuk 3 zal hieraan een afzonderlijke bespreking worden gewijd.

3 DE INVLOED VAN ONTWIKKELING, BLOEI EN AFRIJPING OP DE STIKSTOFHUISHOUDING VAN EENJARIGE PLANTEN (Literatuur)

3.1 HET VERMOGEN TOT EIWITSYNTHESE VAN OUDERE BLADEREN

Het is uit oudere onderzoekingen o.a. van WAGNER (1932) en uit het zeer uitgebreide onderzoek van BALLARD en PETRIE (1936), PETRIE (1937), WATSON en PETRIE (1940) en WILLIAMS (1955) bekend, dat tijdens de ontwikkeling van éénjarige planten een herverdeling van voedingsstoffen en assimilaten plaats vindt, aanvankelijk van de oudere naar de jongere bladeren en tenslotte vanuit deze laatste naar de bloeiwijzen. Dit "leegzuigen" van de oudere organen door de jongere gaat gepaard met een hydrolyse van de eiwitten en leidt tot een volledige afsterving van de oudste organen. Dit verschijnsel is zo algemeen, dat o.a. door MOTHES in zijn eerste publikaties (1928, 1931) is verondersteld, dat de eiwitafbraak en stikstofonttrekking uit oudere bladeren, de z.g. veroudering, verband zou houden met het feit, dat deze bladeren in een bepaald stadium niet meer het vermogen zouden bezitten om eiwitten te synthetiseren.

Deze veronderstelling is onjuist gebleken. WALKLEY en PETRIE (1941) toonden aan, dat in een volwassen 4de blad van gerst, waarin al een daling van het eiwitgehalte aan de gang was, opnieuw een toeneming van het eiwitgehalte kon worden verkregen door stikstofzouten aan de wortels toe te dienen, nadat van te voren echter de jongere organen, die stikstof aan dit blad zouden hebben kunnen onttrekken, van de plant waren verwijderd. Ook de waarnemingen van SMIRNOW (1928) en GOUWENTAK (1929), dat bij zonnebloemen het eiwitgehalte in de bovenste bladeren tijdens de bloei sterk daalde doch tijdens en na de afrijping van het zaad weer toenam, wijzen in dezelfde richting.

Verder bestaan er voldoende aanwijzingen, dat er in levende organismen voortdurend opbouw en afbraak van eiwitten plaats vindt (GREGORY en SEN, 1937; WEBSTER, 1958). CHIBNALL en WILTSHIRE (1954) vonden dat in de eiwitfractie van een afgesneden bonenblad N-15 voorkwam, nadat dit gedurende enige tijd in een met N-15 gemerkte NH_4Cl -oplossing gedompeld was geweest, hoewel gedurende deze periode een sterke daling van de totale hoeveelheid in het blad aanwezige eiwit had plaatsgevonden. Deze en soortgelijke proefresultaten, verkregen met behulp van isotopen (VICKERY *et al.*, 1940) worden als bewijs aangevoerd voor het bestaan van een zogenaamde eiwitcyclus. Volgens YEMM en FOLKES (1958) zijn deze proefresultaten echter nog geen bewijs voor een aan de ademhaling gekoppelde eiwitsynthese, daar hier sprake zou kunnen zijn van een "aminozuuruitwisseling" tussen de eiwit- en de oplosbare stikstoffractie.

Het staat echter wel vast, dat oude bladeren hun vermogen tot eiwitsynthese niet verloren hebben, ook al bevinden ze zich in een stadium van stikstofafgifte.

3.2 DE ZUIGKRACHT DER BLOEIWIJZEN

Of in bepaalde organen van de intacte plant de synthese of de hydrolyse van eiwitten overheerst, wordt in belangrijke mate bepaald door de plaats van het orgaan aan de plant. Het is een bekend feit, dat stikstofgebrek het eerst zichtbaar wordt aan de oudste bladeren.

In de latere ontwikkelingsstadia heeft de bloeiwijze een belangrijke invloed op de onttrekking van assimilaten aan de vegetatieve delen van de plant, zoals uit de in 3.1 vermelde proeven van WALKLEY, PETRIE, SMIRNOW en GOUWENTAK is gebleken.

In proeven met tabak, waarvan de bloeiwijzen verwijderd waren (WATSON en PETRIE, 1940; SMIRNOW, 1928) bleek, dat bij de gedecapiteerde planten het eiwitgehalte in de bovenste bladeren niet daalde, doch daarentegen soms zelfs toenam, terwijl in dezelfde tijd het eiwitgehalte in de bovenste bladeren der ongestoord bloeiende planten daalde.

3.3 FACTOREN, DIE HET VERLOOP VAN DE AFRIJPING BEPALEN

Al is de zuigkracht van de jongere op de oudere plantendelen en in het bijzonder van de bloeiwijze op de rest van de plant van overwegende invloed op het verloop van de stofverdeling in en de afrijping van de plant, toch zijn er een aantal factoren, die dit verloop in niet onbelangrijke mate kunnen beïnvloeden.

Een oud, vrijwel geheel ontkleurd doch turgescerend tabaksblad werd door decapiteren van de plant weer geheel groen (MOTHES en BAUDISCH, 1960). Ook kon een oud, ontkleurd blad aan een intacte tabaksplant, die aan stikstofgebrek leed, door bespuiting met een NH_4NO_3 -oplossing eveneens weer geheel groen worden (MOTHES en BAUDISCH, 1960).

Daarentegen leiden stikstofgebrek, vochttekort (MOTHES, 1931), hoge temperaturen, hoge lichtintensiteit (ENGELBRECHT en UNVERRICHT, 1957) en sterke beschaduwing (MOTHES, 1928) tot een versnelde eiwitafbraak.

3.4 DE AARD VAN DE ZUIGKRACHT

De zuigkracht van de jongere op de oudere organen is reeds in 1887 door SACHS beschreven. Door verschillende schrijvers (PAECH, 1940; WATSON en PETRIE, 1940; VAN DE SANDE BAKHUYZEN, 1937) is verondersteld, dat er van de meristematische weefsels een invloed van hormonale aard op de oudere weefsels zou uitgaan, welke leidt tot

eiwitafbraak in, en afvoer van assimilaten uit de oudere organen en ophoping van deze stoffen in de groeipunten. Over de beïnvloeding van de beweging van stoffen in de plant is de laatste tijd wat meer bekend geworden.

De ontdekking in 1956 van kinetine (6-furfuryl-amino-purine), een hydrolyseproduct van nucleïnezuren, waarvan bekend is, dat het de celdeling in weefselcultures bevordert, leidde tot een uitgebreid onderzoek naar het effect van deze stof o.a. op de eiwithuishouding van de plant (MILLER, 1962). Nadat RICHMOND en LANG (1957) al hadden gevonden, dat kinetine de eiwitafbraak in afgesneden *Xanthium*-bladeren tegengaat, zijn door MOTHES (1960) en ENGELBRECHT (1961) uitgebreide onderzoekingen gedaan naar het effect van kinetine op de stofbeweging in planten en afgesneden bladeren. Door deze onderzoekers zijn een aantal opmerkelijke resultaten verkregen. Werden afgesneden bladeren plaatselijk met kinetine behandeld, dan bleven de behandelde plekken groen, terwijl de rest van de bladschijf snel vergeelde. Bij toepassing van met C-14 gemerkte stoffen kon met behulp van autoradiogrammen worden aangetoond, dat deze stoffen naar de met kinetine behandelde plaatsen worden getrokken en daar worden opgehoopt. In dit opzicht gedragen groeipunten en met kinetine behandeld weefsel zich analoog. In dit verband is het opmerkelijk, dat de kinetinewerking het sterkst is in oudere bladeren; jongere of bewortelde bladeren vertonen deze werking nauwelijks. Hoe sterk de accumulerende werking van kinetine is, bleek uit een proef, waarbij de helft van een geïsoleerd tabaksblad gedurende 1 minuut op 50°C werd verhit. Hierdoor trad in deze helft na verloop van tijd vergeling op, gepaard gaande met transport van stof naar de andere bladhelft. De verhitte bladhelft leek verzwakt ofwel verouderd ten opzichte van de andere helft. Werd echter een bladhelft na verhitten met kinetine behandeld, dan vond in deze helft accumulatie van stofwisselingsprodukten plaats. De thermische behandeling leidde volgens MOTHES en ENGELBRECHT tot een kunstmatige veroudering van het behandelde weefsel, een veroudering, die echter omkeerbaar bleek. Beide schrijvers beschouwen de veroudering van een orgaan in belangrijke mate als een relatief begrip; het orgaan met de grootste aantrekkingskracht geldt als jonger ten opzichte van een orgaan met een geringer accumulerend vermogen.

Uit onderzoek van MOTHES en medewerkers (1960) is verder gebleken, dat in de jonge organen het gehalte aan vrije aminozuren groter is dan in de organen, waaraan stikstofverbindingen worden onttrokken. Dit wijst erop, dat het transport van aminozuren tegen een concentratiegradiënt in moet plaats vinden, dus energie vereist. Dit staat in tegenstelling tot oudere opvattingen, waarin de concentratiegradiënt van aminozuren van ouder naar jonger weefsel, veroorzaakt door de eiwitsynthese in het jongere weefsel, als drijvende kracht voor het transport van aminozuren werd beschouwd (GOUWENTAK, 1929; WALKLEY, 1940). MOTHES (1960) en ENGELBRECHT (1961) menen echter, dat de eiwitsynthese niet de *oorzaak* is van de toevoer van aminozuren maar juist het *gevolg* ervan: de accumulatie gaat aan de synthese vooraf.

Het accumulerend vermogen van met kinetine behandelde bladgedeelten geldt niet alleen voor aminozuren, die in de eiwitten geïncorporeerd kunnen worden, maar ook

voor aminozuren, die niet in de eiwitten voorkomen en ook voor suikers, fosfaat en sulfaat. Verder zijn er behalve kinetine ook andere stoffen met een "accumulerend" effect bekend (ENGELBRECHT, 1961).

Over de vraag of kinetine direct of langs indirecte weg de eiwitsynthese bevordert, bestaat in de literatuur geen eenstemmigheid.

Door CONRAD (1961) is aangetoond, dat auxine op de met kinetine behandelde bladplekken wordt geaccumuleerd of vastgehouden, zodat het kinetine-effect ook via auxine verklaard zou kunnen worden. Verder is in proeven met afgesneden tabaksbladeren (WOLLGIEHN, 1961) gebleken, dat de met kinetine behandelde bladhelft niet alleen een sterke stofaccumulatie ten koste van de niet behandelde bladhelft vertoonde maar ook een belangrijke stijging van het gehalte aan ribonucleïnezuur (RNZ) en eiwit te zien gaf. Om na te gaan of de verhoogde eiwitsynthese het gevolg was van de accumulatie of van een specifieke werking van kinetine, werd de proef herhaald, nadat de bladhelften langs de middennerf waren gesplitst om transport van de ene bladhelft naar de andere te voorkomen. Daar het gehalte aan RNZ en eiwit in de met kinetine behandelde bladhelft nu niet was verhoogd, trok WOLLGIEHN hieruit de conclusie, dat niet de kinetine zelf maar het feit, dat er stofaccumulatie plaats kon vinden, aanleiding tot eiwitsynthese was. Werd aan één der bladhelften een NH_4 -zoutoplossing via de steel verstrekt, dan leidde dit tot een belangrijke verhoging van het RNZ- en eiwitgehalte in de behandelde bladhelft, die niet door toediening van kinetine werd beïnvloed. Uit dit laatste resultaat zou men kunnen concluderen, dat ook de toediening van stikstofverbindingen leidt tot de mogelijkheid van accumulatie en eiwitsynthese, wat in de termen van MOTHES en ENGELBRECHT zou betekenen, dat het orgaan door stikstofvoeding relatief verjongd wordt. OSBORNE (1962) daarentegen, vond, dat kinetine-toediening aan Xanthiumbladeren wel leidde tot een verhoging van het gehalte aan RNZ en eiwit, onder omstandigheden, waarbij aanvoer van assimilaten van elders was uitgesloten.

Men moet er dus rekening mee houden, dat kinetine en soortgelijke stoffen niet op alle toetsplanten hetzelfde effect hebben. Verder is er in 3.1 al op gewezen, dat de resultaten van proeven, waarbij de eiwitsynthese wordt bestudeerd met behulp van gemerkte verbindingen niet eenvoudig zijn te interpreteren. Het voorkomen van de N-15-isotoop in de eiwitfractie, behoeft niet te betekenen, dat de gemerkte verbinding werkelijk in het eiwit is geïncorporeerd (YEMM en FOLKES, 1959; WOLLGIEHN, 1961).

3.5 DE BETEKENIS VAN HET KINETINE-ONDERZOEK

Met kinetine bleek men over een hulpmiddel te beschikken om in een intacte plant het natuurlijk verloop van opbouw en afbraak, zoals dit in een ouder wordend orgaan plaats vindt, te beïnvloeden en zelfs om te keren. Door een bladgedeelte met kinetine te behandelen kan een toestand van overwegende eiwitafbraak tijdelijk worden omgezet in een toestand van overwegende eiwitsynthese. Kenmerkend voor de met

kinetine behandelde plek, was het vermogen om assimilaten te accumuleren en deze vast te houden. Volgens de in 3.4 behandelde proeven van WOLLGIEHN kon het kinetine-effect in zekere zin door de toevoer van stikstofzouten worden vervangen. Dat stikstofvoeding van een bladschijf leidt tot eiwitsynthese, baart op zichzelf geen opzien. Essentieel is echter, dat aan het vermogen tot eiwitsynthese een verjonging van het weefsel in de zin van MOTHES en ENGELBRECHT inhaerent lijkt. Het weefsel, door toevoer van stikstofzouten tot eiwitsynthese geïnduceerd, lijkt althans tijdelijk daarmee het vermogen tot accumulatie en retentie van assimilaten te bezitten. Of dit vermogen op een stoffelijke basis berust, staat niet vast.

Het groen blijven van bladeren en stengels van de haver op voedingsoplossingen, beschreven in 2.2.1 en 2.2.2, moet, gezien in het licht van het voorafgaande, worden toegeschreven aan het geregeld verversen der voedingsoplossingen. Dit leidde er blijkbaar toe, dat de bladeren "jong" bleven en weerstand konden bieden aan de zuigkracht van de bloeiwijzen. Het langer groen blijven van de vegetatieve organen na een overbemesting met stikstof op granen (THORNE en WATSON, 1955; VAN BURG en ARNOLD, 1961; VAN DOBBEN, 1959, 1961, 1962a), het weer groen worden van bladeren na een periode van tijdelijk stikstofgebrek (VAN DOBBEN, 1959, 1961), de hervatting van de bladgroei door enkele tweezaadlobbige zaadgewassen na een late overbemesting met stikstof (VAN ROON, 1959) moet eveneens aan een tijdelijke verjonging van het weefsel worden toegeschreven.

Hoewel over de aard van de stofaccumulatie nog veel dient te worden opgehelderd, kan toch wel worden gezegd, dat het verloop van de ontwikkeling van de plant en haar organen volgens een minder star schema verloopt dan in het verleden wel eens is aangenomen. Al is het in de meeste gevallen juist, dat zowel de gehele plant als haar onderdelen gedurende hun ontwikkeling achtereenvolgens een jeugdfase, een stadium van volwassenheid en een toestand van veroudering doorlopen, zoals door PETRIE (1937) is gepostuleerd, uit de talrijke in het voorgaande gegeven voorbeelden blijkt echter, dat de ontwikkeling van de plant of bepaalde onderdelen ervan, sterk kan worden vertraagd of zelfs omgekeerd door bepaalde ingrepen of uitwendige omstandigheden.

4 DE OPTIMALE STIKSTOFVOEDING VAN HAVER IN POTPROEVEN

In aansluiting op de proeven met voedingsoplossingen worden in dit hoofdstuk potproeven met haver beschreven, waarin getracht werd, door een doelmatige verdeling van de stikstofvoeding en door toepassing van geleidelijk werkende stikstofmeststoffen tot een regelmatige stikstofopneming en een zo hoog mogelijke korrelopbrengst te geraken. In al het beschreven materiaal werden stikstofanalyses gedaan, zodat de droge-stofproductie met de stikstofopneming in verband kan worden gebracht. De fosfaat- en kaliumopneming werden in dit materiaal niet verder in het onderzoek betrokken.

4.1 PROEFOPZET

In de periode 1957 tot 1962 is een serie potproeven genomen met haver (var. Marne) waarbij verschillende stikstofbemestingsschema's werden toegepast.

Alle proeven vonden, tenzij anders vermeld, in de open lucht plaats. De proeven werden uitgevoerd in Mitscherlichpotten, welke werden gevuld met 5,5 kg zandgrond ($\text{pH}_{\text{water}} 5,5$).

De basisbemesting bedroeg 3 g superfosfaat en 3 g patentkali per pot. Beide meststoffen werden in poedervorm toegediend. Alle meststoffen, dus ook de stikstof, werden vóór het vullen door de grond gemengd. Na het vullen van de potten werden in een kiemlaag van 500 g onbemeste zandgrond 28 zaden gepoot. Enige tijd na opkomst van de kiemplanten werd het plantaantal tot 20 teruggebracht.

Het watergehalte van de grond werd door weging zoveel mogelijk op 65% van de watercapaciteit gehouden. Naarmate de planten groter werden, werd tweemaal, zodanig driemaal per dag gegoten.

Terwille van de overzichtelijkheid zullen de stikstofbemestingsschema's en eventuele verdere bijzonderheden bij de beschrijving der afzonderlijke proeven worden gegeven. Voor de analysemethoden wordt verwezen naar 2.1.

Voor alle hierna te bespreken potproeven geldt, dat standaardafwijkingen wel zijn bepaald maar niet vermeld. Alleen significante verschillen worden besproken.

4.2 BESCHRIJVING EN RESULTATEN DER AFZONDERLIJKE PROEVEN

4.2.1 Potproef met haver 1957

Zaaitijd: 21 april.

N-bemesting bij het zaaien:

- a. 800 mg N per pot als NH_4NO_3 (AN) in vaste vorm.

- b. 1200 mg N per pot als NH_4NO_3 (AN) in vaste vorm.
- c. 1600 mg N per pot als NH_4NO_3 (AN) in vaste vorm.
- d. 800 mg N per pot als NH_4NO_3 + 2000 mg N als "Uramite" (Ur)¹
- e. 1200 mg N per pot als NH_4NO_3 + 2000 mg N als "Uramite" (Ur)
- f. 1600 mg N per pot als NH_4NO_3 + 2000 mg N als "Uramite" (Ur)
- g. 2000 mg N als "Uramite" (Ur)
- h. geen stikstof.

Van de series a t/m g werden op 5 achtereenvolgende data gedurende het groeiseizoen de planten van telkens 2 potten geoogst en geanalyseerd om een indruk te krijgen van het verloop van de groei en de stikstofopneming.

N-overbemesting: Van de resterende potten werd, bij het tevoorschijnkomen van de bloeiwijzen (26 juni), de helft met 800 mg N per pot in de vorm van NH_4NO_3 -oplossing bemest. De planten werden na afrijping omstreeks 15 augustus geoogst.

Resultaten

De oogstanalyse van het gewas na afrijping is gegeven in tabel 3, terwijl de resultaten van de stikstofanalyses zijn weergegeven in tabel 4.

De *droge-stofproduktie* (tabel 3) was groter, naarmate bij het zaaien meer NH_4NO_3 was toegediend; de hoeveelheid korrel steeg relatief meer dan de hoeveelheid stro. De vergroting van de korrelproduktie kwam tot stand door een vergroting van het aantal bloeiwijzen en door toeneming van het aantal korrels per pluim. Het 1000-korrelgewicht werd door meer stikstof bij het zaaien nauwelijks beïnvloed.

De aanvullende bemesting met "Uramite" leidde eveneens tot een vergroting van de droge-stofopbrengst, welke echter aanzienlijk geringer was, naarmate bij het zaaien meer NH_4NO_3 gegeven was. De stijging in de hoeveelheid geproduceerde droge stof kwam hoofdzakelijk voor rekening van de korrel en kwam tot stand vooral door een groter aantal pluimen.

Een overbemesting met 800 mg N als NH_4NO_3 had eveneens een belangrijke verhoging van de droge-stofopbrengst tengevolge, die slechts weinig beïnvloed werd door de hoeveelheid stikstof, die bij het zaaien gegeven was. De opbrengstverhoging kan vrijwel geheel toegeschreven worden aan een toeneming van de korrelproduktie, in hoofdzaak door vergroting van het 1000-korrelgewicht.

De hoogste korrelopbrengst in deze proef werd verkregen bij de objecten 1200 AN + 2000 Ur + 800 AN en 1600 AN + 2000 Ur + 800 AN.

Uit de cijfers over de *stikstofopneming* (tabel 4) blijkt, dat van de NH_4NO_3 , die bij het zaaien gegeven was ongeveer 75% in de bovengrondse delen teruggevonden werd en van de NH_4NO_3 , die als overbemesting gegeven was, globaal 70-90%.

Het N-rendement van de "Uramite" daarentegen bedroeg minder dan 30% van de toegediende hoeveelheid.

¹ "Uramite" is een condensatieproduct van ureum en formaldehyde, dat 38% N bevat, waarvan ongeveer $\frac{1}{3}$ in koud water en ongeveer $\frac{2}{3}$ in heet water oplost; dit produkt wordt door Dupont in Amerika als langzaamwerkende N-meststof in gekorrelde (2-3 mm) vorm in de handel gebracht.

TABLE 3 Potproef haver 1957. Het effect van opklimmende hoeveelheden stikstof (mg N/pot) als NH_4NO_3 en aanvullende bemesting als "Uramite" en een overbemesting als NH_4NO_3 op de droge-stofproductie en oogstanalyse van haver

N-bemesting / N-fertilisation	korrel/grain		stro/straw		korrel + stro grain + straw		aantal/number		1000-korrelgew. 1000-grain weight
	g/pot	g/pot	g/pot	g/pot	g/pot	g/pot	pluimen panicles per pot	korrels per pluim grains per panicle	
800 AN	46,2	51,6	97,8	26,5	59,7	29,3			
800 AN + 800 AN	57,9	50,0	107,9	28,2	55,4	37,0			
1200 AN	58,0	56,7	114,7	29,0	66,8	30,0			
1200 AN + 800 AN	69,0	60,7	129,7	32,0	65,2	35,4			
1600 AN	65,4	61,5	126,9	31,5	68,7	30,2			
1600 AN + 800 AN	74,6	62,2	136,8	30,3	71,0	34,8			
800 AN + 2000 Ur	59,8	59,6	119,4	31,1	60,6	31,8			
800 AN + 2000 Ur + 800 AN	69,0	62,4	131,4	32,5	60,4	35,2			
1200 AN + 2000 Ur	66,3	60,8	127,1	31,1	67,2	31,8			
1200 AN + 2000 Ur + 800 AN	76,3	63,3	139,6	29,5	71,5	36,1			
1600 AN + 2000 Ur	70,1	62,3	132,4	33,3	70,3	30,0			
1600 AN + 2000 Ur + 800 AN	76,5	62,9	139,4	32,5	70,3	33,6			
2000 Ur	32,3	35,9	68,2	24,0	42,7	31,4			
2000 Ur + 800 AN	34,0	42,0	76,0	23,3	41,5	35,2			
O N	4,2	9,7	13,9	22,0	6,9	27,6			

TABLE 3 Pot experiment oats 1957. The effect of increasing rates of nitrogen (mg N/pot) as NH_4NO_3 , additional "Uramite" and topdressing as NH_4NO_3 on dry matter production and yield analysis of oats

TABEL 4 Potproef haver 1957. Het effect van opklimmende hoeveelheden stikstof (mg N/pot) als NH_4NO_3 , een aanvullende bemesting als "Uramite" en een overbemesting als NH_4NO_3 op het stikstofgehalte en de stikstofverdeling in haver

N-bemesting <i>N-fertilisation</i>	N				N korrel + stro <i>grain + straw</i>
	korrel / <i>grain</i>		stro / <i>straw</i>		
	%	mg/pot	%	mg/pot	mg/pot
800 AN	1,22	564	0,27	139	703
800 AN + 800 AN	1,94	1122	0,35	175	1297
1200 AN	1,35	783	0,33	187	970
1200 AN + 800 AN	2,05	1415	0,41	249	1664
1600 AN	1,64	1073	0,39	240	1313
1600 AN + 800 AN	2,15	1604	0,42	261	1865
800 AN + 2000 Ur	1,70	1016	0,41	244	1260
800 AN + 2000 Ur + 800 AN	2,25	1553	0,53	331	1884
1200 AN + 2000 Ur	1,86	1234	0,44	267	1501
1200 AN + 2000 Ur + 800 AN	2,43	1854	0,62	392	2246
1600 AN + 2000 Ur	2,12	1485	0,61	380	1865
1600 AN + 2000 Ur + 800 AN	2,49	1906	0,80	503	2409
2000 Ur	1,64	529	0,42	151	680
2000 Ur + 800 AN	2,42	823	0,65	273	1096
O N	1,53	64	0,40	38	102

TABLE 4 Pot experiment oats 1957. The effect of increasing rates of nitrogen (mg N/pot) as NH_4NO_3 , additional "Uramite" and topdressing as NH_4NO_3 on nitrogen content and nitrogen distribution in oats

De verdeling van de stikstof over korrels en stro bij het afrijpen der planten houdt verband met het tijdstip van de stikstofbemesting. Van de bij het zaaien gegeven stikstof, zowel in de vorm van NH_4NO_3 als in de vorm van "Uramite", kwam ongeveer 80% van de door de bovengrondse delen opgenomen stikstof in de korrels terecht. Van de als overbemesting gegeven stikstof werd bijna 95% van de in de bovengrondse delen opgenomen stikstof in de korrels opgeslagen.

In het verloop van de droge-stofproductie (figuur 13) bleek aanvankelijk weinig differentiatie te bestaan, al werden na begin juni de kleurverschillen steeds duidelijker. Slechts de planten, die alleen met "Uramite" waren bemest, bleven al spoedig in omvang achter. Het effect van de overbemesting met 800 mg N als NH_4NO_3 was twee weken na de datum van toediening in het plantgewicht niet merkbaar maar kwam pas bij de oogst tot uiting.

FIG. 13. Het effect van de stikstofvoorziening op het verloop van de droge-stofproductie van haver gedurende de groei

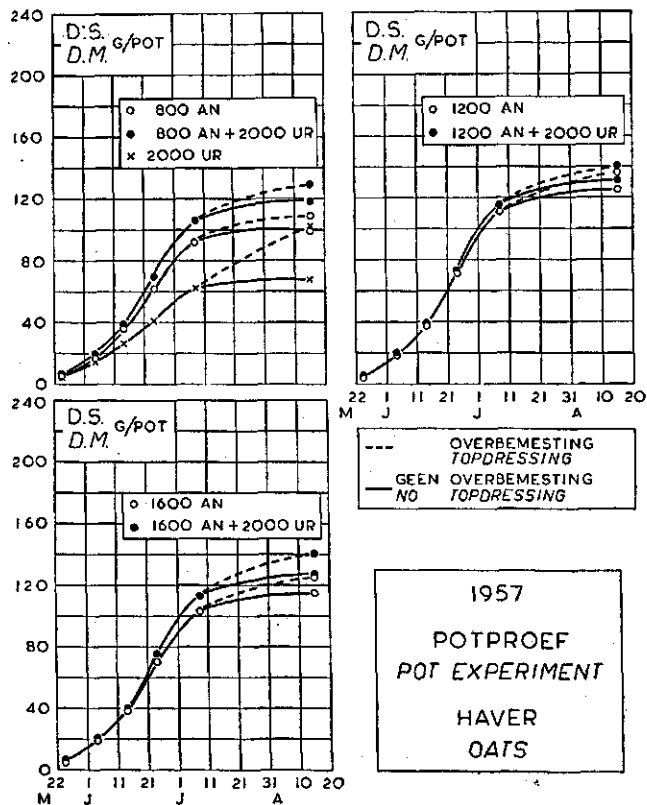


FIG. 13. Dry matter production of oats during growing period as affected by nitrogen supply

Veel groter was de differentiatie in het verloop van de stikstofopneming (figuur 14). Na begin juni daalde het tempo, waarin de stikstof door de planten opgenomen werd, bij de objecten 800, 1200 en 1600 mg N bij het zaaien zeer snel, kennelijk als gevolg van uitputting. De aanvullende bemesting met "Uramite" leidde weliswaar tot een aanzienlijk grotere stikstofopneming maar kon niet voorkomen, dat de opnemings-snelheid geleidelijk verminderde.

De overbemesting van 800 mg N werd snel opgenomen, wat erop wijst, dat de opnemingscapaciteit van de planten ook na hoge stikstofgiften bij het zaaien nog lang niet verzadigd was. Deze sterke stikstofopneming ging gepaard met een donker-groene verkleuring van de bladeren en leidde tot een verlenging van de periode, gedurende welke de planten groen bleven.

Bespreking

Het effect van de "Uramite"-bemesting en dat van de overbemesting met NH_4NO_3

FIG. 14. Het effect van de wijze van stikstoftoediening op het verloop van de stikstofopneming door haver

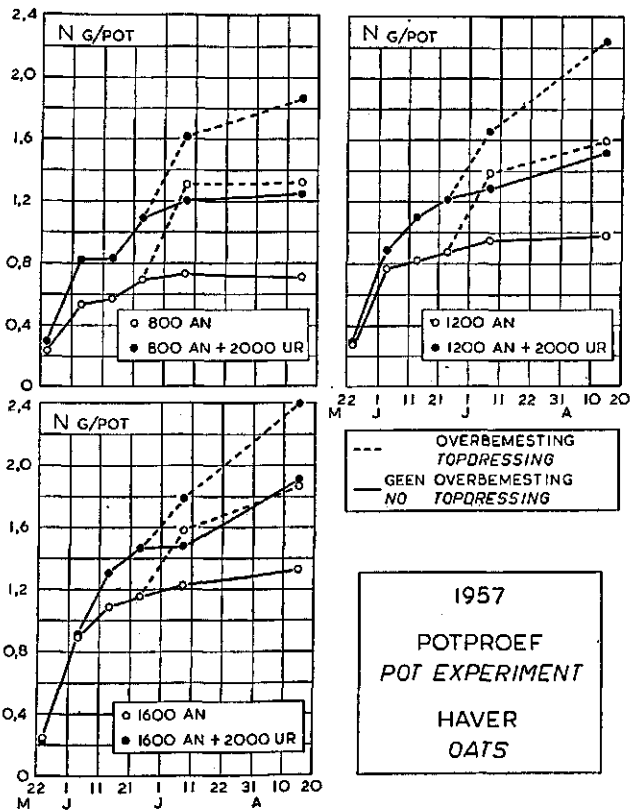


FIG. 14. Pattern of nitrogen uptake by oats as affected by method of nitrogen supply

TABEL 5 Potproef haver 1957. Effect van een aanvullende bemesting (mg N/pot) met "Uramite" op de verhoging van de korrelopbrengst

N-bemesting N-fertilisation	korrelopbrengst grain yield g/pot	opbrengstverhoging yield increase g/pot	extra N-opneming extra N-uptake mg/pot
800 AN	46,2		
800 AN + 2000 Ur	59,8	13,6	557
1200 AN	58,0		
1200 AN + 2000 Ur	66,3	8,3	531
1600 AN	65,4		
1600 AN + 2000 Ur	70,1	4,7	552

TABLE 5 Pot experiment oats 1957. Effect of an additional "Uramite" application on the increase in grain yield

op de korrelopbrengst bleek aanzienlijk uiteen te lopen, vooral indien men rekening houdt met de uit deze bemestingen opgenomen hoeveelheden stikstof. Dit wordt geïllustreerd in de tabellen 5 en 6, waarin de effecten van de "Uramite" en van de overbemesting met NH_4NO_3 op de korrelopbrengsten zijn weergegeven.

TABEL 6 Potproef haver 1957. Effect van een overbemesting met NH_4NO_3 (mg N/pot) op de verhoging van de korrelopbrengst

N-bemesting <i>N-fertilisation</i>	korrelopbrengst <i>grain yield</i> g/pot	opbrengstverhoging <i>yield increase</i> g/pot	extra N-opneming <i>extra N-uptake</i> mg/pot
800 AN	46,2		
800 AN + 800 AN	57,9	11,7	594
1200 AN	58,0		
1200 AN + 800 AN	69,0	11,0	694
1600 AN	65,4		
1600 AN + 800 AN	74,6	9,2	552

TABLE 6 Pot experiment oats 1957. Effect of a topdressing with NH_4NO_3 (mg N/pot) on the increase in grain yield

In tegenstelling tot de overbemesting met NH_4NO_3 bleek het effect van de "Uramite"-bemesting sterk afhankelijk van de NH_4NO_3 -bemesting bij het zaaien. Dit verschil in effect hangt ongetwijfeld samen met het tijdstip en de wijze, waarop de stikstof voor de planten beschikbaar kwam. Dat bij een laag stikstofniveau (800 mg N/pot) bij het zaaien een extra hoeveelheid stikstof vroeg meer effect had op de korrelopbrengst dan een extra hoeveelheid stikstof laat, is begrijpelijk, daar door een vroege aanvullende bemesting de gehele plant wordt vergroot. Dit blijkt b.v. uit een vergelijking van de objecten 1600 AN met 800 AN + 800 AN of 800 AN + 800 AN met 800 AN + 2000 Ur (tabel 3 en 4).

Het is daarentegen opmerkelijk, dat in geval van een hoog bemestingsniveau bij het zaaien, de aanvullende bemesting bij het zaaien minder effect op de korrelopbrengst had dan de overbemesting, d.w.z. een gedeelde stikstofopneming leidde tot een hogere korrelopbrengst dan eenzelfde stikstofopneming ineens na het zaaien. Ter illustratie ontlene we aan het materiaal enige vergelijkingen, welke zijn samengevat in tabel 7.

In alle gevallen was het effect van de overbemesting groter dan van een aanvullende bemesting bij het zaaien. De verklaring van dit verschijnsel ligt waarschijnlijk in het feit, dat de met stikstof overbemeste planten tijdens de periode van de zaadontwikkeling langer groen bleven dan de planten, die evenveel stikstof vroeg hadden opgenomen. Bekijkt men het verloop van de stikstofopneming tegen de tijd, (figuur 14), dan blijkt, dat ook bij de objecten met hoge stikstofbemestingen bij het zaaien (1200 AN + Ur, 1600 AN + Ur) het tempo, waarin de stikstof was opgenomen, bij

het begin van de bloei sterk was gedaald. Zelfs de aanvullende bemestingen bij het zaaien (zoals aangegeven in tabel 7) hebben het verminderen van de stikstofopneming vóór of omstreeks de bloei niet kunnen voorkomen. Ze leidden weliswaar tot een geringe vergroting van de plant (iets meer stro, meer pluimen, meer korrels per

TABEL 7 Potproef haver 1957. Vergelijking van het effect van vroeg en laat "extra" opgenomen stikstof (mg N/pot) op de verhoging van de korrelopbrengst

N-bemesting <i>N-fertilisation</i>	korrelopbrengst <i>grain yield</i>	N-opneming <i>N-uptake</i>	opbrengstverhoging (g) omgerekend op 1 g extra N-opneming. <i>yield increase (g) calculated per g extra N-uptake</i>
<i>Vergelijking I / Comparison I</i>			
1600 AN	65,4	1313	
1600 AN + 2000 Ur	70,1	1865	8,4
1600 AN + 800 AN	74,6	1865	16,7
<i>Vergelijking II / Comparison II</i>			
1200 AN + 2000 Ur	66,3	1501	
1200 AN + 2000 Ur + 800 AN	76,3	2246	13,3
1600 AN + 2000 Ur	70,1	1865	10,1
<i>Vergelijking III / Comparison III</i>			
1600 AN + 2000 Ur	70,1	1865	
1600 AN + 2000 Ur + 800 AN	76,5	2409	12,1

TABLE 7 Pot experiment oats 1957. The effect of extra N-uptake early on the increase in grain yield as compared with that of extra N-uptake late

pluim) doch het effect hiervan woog onder de gegeven proefomstandigheden blijkbaar niet op tegen het effect van de verlenging van de levensduur van de vegetatieve organen als gevolg van de overbemesting.

Dit wijst erop, dat niet alleen de *hoeveelheid* door de plant geassimileerde stikstof bepalend is voor de levensduur der vegetatieve organen maar ook het *tijdstip*, waarop de stikstof wordt opgenomen. Deze waarnemingen vormen een ondersteuning voor de op grond van de resultaten van WOLLGIEHN (zie 3.4) en eigen proefresultaten (zie 2.2) geuite veronderstelling, dat aan de stikstofopneming en eiwitsynthese het vermogen tot accumulatie en retentie, de z.g. verjonging, van het betreffende orgaan inhaerent is. Het blijkt, dat de vegetatieve organen ook na de hoogste stikstofgiften bij het zaaien aan de zuigkracht der bloeiwijzen geen weerstand konden bieden en reeds vrij vroeg afrijpten.

Waarschijnlijk is het verschil in effect tussen vroege en late extra stikstofopneming (stikstofopneming ineens en gedeelde stikstofopneming) in potproeven geaccentueerd door het feit, dat de geringe hoeveelheid grond nagenoeg geen stikstof kon leveren. Onder omstandigheden, waarbij de grond zelf in belangrijke mate bijdraagt

tot de stikstofvoorziening van het gewas, kan men verwachten, dat een dergelijk effect verborgen blijft of zelfs geheel verdwenen is.

Het blijkt, dat een overbemesting een duidelijke verhoging van de korrelopbrengst tot gevolg had onafhankelijk van de hoeveelheid N, die bij het zaaien gegeven was. Hieruit volgt, dat een stikstofopneming van 1850 mg N per pot niet voldoende was, om de onder de gegeven proefomstandigheden maximale opbrengst te bereiken. Daarentegen werd bij de bemestingen 1200 AN + 2000 Ur + 800 AN en 1600 AN + 2000 Ur + 800 AN dezelfde korrel- en stro-opbrengst verkregen, hoewel in het tweede geval 150 mg N meer door de planten was opgenomen. Bovendien blijkt uit het verloop van de stikstofopneming (figuur 14), dat in beide gevallen het tempo van de stikstofopneming omstreeks het begin van de bloei weinig verminderd was. Dit zou erop kunnen wijzen, dat met de beide stikstofhoeveelheden, de onder de gegeven omstandigheden maximale opbrengst ongeveer bereikt was.

4.2.2 Potproef met haver 1959

In aansluiting op deze proef werd in 1959 opnieuw een potproef met haver genomen, waarbij nog hogere stikstofgiften werden toegepast dan in 1957. Daar verwacht kon worden, dat hoeveelheden van 2000 mg N en meer in oplosbare vorm bij het zaaien aanleiding tot zoutschade zouden kunnen geven, werden combinaties van langzaamwerkende stikstof in de vorm van "Uramite" en oplosbare stikstof in de vorm van NH_4NO_3 toegepast. Er werd naar gestreefd zoveel stikstof bij het zaaien te geven, dat de plantomvang zo groot mogelijk werd en vervolgens de stikstofbemesting zodanig aan te vullen, dat een voortdurende ruime stikstofopneming door de planten gewaarborgd leek. Op deze wijze werd getracht te voorkomen, dat de stikstofopneming omstreeks de bloei sterk zou verminderen. Tenslotte werd in alle gevallen een overbemesting bij het begin van de bloei toegepast, waardoor tevens kon worden nagegaan in hoeverre de proefopzet om voortdurend voldoende stikstof ter beschikking van de plant te hebben, was geslaagd.

Zaaidatum: 7 april

Basisbemesting per pot: 1200 mg N als NH_4NO_3 (vast) bij het zaaien

Aanvullende bemesting per pot:

- a. 2 maal 400 mg N als NH_4NO_3 , de eerste toediening na het uitstoelen (21 mei), de tweede toediening 16 dagen later (6 juni),
 - b. 8 maal 100 mg N als NH_4NO_3 , de eerste toediening na het uitstoelen (21 mei), de volgende telkens 4 dagen later,
 - c. 3000 mg N als "Uramite" bij het zaaien,
 - d. 3000 mg N als "Uramite" + 8 maal 100 mg N als NH_4NO_3 .
- Alle aanvullende NH_4NO_3 -giften zijn als oplossingen toegediend.

Op 22 juni, bij het begin van de bloei, werden van 3 potten per object de planten geoogst voor een tussentijdse droge-stof- en N-bepaling.

Op 23 juni werd aan de helft van de resterende potten 800 mg N als een NH_4NO_3 -oplossing toegediend. Na afrijping werden de planten tussen 24 en 31 juli geoogst. De resultaten zijn weergegeven in de tabellen 8 en 9.

TABEL 8 Potproef haver 1959. Effect van stikstofhoeveelheid (mg N/pot) en wijze van toediening op de droge-stofproductie van haver

N-bemesting / <i>N-fertilisation</i>	begin bloei <i>at flowering</i>	na afrijping <i>at ripeness</i>		
	bovengr. delen <i>tops</i> g/pot	korrel <i>grain</i> g/pot	stro <i>straw</i> g/pot	korrel + stro <i>grain + straw</i> g/pot
1200 AN	—	52,4	76,3	128,7
1200 AN + 800 AN		60,9	77,3	138,2
a. 1200 AN + 2 × 400 AN	115,2	68,3	82,7	151,0
1200 AN + 2 × 400 AN + 800 AN		79,6	86,0	165,6
b. 1200 AN + 8 × 100 AN	112,5	70,5	82,6	153,1
1200 AN + 8 × 100 AN + 800 AN		78,1	85,2	163,3
c. 1200 AN + 3000 Ur	111,7	74,9	82,9	157,8
1200 AN + 3000 Ur + 800 AN		79,1	87,5	166,6
d. 1200 AN + 3000 Ur + 8 × 100 AN	111,6	75,4	85,1	162,5
1200 AN + 3000 Ur + 8 × 100 AN + 800 AN		77,1	92,1	169,2

TABLE 8 *Pot experiment oats 1959. Effect of rate of nitrogen supply and method of application on dry matter production*

Resultaten

De aanvullende bemestingen leidden in alle gevallen tot een aanzienlijke verhoging van het opbrengstniveau t.o.v. de basisbemesting met 1200 mg N per pot. Bij de objecten a (1200 AN + 2 × 400 AN) en b (1200 AN + 8 × 100 AN) leidde de overbemesting tot een significante verhoging van de korrelopbrengst; 1200 mg N bij het zaaien + 800 mg N, successievelijk toegediend, bleek onder deze proefomstandigheden niet voldoende om de maximale korrelopbrengst te bereiken. Het effect van de overbemesting t.o.v. object c (1200 AN + 3000 Ur) was niet significant, terwijl de overbemesting bij object d (1200 AN + 3000 Ur + 8 × 100 AN) geen effect op de korrelopbrengst had. In afwijking van de resultaten van 1957, werd door de overbemesting in alle gevallen de hoeveelheid stro vergroot.

Bij de objecten a en b bleek bij het begin van de bloei alle beschikbare stikstof

TABEL 9 Potproef haver 1959. Effect van stikstofhoeveelheid (mg N/pot) en wijze van toediening op de stikstofopneming

N-bemesting <i>N-fertilisation</i>	begin bloei <i>at flowering</i>	na afrijping <i>at ripeness</i>		
	bovengr. delen <i>tops</i> mg/pot	korrel <i>grain</i> mg/pot	stro <i>straw</i> mg/pot	korrel + stro <i>grain + straw</i> mg/pot
1200 AN	—	645	221	866
1200 AN + 800 AN		1146	284	1430
a. 1200 AN + 2 × 400 AN	1485	1072	298	1370
1200 AN + 2 × 400 AN + 800 AN		1722	361	2083
b. 1200 AN + 8 × 100 AN	1509	1157	291	1448
1200 AN + 8 × 100 AN + 800 AN		1769	354	2133
c. 1200 AN + 3000 Ur	1533	1421	410	1831
1200 AN + 3000 Ur + 800 AN		1909	525	2434
d. 1200 AN + 3000 Ur + 8 × 100 AN	2106	1745	613	2358
1200 AN + 3000 Ur + 8 × 100 AN + 800 AN		2170	786	2956

TABLE 9 *Pot experiment oats 1959. Effect of rate of nitrogen supply and method of application on nitrogen uptake*

door de planten te zijn opgenomen (tabel 9); de geringere hoeveelheid stikstof in de plant bij de afrijping was waarschijnlijk mede het gevolg van een te lage waardering van het stikstofgehalte in het kaf, hetwelk bij de berekening gelijkgesteld was aan dat van het stro, doch in werkelijkheid hoger was (zie ook 5.2.1).

Bij de objecten c en d bleek na het begin van de bloei nog een deel van de toegediende stikstof voor de planten beschikbaar te zijn geweest. Van de overbemesting was, onafhankelijk van het stikstofniveau bij het zaaien, in alle gevallen 70% of meer door de planten opgenomen.

Uit de gegevens blijkt, dat de maximale korrelopbrengst in deze proef bij een bemesting van 1200 AN + 3000 Ur bij het zaaien vrijwel bereikt was.

Het belangrijkste resultaat van deze proef is, dat het mogelijk gebleken is door een doelmatige combinatie van snel- en langzaamwerkende stikstofmeststoffen zóveel stikstof bij het zaaien te geven, dat de voor deze proefomstandigheden maximale korrelopbrengst werd bereikt.

Bij een vergelijking van de proefresultaten van 1959 met die van 1957 vallen duidelijke verschillen op, als men de grootte en samenstelling van de oogst van overeen-

komstige objecten vergelijkt. Deze verschillen hangen ongetwijfeld samen met de uiteenlopende zaaidata en met de weersomstandigheden. Op de invloed van de milieuomstandigheden op de grootte en samenstelling van de oogst zal in hoofdstuk 6 nog nader worden ingegaan.

4.2.3 Potproef met haver 1961

In 1961 kwam oxamide als geleidelijk werkende stikstofbron voor proefnemingen beschikbaar. Oxamide, het diamide van oxaalzuur, is in water onoplosbaar doch werkt in poedervorm door de grond gemengd als een in water oplosbare stikstofmeststof (DILZ en STEGGERDA, 1962). Door de oxamide te granuleren kan de stikstofwerking van deze verbinding worden vertraagd (DEMENT, HUNT en STANFORD, 1961). Van deze eigenschap is bij de volgende proef gebruik gemaakt. Ook in deze proef werd ernaar gestreefd door middel van een stikstofbemesting ineens bij het zaaien, zóveel stikstof te geven, dat de planten gedurende de gehele groeiperiode over een ruime hoeveelheid stikstof konden beschikken.

Zaaidatum: 27 maart

Bemesting bij het zaaien:

- 800, 1200, 1600 mg N als oxamide-poeder (0,15–0,25 mm) fijn,
- 1200, 1800, 2400 mg N als oxamide-korrels (0,85–1,40 mm) middel,
- 2400, 3600, 4800 mg N als oxamide-korrels (3–4 mm) grof.

In het proefplan was weer een overbemesting van alle objecten met 800 mg N als NH_4NO_3 opgenomen. Abusievelijk werd echter 80 mg N toegediend, een fout, die te laat werd ontdekt, om nog ongedaan te kunnen worden gemaakt.

Van alle objecten werden van 3 potten de planten bij het begin van de bloei (24 juni) geoogst voor een tussentijdse droge-stof- en N-bepaling. De resterende planten werden na het afrijpen tussen 3 en 16 augustus geoogst. De oogst- en analyse-resultaten zijn vermeld in de tabellen 10 en 11.

Door met het opvoeren van de stikstofdosering grotere oxamidekorrels toe te passen, kon worden bereikt, dat bij het zaaien zeer grote hoeveelheden stikstof tegelijk konden worden toegediend zonder een noemenswaardige groeidepressie. Met het stijgen van de stikstofbemesting nam de korrelopbrengst regelmatig doch in afnemende mate toe. Vooral bij de bemestingen met 2400, 3600 en 4800 mg N per pot liepen de korrelopbrengsten tot zeer hoge waarden op, terwijl de stro-opbrengsten daarentegen daalden. Bij de kleinste oxamide-fracties was de uiteindelijke stikstofopneming bij de bloei al grotendeels bereikt (tabel 11), terwijl na de hoge stikstofgiften met grove oxamidekorrels, de planten na de bloei nog aanzienlijke hoeveelheden stikstof konden opnemen. In het algemeen bedroeg de totale hoeveelheid stikstof in de bovengrondse delen ongeveer 75% van de toegediende hoeveelheid. Bij de allerhoogste stikstofhoeveelheden daalde deze tot ruim 62%.

TABEL 10 Potproef haver 1961. Het effect van oxamide-toediening bij verschillende hoeveelheden (mg N/pot) en korrelgrootte op de droge-stofproductie

N-bemesting <i>N-fertilisation</i>	korrelgrootte <i>granule size</i>	begin bloei <i>at flowering</i>	na afrijping <i>at ripeness</i>		
		bovengr. delen <i>tops</i> g/pot	korrel <i>grain</i> g/pot	stro <i>straw</i> g/pot	korrel + stro <i>grain + straw</i> g/pot
800	0,15 — 0,25 mm	82	42,0	63,9	105,9
1200		104	58,4	77,3	135,7
1600		108	62,6	82,0	144,6
1200	0,85 — 1,40 mm	104	57,7	78,1	135,8
1800		113	65,4	85,8	151,2
2400		112	74,3	81,9	156,2
2400	3 — 4 mm	116	76,9	89,4	166,3
3600		120	82,9	86,9	169,8
4800		109	87,6	82,7	170,3

TABLE 10 Pot experiment oats 1961. The effect of oxamide on dry matter production as affected by rate of application and granule size

TABEL 11 Potproef haver 1961. Het effect van oxamide toediening bij verschillende hoeveelheden (mg N/pot) en korrelgrootte op de stikstofopneming

N-bemesting <i>N-fertilisation</i>	korrelgrootte <i>granule size</i>	begin bloei <i>at flowering</i>	na afrijping <i>at ripeness</i>		
		bovengr. delen <i>tops</i> mg/pot	korrel <i>grain</i> mg/pot	stro <i>straw</i> mg/pot	korrel + stro <i>grain + straw</i> mg/pot
800	0,15 — 0,25 mm	593	451	175	626
1200		835	719	182	901
1600		1029	937	254	1191
1200	0,85 — 1,40 mm	863	746	189	935
1800		1258	981	320	1301
2400		1516	1302	356	1658
2400	3 — 4 mm	1416	1309	329	1638
3600		1979	1919	467	2386
4800		2360	2226	836	3062

TABLE 11 Pot experiment oats 1961. The effect of oxamide on nitrogen uptake as affected by rate of application and granule size

Het is met behulp van grofkorrelige oxamide mogelijk gebleken bij het zaaien een dusdanige ruime stikstofvoorraad aan de planten toe te dienen, dat een ruime en regelmatige stikstofstroom gedurende het gehele groeiseizoen voor de planten be-

TABEL 12 Vergelijking van de droge-stofproductie en oogstanalyse van haver voor de maximum opbrengsten in de potproeven van 1957, 1959 en 1961.

Jaar Year	N-bemesting N-fertilisation	korrel / grain g/pot	stro / straw g/pot	korrel + stro grain + straw g/pot	aantal pluimen number of panicles per pot	korrels per pluim number of grains per panicle	aantal korrels per pluim number of grains per panicle	1000 korrelgewicht 1000-grain weight
1957	1200 AN + 2000 Ur + 800 AN	76,3	63,3	139,6	29,5	71,5	36,1	
1959	1200 AN + 3000 Ur	74,9	82,9	157,8	40,0	75,0	25,0	
1961	4000 Ox	87,6	82,7	170,3	49,0	53,4	33,5	

TABLE 12 Pot experiments 1957, 1959 and 1961. Dry matter production and yield analysis of oats at maximum yield level

schikbaar kwam, waardoor zeer hoge korrelopbrengsten werden verkregen. Of de maximale korrelopbrengst is bereikt, is door het ontbreken van een overbemesting niet na te gaan.

4.3 VERGELIJKING EN SAMENVATTING VAN DE RESULTATEN

Ter vergelijking worden in de tabellen 12 en 13 de gegevens van oogstanalyse en stikstofopneming voor de maximale opbrengsten van de drie proefjaren weergegeven.

TABEL 13 Vergelijking van stikstofopneming en stikstofverdeling in haver voor de maximum opbrengsten in de potproeven van 1957, 1959 en 1961

Jaar Year	N-bemesting N-fertilisation	begin bloei <i>at flowering</i>	bij afrijping <i>at ripeness</i>		
		bovengr. delen <i>tops</i> mg/pot	korrel <i>grain</i> mg/pot	stro <i>straw</i> mg/pot	korrel + stro <i>grain + straw</i> mg/pot
1957	1200 AN + 2000 Ur + 800 AN	1210	1854	392	2246
1959	1200 AN + 3000 Ur	1533	1421	410	1831
1961	4800 Ox	2360	2226	836	3062

TABLE 13 *Pot experiments 1957, 1959 and 1961. Nitrogen uptake and nitrogen distribution in oats at maximum yield level*

Hoewel het mogelijk is gebleken om door een doelmatige combinatie van snel- en langzaamwerkende stikstofmeststoffen een voortdurende en ruime stikstofvoorziening van de haver te bereiken, blijkt uit de gegevens in tabellen 12 en 13, dat noch de maximale korrelopbrengst noch de hoeveelheid stikstof, waarmee deze wordt bereikt, constant is, doch blijkbaar sterk door de proefomstandigheden wordt beïnvloed.

De lage stro-opbrengsten en het geringe aantal pluimen in 1957 waren het gevolg van de late zaaitijd; het hoge 1000-korrelgewicht hangt samen met de lange afrijpingsperiode. De vroege zaaitijden in 1959 en 1961 leidden in beide gevallen tot een groot aantal pluimen. In de droge, warme zomer van 1959 bleef het 1000-korrelgewicht en daarmee de gehele korrelopbrengst aan de lage kant door de snelle afrijping der pluimen. In 1961 waren alle omstandigheden gunstig voor een hoge opbrengst; het vroege voorjaar maakte een hoge stro-opbrengst mogelijk, de koele, vochtige afrijpingsperiode leidde tot een vrij hoog 1000-korrelgewicht. De milieu-omstandigheden blijken dus een nogal belangrijke invloed op de grootte en samenstelling van de oogst te hebben gehad. Hierop zal in hoofdstuk 6 nog nader worden ingegaan.

Veelal wordt in de literatuur (WATSON, 1952; Coïc, 1960; KOPETZ, 1960; PRIMOST,

1958a) het effect van de stikstofbemesting op granen beschreven met betrekking tot het effect op de componenten, die de grootte van de graanoogst bepalen: het aantal halmen per ha, het aantal korrels per aar en het 1000-korrelgewicht. De stikstofbemesting bij het zaaien leidt tot vergroting van het aantal halmen, een aanvullende bemesting bij het begin van het schieten vergroot het aantal korrels per aar, terwijl een overbemesting bij het begin van de bloei vooral het 1000-korrelgewicht doet toenemen (Coïc, 1960); deze waarnemingen worden door onze proefresultaten bevestigd (tabel 3). Deze drie opbrengstbepalende factoren kunnen elkaar min of meer compenseren (Coïc, 1960; VON BOGUSLAWSKI, 1963); ook dit is in onze resultaten terug te vinden (tabel 12): een klein aantal pluimen wordt gecompenseerd door een groot aantal korrels per pluim en een hoog 1000-korrelgewicht (1957), terwijl bij een groot halmgetal (1961) het aantal korrels per pluim en het 1000-korrelgewicht geringer zijn.

Uit de proeven met haver op voedingsoplossingen (hoofdstuk 2) blijkt, dat een voortdurende toevoer van stikstof de planten groen houdt, waardoor niet de levensduur van de vegetatieve organen de beperkende factor voor de korrelproductie was maar de afrijpingssnelheid van de korrels zelf. Ook in de potproeven met haver in 1957, 1959 en 1961 werden de hoogste opbrengsten bereikt indien de planten voortdurend in staat waren om stikstof op te nemen. Vooral de resultaten van de potproef van 1957, welke in het voorgaande uitvoerig zijn beschreven, steunen de opvatting, dat niet alleen de hoeveelheid geassimileerde stikstof bepalend is voor de levensduur der vegetatieve organen, maar vooral ook de omstandigheid, dat de planten voortdurend in staat zijn stikstof te assimileren. Zolang de stikstofaccumulatie en de daaraan inherente eiwitsynthese en verjonging van het weefsel voortduren, zijn de vegetatieve organen in staat de zuigkracht van de bloeiwijzen te weerstaan. Naarmate met de ontwikkeling van de bloeiwijzen de zuigkracht op de vegetatieve delen groter wordt, is steeds meer stikstof nodig om de levensduur van deze organen te verlengen en hen in staat te stellen de koolzuurassimilatie te handhaven. Dit verklaart onder meer, waarom de zeer grote hoeveelheden door de haver opgenomen stikstof in de proeven met oxamide in 1961 relatief zo weinig bijdroegen tot vergroting van de korrelopbrengst. Of de langere levensduur der vegetatieve organen aan de zaadproductie ten goede komt, is tenslotte afhankelijk van de afrijpingsduur der zaden zelf, zoals bleek in 1959, toen de extra stikstof weinig effect op de korrelopbrengst had, doordat de snelle afrijping van de korrels het transport van assimilaten uit bladeren en stengels vroegtijdig onmogelijk maakte. Ook indien men de korrelopbrengsten van de haver op de watercultures in de kas in 1956 (figuren 7 en 8) vergelijkt met de korrelopbrengsten van de potproeven in de open lucht in 1957 (tabellen 3 en 4), dan blijken in de eerste proef 42 g korrels te zijn geproduceerd bij een stikstofopneming van 900 mg N en in de tweede proef 58 g korrels bij een stikstofopneming van 970 mg N. Dit verschil in effect van de opgenomen stikstof wordt veroorzaakt door het feit, dat in de warme droge kas de afrijpingsduur van de zaden veel korter was dan in de open lucht. De omstandigheden in de kas zijn blijkbaar niet optimaal voor een maximale korrelproductie, ondanks de ruime voorziening met water en voedingszouten.

Tenslotte komt uit het bovenstaande nog eens duidelijk naar voren, hoezeer de betekenis van de geassimileerde stikstof voor de plant gedurende haar ontwikkeling verandert: in de jonge plant leidt de opneming van stikstof tot de produktie van meer weefsel, terwijl in de volgroeide plant de stikstofopneming noodzakelijk is voor de instandhouding ervan.

5 DE STIKSTOFHUISHOUDING VAN DE AFZONDERLIJKE ORGANEN VAN HAVER IN VERBAND MET DE ZUIGKRACHT VAN DE BLOEIWIJZEN

Daar de zuigkracht van de bloeiwijzen in de laatste ontwikkelingsfase de interne stikstofbalans en de levensduur der assimilerende organen beheerst, zijn enige proeven genomen o.a. met behulp van gemerkte stikstof, om na te gaan, hoe en wanneer de zuigkracht in de afzonderlijke organen van haver tot uiting komt.

5.1 PROEFOPZET

In de eerste plaats werd in een potproef nagegaan in welke mate en in welke organen een met N-15 gemerkte overbesteding door haver werd opgenomen.

In een proef met haver op voedingsoplossingen werd de N-15-verdeling over de verschillende organen bestudeerd in afhankelijkheid van het tijdstip van toediening.

Tenslotte werd in een potproef met haver het verloop van het N-gehalte in de afzonderlijke organen gedurende de ontwikkeling van de planten nagegaan.

5.2 BESCHRIJVING EN RESULTATEN DER AFZONDERLIJKE PROEVEN

5.2.1 Overbestedingsproef met gemerkte stikstof 1958

Deze proef werd uitgevoerd met twee potten op de wijze, zoals beschreven in 4.1.

Zaaitijd: 27 april

Basisbesteding per pot: 1200 mg N als NH_4NO_3 (vast),
3 g superfosfaat,
3 g patentkali.

Overbesteding: Bij het tevoorschijnkomen der pluimen op 15 juli werd aan beide potten 600 mg NH_4NO_3 in opgeloste vorm toegediend, waarvan de $\text{NH}_4\text{-N}$ met 9 at % overmaat N-15¹ was verrijkt.

¹ In alle natuurlijke stikstofverbindingen komt het element stikstof als een mengsel van 2 isotopen voor nl. 99,62 atoomprocenten N-14 en 0,38 atoomprocenten N-15. De aanwezigheid van een met N-15 gemerkte stikstofverbinding is te herkennen aan het "atoompercentage overmaat" nl. het atoompercentage N-15 verminderd met het natuurlijk atoompercentage N-15. Het begrip "atoompercentage overmaat" is te vergelijken met het begrip "specifieke activiteit" bij radio-isotopen. De bepaling van het atoompercentage N-15 geschiedt met behulp van een massaspectrometer.

Eén der potten werd geoogst op 22 juli, een week na toediening van de overbemesting, waarbij van alle planten de organen afzonderlijk werden verzameld en geanalyseerd. De tweede pot werd op 1 september geoogst, nadat de pluimen, om korreluitval te voorkomen, al op 21 augustus waren geknipt.

Resultaten

De hoeveelheid droge stof en de verdeling daarvan over de verschillende organen van de plant is voor beide oogstdata weergegeven in tabel 14.

TABEL 14 Potproef haver 1958. Droge-stofverdeling voor de haverplant tijdens de bloei (22 juli) en bij de afrijping (1 september)

plantendeel / <i>plant part</i>	droge stof / <i>dry matter</i> g/pot	
	22-7-58	1-9-58
blad 1 / <i>leaf 1</i> bladschijf / <i>lamina</i> ¹	4,02	1,80
bladschede / <i>sheath</i>	6,84	5,08
blad 2 / <i>leaf 2</i> bladschijf / <i>lamina</i>	5,46	2,99
bladschede / <i>sheath</i>	3,96	3,31
blad 3 / <i>leaf 3</i> bladschijf / <i>lamina</i>	3,34	1,82
bladschede / <i>sheath</i>	3,08	2,27
oudere bladeren / <i>elder leaves</i>	5,43	3,28
totaal bladeren / <i>total leaves</i>	32,13	20,55
kleine zijspuiten / <i>small tillers</i>	1,07	—
vegetatieve spruiten / <i>vegetative tillers</i>	1,88	3,61
stengels / <i>stems</i>	24,96	27,41
korrel / <i>grain</i>	13,55	43,35
kaf / <i>chaff</i>	6,10	6,51
gehele plant / <i>total plant</i>	79,69	101,43

¹ blad 1: jongste blad / *leaf 1: flag leaf*

TABEL 14 Pot experiment oats 1958. Dry weight of different parts of oat plant at flowering (22 July) and at ripeness (1 September)

Uit de gegevens blijkt, dat in de periode van 22 juli (begin van de bloei) tot aan de oogst op 1 september het totale gewicht van de planten met ongeveer 20 g per pot was toegenomen. Het totale bladgewicht verminderde gedurende deze periode met ongeveer 11,5 gram. De gewichtsvermindering der bladschijven was aanzienlijk groter dan die der bladscheden. Bovendien was het gewichtsverlies bij de jongste bladeren relatief wat groter dan bij de oudere. Het stengelgewicht nam met enige grammen toe.

De toeneming van het korrelgewicht in de periode van 22 juli tot 1 september bedroeg ongeveer 30 gram. Van deze gewichtsvermeerdering kan maximaal 11,5 gram afkomstig zijn van het gewichtsverlies der bladeren. Daar het echter waarschijnlijk is, dat een deel van het droge-stofverlies van de bladeren aan verademing zal moeten worden toegeschreven, betekent dit, dat de gewichtsvermeerdering van de korrels van 22 juli tot 1 september voor tenminste 60% van de koolzuurassimilatie gedurende deze periode afkomstig moet zijn. Het betekent tevens, dat in deze proef meer dan de helft van de gehele korrelproduktie moet worden toegeschreven aan de koolzuurassimilatie na het begin van de bloei. Hiermee is het belang van de overbesteding voor de levensduur der vegetatieve organen en daarmee voor de korrelproduktie duidelijk geïllustreerd.

De resultaten van de stikstofanalyses zijn samengevat in tabel 15.

TABEL 15 Potproef haver 1958. Stikstofgehalte van de afzonderlijke delen van de haverplant bij de bloei (22 juli) en bij de afrijping (1 september)

plantendeel / <i>plant part</i>	N (22-7-58)		N (1-9-58)	
	%	totaal / <i>total</i> mg/pot	%	totaal / <i>total</i> mg/pot
blad 1 / <i>leaf 1</i>	3,20	128	0,96	17
bladschijf / <i>lamina</i> ¹	1,27	87	0,28	14
bladschede / <i>sheath</i>	2,89	158	1,19	36
blad 2 / <i>leaf 2</i>	1,26	50	0,35	12
bladschijf / <i>lamina</i>	2,02	64	1,57	29
bladschede / <i>sheath</i>	1,29	40	0,40	9
oudere bladeren / <i>elder leaves</i>	1,33	72	1,14	37
totaal bladeren / <i>total leaves</i>	—	599	—	154
zijspruiten / <i>veget. tillers</i>	—	64	—	41
stengels / <i>stems</i>	0,88	220	0,24	66
korrel / <i>grain</i>	1,49	201	2,21	958
kaf / <i>chaff</i>	1,78	109	1,11	72
gehele plant / <i>total plant</i>	1,50	1193	1,27	1291

¹ blad 1: jongste blad / *leaf 1: flag leaf*

TABEL 15 Pot experiment oats 1958. Nitrogen distribution between different parts of oat plant at flowering (22 July) and at ripeness (1 September)

Op 22 juli waren de bladschijven van blad 1 en 2 (blad 1: jongste blad) nog geheel groen, van blad 3 overwegend groen met hier en daar verdorde punten. Van de oudere bladeren waren de bladschijven al grotendeels verdord.

Op 22 juli, een week na de overbesteding, had de plant totaal ongeveer 1200 mg N opgenomen; deze hoeveelheid was toen vrij gelijkmatig over de gehele plant ver-

deeld. In de periode tot de afrijping, waarin nog 100 mg N door de bovengrondse delen bleek te zijn opgenomen, vond een sterke accumulatie van stikstof in de korrels plaats. Deze bevatten bij de afrijping ongeveer 75% van alle in de planten aanwezige stikstof. Opvallend was, dat uit de jongste bladeren, zowel uit de bladschijf als uit de bladschede, de stikstof relatief sterker was afgevoerd dan uit de oudere organen.

Uit de N-15-gehalten kon worden berekend, in welke organen en in welke concentratie de stikstof uit de overbemesting daarin was opgenomen. Bij de berekening is ervan uitgegaan, dat de NH_4 - en de NO_3 -stikstof in dezelfde mate door de planten was opgenomen en verwerkt. Deze veronderstelling lijkt wel aanvaardbaar. Immers van de NH_4 -stikstof zal ten opzichte van de NO_3 -stikstof mogelijk een klein deel preferent door micro-organismen in de organische stof van de grond zijn vastgelegd (JANSSON, 1958), terwijl anderzijds mogelijk een klein deel van de NO_3 -stikstof door denitrificatie voor de planten verloren zal zijn gegaan. Het is te verwachten dat beide effecten elkaar grotendeels zullen hebben gecompenseerd. De gegevens zijn samengevat in tabel 16.

TABEL 16 Potproef haver 1958. Verdeling van de overbestedingsstikstof over de verschillende delen van de haverplant a) 1 week na de overbesteding, b) bij de afrijping, berekend uit de N-15-concentraties

plantendeel / plant part	N (22-7-58)			N (1-9-58)		
	totaal total mg/pot	uit overbesteding from topdressing mg/pot	%	totaal total mg/pot	uit overbesteding from topdressing mg/pot	%
blad 1 / leaf 1						
schijf / lamina	128	26,0	20,3	17	3,1	17,8
schede / sheath	87	24,7	28,4	14	3,2	22,4
blad 2 / leaf 2						
schijf / lamina	158	33,3	21,1	36	6,3	17,7
schede / sheath	50	17,2	34,6	12	2,7	25,8
blad 3 / leaf 3						
schijf / lamina	64	8,4	12,5	29	2,2	7,7
schede / sheath	40	12,1	30,6	9	1,8	19,3
oudere bladeren / elder leaves	72	3,4	4,7	37	2,1	5,6
totaal bladeren / total leaves	599	125,1	20,8	154	21,4	13,9
kleine zijpspruiten / small tillers	34	18,6	54,2	—	—	—
veg. spruiten / veg. tillers	30	6,6	21,6	41	6,8	16,7
stengels / stems	220	99,0	45,3	66	17,1	26,0
korrel / grain	201	43,6	21,6	958	332	34,6
kaf / chaff	109	21,7	20,8	72	15,8	21,8
gehele plant / total plant	1193	315	26,3	1291	393	30,4

TABLE 16 Pot experiment oats 1958. Distribution of topdressing nitrogen between different parts of oat plant a) 1 week after application, b) at ripeness, as calculated from percentages N-15 excess

Na een week bleek ruim de helft en aan het eind van de proef tweederde van de met de overbemesting gegeven stikstof in de bovengrondse delen te zijn opgenomen. Na een week werd het overgrote deel van de overbemesting in de stengels, de pluimen en de twee jongste bladeren aangetroffen (tabel 16, 2de kolom). Het percentage overbestedingsstikstof (3de kolom) was relatief hoog in de stengels en de bladscheden maar laag in de oudere bladeren. Opmerkelijk hoog was het gehalte aan gemerkte stikstof in de kleine zijsprietjes, die na de overbemesting net begonnen te groeien. Daarentegen waren de gehalten aan gemerkte stikstof in de pluimen en in de bladschijven der jongste bladeren niet bijzonder hoog en vrijwel gelijk. Van een bijzondere zuigkracht der bloeiwijzen op de vegetatieve organen was blijkbaar in dit ontwikkelingsstadium nog geen sprake. Alle op het moment van de overbemesting groene plantendelen blijken in staat om in ongeveer gelijke mate gemerkte stikstof te accumuleren. Het hoge gehalte aan gemerkte stikstof in stengels en bladscheden houdt waarschijnlijk verband met het feit, dat het hier transportorganen betreft, die op het moment van de oogst in ruime mate de pas geassimileerde stikstof bevatten.

TABEL 17 Potproef haver 1958. Verdeling van de vroeg en laat gegeven stikstof (mg N/pot) over korrel en stro (berekend uit de N-15-concentraties)

	korrel / <i>grain</i>	stro / <i>straw</i>	korrel + stro <i>grain + straw</i>
N uit vroege gift <i>N from early dressing</i>	626	272	898
N uit overbemesting <i>N from top dressing</i>	332	61	393
totaal / <i>total</i>	958	333	1291

TABLE 17 Pot experiment oats 1958. Distribution of nitrogen (mg N/pot) between grains and straw from early and late dressing respectively (calculated from percentages N-15 excess)

Het blijkt, dat bij de afrijping 74% van de totale in de bovengrondse delen aanwezige hoeveelheid stikstof in de korrels was terecht gekomen (berekend uit de gegevens van tabel 17). In tabel 17 is eveneens de verdeling over korrels en stro weergegeven voor de vroeg en laat gegeven stikstof afzonderlijk. Op grond van de gemeten N-15-concentraties blijkt van de vroege stikstofgift ongeveer 70%, van de overbemesting ongeveer 85% in de korrels te zijn opgehoopt. De beide fracties waren dus in de plant niet volledig vermengd. Van de vroege stikstofgift blijkt naar verhouding meer in het stro te zijn achtergebleven, wat betekent, dat een deel van de vroeg gegeven stikstof niet meer aan de isotopenuitwisseling heeft deelgenomen. Mede op grond van het in hoofdstuk 3 besprokene moet men aannemen, dat er in de plant na de toediening van de gemerkte stikstof een isotopenuitwisseling heeft plaatsgevonden, door de verdeling en de herverdeling van de gemerkte verbindingen via de verschillende stof-

wisselingsprocessen. Dit heeft ten gevolge, dat de concentratie-verschillen van de betreffende isotoop, die vlak na toediening in de diverse stofwisselingsprodukten zeer groot kunnen zijn (zie bv. ALLISON en BURRIS, 1957) na verloop van tijd genivelleerd kunnen worden. Indien deze uitwisseling tussen de verschillende organen en verbindingen volledig is, moet uiteindelijk de concentratie van de toegevoegde isotoop in alle organen en verbindingen gelijk zijn. Is dit niet het geval, dan moet gedurende de proefperiode een deel van de in de plant aanwezige stikstof-verbindingen niet of niet geheel aan de isotopenuitwisseling hebben deelgenomen. Dit deel kan in onze proef voor de gehele plant worden berekend uit de vergelijking:

$$\frac{1291}{393} \cdot 61 = 333 - x$$

waarin 1291 de totale hoeveelheid stikstof in de plant,
 393 de hoeveelheid gemerkte stikstof in de plant,
 333 de totale hoeveelheid stikstof in het stro,
 61 de hoeveelheid gemerkte stikstof in het stro,
 x de hoeveelheid stikstof in de plant (strikt genomen in het stro), die niet aan de isotopenuitwisseling heeft deelgenomen.

Uit de vergelijking volgt voor x de waarde van 131, wat betekent, dat in de periode tussen overbesteding en afrijping 131 mg N, dat wil zeggen ruim 10% van de in de plant (strikt genomen, in het stro) aanwezige stikstof niet meer aan de isotopenuitwisseling heeft deelgenomen.

De zojuist gebruikte vergelijking kan ook worden toegepast voor de berekening van de niet-uitwisselbare stikstof fractie van de afzonderlijke organen van de plant. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 18.

Het blijkt, dat de niet-uitwisselbare stikstof fractie in de oudste bladeren zowel relatief als absoluut het grootst was; dit effect wordt mede veroorzaakt door het feit, dat de oudste bladeren al direct minder gemerkte stikstof hadden opgenomen (tabel 16). De niet-uitwisselbare fractie in de bladscheden was aanzienlijk kleiner, waarschijnlijk door de langere levensduur van deze organen, waardoor een grotere mate van isotopenuitwisseling mogelijk was.

Zowel het reeds eerder genoemde feit, dat uit de oudere bladeren relatief minder stikstof naar de korrels was afgevoerd (tabel 15) dan uit de jongere organen, als de geringere isotopenuitwisseling in de oudere organen wijzen, op een geringere mobiliteit van de stikstof in oudere plantendelen.

Tenslotte dient te worden opgemerkt, dat de hierboven berekende "immobiele stikstof fracties" niet als constante grootheden kunnen worden beschouwd. De grootte van deze fracties zal o.a. afhangen van het ontwikkelingsstadium, waarin de gemerkte stikstof is toegediend. Bij een vroegere toediening van de met N-15 gemerkte overbesteding, zou de isotopenuitwisseling in sterkere mate zijn opgetreden, waardoor uit de gemeten N-15-concentraties een kleinere "immobiele stikstof fractie" zou zijn berekend. Niettemin bieden de hierboven berekende waarden een mogelijkheid om

TABEL 18 Potproef haver 1958. De berekende niet-uitwisselbare stikstof fractie in de verschillende delen van de plant (1 september)

plantendeel / <i>plant part</i>	totaal N / <i>total N</i>	N uit overbemesting <i>N from topdressing</i> mg/pot	niet uitwisselbare N <i>non exchangeable N</i> mg/pot
blad 1 / <i>leaf 1</i> ¹			
schijf / <i>lamina</i>	17	3,1	6,8
schede / <i>sheath</i>	14	3,2	3,5
blad 2 / <i>leaf 2</i>			
schijf / <i>lamina</i>	36	6,3	15,3
schede / <i>sheath</i>	12	2,7	3,1
blad 3 / <i>leaf 3</i>			
schijf / <i>lamina</i>	29	2,2	21,8
schede / <i>sheath</i>	9	1,8	3,1
oudere bladeren / <i>elder leaves</i>	37	2,1	30,1
totaal bladeren / <i>total leaves</i>	154	21,4	83,7
veg. spruiten / <i>veg. tillers</i>	41	6,8	18,6
stengels / <i>stems</i>	66	17,1	9,8
korrel / <i>grain</i>	958	332	—
kaf / <i>chaff</i>	72	15,8	20,0
gehele plant / <i>total plant</i>	1291	393	—

¹ blad 1: jongste blad / *leaf 1: flag leaf*

TABEL 18 Pot experiment oats 1958. The calculated non-exchangeable N-fraction in the different parts of the plant (1 September).

de mate, waarin de verschillende organen van de plant aan de stikstofhuishouding deelnemen, te vergelijken.

Ter verduidelijking is in figuur 15 de stikstofhuishouding in de bladschijven van blad 1, 2 en 3 schematisch weergegeven. De totale hoeveelheid gemerkte stikstof (A), de niet gemerkte uitwisselbare stikstof fractie (B) en de (uiteraard niet gemerkte) niet-uitwisselbare stikstof fractie (C) zijn aangegeven voor 22 juli en 1 september. De gegevens zijn ontleend aan de tabellen 16 en 18. Voor de berekening van de niet uitwisselbare stikstof fractie is gebruik gemaakt van de analysegegevens van 1 september.

5.2.2 De N-15-verdeling in de afzonderlijke organen in afhankelijkheid van het tijdstip van toediening 1958

Deze proef werd uitgevoerd met haver op voedingsoplossingen volgens HOAGLAND (2.1). De planten van 5 verschillende potten werden gedurende een aantal achtereen-

FIG. 15. Schematische voorstelling van de totale hoeveelheid stikstof in de bladschijven van de drie jongste bladeren van haver (blad 1: jongste blad) op 22 juli (I) en 1 september (II)

- A = de gemerkte stikstof fractie
- B = de niet gemerkte uitwisselbare stikstof fractie
- C = de niet-uitwisselbare stikstof fractie

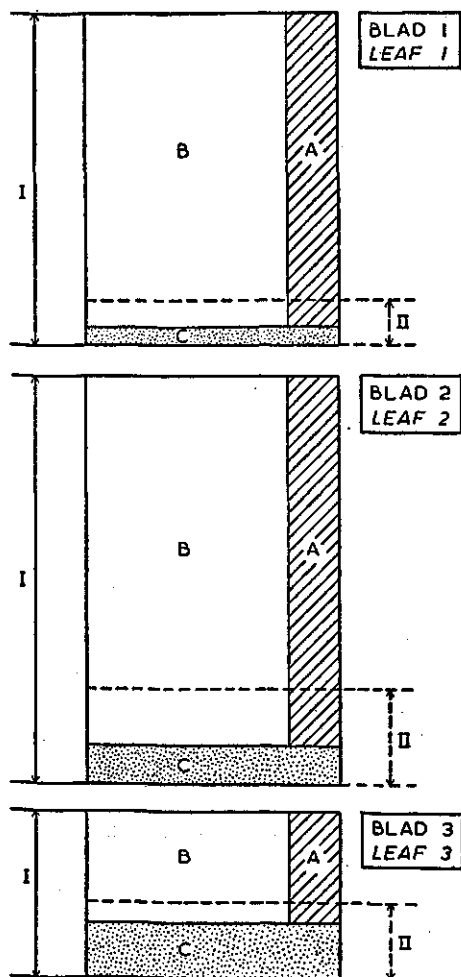


FIG. 15. Schematical representation of the total amount of nitrogen in the laminae of the three youngest leaves of oats on 22 July (I) and on 1 September (II)

- A = the labelled nitrogen fraction
- B = the non-labelled exchangeable nitrogen fraction
- C = the non-exchangeable nitrogen fraction

volgende perioden op een met N-15 verrijkte voedingsoplossing gezet volgens het onderstaande schema:

pot 1: 2 juni-30 juni

pot 4: 14 juli-21 juli

pot 2: 30 juni- 5 juli

pot 5: 21 juli-oogst

pot 3: 5 juli - 9 juli

Gedurende de overige perioden werd niet gemerkte stikstof gegeven.

De proef werd ingezet op 2 juni; het laatste blad kwam tevoorschijn omstreeks 5 juli en de bloei begon op ongeveer 21 juli. Op 29 juli werden van alle proefpotten de bovengrondse delen van 6 planten geoogst en de plantendelen afzonderlijk verzameld. Toen de resterende 6 planten op 28 augustus werden geoogst, waren ze nog grotendeels groen.

In afwijking van proef 5.2.1 werden, om het aantal N-15-analyses te beperken, de bladschijven en bladscheden gecombineerd. Gezien de analyse-resultaten van proef 5.2.1, welke pas later bekend werden, was het wellicht beter geweest de bladscheden en de stengels bij elkaar te nemen.

Resultaten

De volledige oogstanalyse en stikstofgehalten worden gegeven in bijlage IIa en IIb.

De planten op de voedingsoplossingen bleven groen ondanks het feit, dat na 21 juli, vlak na het begin van de bloei, de voedingsoplossingen niet meer waren ververst. Door de late zaaitijd was de geproduceerde hoeveelheid droge stof gering. Bij de oogst op 28 augustus bedroeg het gewicht aan korrels slechts een derde van het totale plantgewicht. Dit houdt waarschijnlijk verband met het feit, dat de planten niet waren afgerijpt.

Op 29 juli bevatten de korrels (vruchtbeginsels) globaal 15%, op 28 augustus ongeveer 50% van de totale hoeveelheid in de bovengrondse delen aanwezige stikstof. De verdeling van de stikstof over de afzonderlijke organen van de plant op 29 juli is weergegeven in bijlage IIa, op 28 augustus in bijlage IIb.

Op 29 juli was de stikstof nog vrij regelmatig over de gehele plant verdeeld. De planten, die in de eerste proefperiode de N-15-isotoop gekregen hadden, vertoonden relatief de sterkste ophoping van gemerkte stikstof in de oudere bladeren. Alle planten, die in de tweede en volgende proefperioden met gemerkte stikstof gevoed waren, vertoonden daarentegen relatief de kleinste ophoping van de N-15-isotoop in de oudere organen.

Op 28 augustus waren, ondanks het grote netto-transport van stikstof naar de korrels, de concentratieverschillen van gemerkte stikstof in de verschillende organen van de plant ten opzichte van 29 juli slechts weinig verminderd.

Uit het feit, dat de vroegst opgenomen stikstof vooral in de oudere, en de laatst opgenomen stikstof relatief het sterkst in de jongere organen was opgehoopt en het verschil in concentratie van gemerkte stikstof tussen 29 juli en 28 augustus grotendeels gehandhaafd bleef, kan worden afgeleid, dat een bepaalde stikstoffractie niet of nauwelijks bij de isotopuitwisseling was betrokken, namelijk die stikstof, die in de beginfase van de ontwikkeling van het betreffende orgaan was opgenomen.

Op overeenkomstige wijze, als voor de gegevens van de potproef (5.2.1) is gedaan, kan men de niet-uitwisselbare stikstoffractie voor de afzonderlijke organen van de planten berekenen. De resultaten voor de oogstdata 29 juli en 28 augustus zijn resp. weergegeven in de bijlagen IIIa en IIIb.

Zoals verwacht kon worden, vertoonden de planten, die de gemerkte stikstof vroeg hadden gekregen (pot 1) een relatief overschot van gemerkte stikstof in de oudere bladeren, terwijl de planten, die in de laatste proefperiode van gemerkte stikstof waren voorzien (pot 5), het omgekeerde beeld te zien gaven.

Voor de berekening van de niet-uitwisselbare stikstoffractie van de gehele plant kunnen het beste de gegevens van pot 1 of pot 5 worden gebruikt. De niet-uitwisselbare stikstoffractie bleek voor de potten 1 en 5 resp. 8-9% en 7% van de totale hoeveelheid stikstof te bedragen en is dus iets kleiner dan voor de potproef gevonden werd.

In het op 28 augustus geoogste materiaal bleek het percentage gemerkte stikstof in de korrels goed overeen te stemmen met het percentage in de gehele plant. Van een selectieve ophoping in de korrels, zoals in de potproef (5.2.1) was geen sprake. Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door het snel afrijpen van de planten op de potproeven, waardoor een geringere mate van isotopenuitwisseling kon plaats vinden.

5.2.3 Verloop van het stikstofgehalte in de afzonderlijke organen gedurende de ontwikkeling van de plant

De proef werd uitgevoerd als beschreven in 4.1.

Zaaitijd: 8 april

Bemesting per pot: 1200 mg N als NH_4NO_3
3 g superfosfaat
3 g patentkali

De planten van telkens één pot werden geoogst op: 22 mei, 29 mei, 4 juni en 18 juni. Van alle planten werden de bladschijven, stengels + bladscheden, pluimen en vegetatieve spruiten afzonderlijk geoogst en geanalyseerd. Bovendien werden op 18 juni (begin bloei) de planten geoogst van een pot, die bij het zaaien 1200 mg N als NH_4NO_3 + 3000 mg N als "Uramite" had ontvangen.

Resultaten

De oogstanalyses zijn weergegeven in tabel 19.

Uit de gegevens in tabel 19 blijkt, dat op 22 mei het merendeel van de stikstof in de bladschijven voorkwam. Op 29 mei was reeds alle stikstof in de bovengrondse delen aanwezig, terwijl bovendien al een belangrijke verschuiving uit de oudere naar de jongere bladeren en naar de zijspruiten was begonnen, welke zich tot 4 juni voortzette. Op 18 juni hadden de pluimen al een belangrijke hoeveelheid stikstof aan de bladeren en vegetatieve spruiten onttrokken, waarin de stikstofgehalten flink waren gedaald, wat gepaard ging met een lichtgroene kleur. De overbemesting met 800 mg N had op dit object dan ook een duidelijk effect (tabel 8).

De planten van het vergelijkingsobject, die bij het zaaien een zeer ruime stikstofbe-

TABEL 19 Potproef haver 1959. Het verloop van het stikstofgehalte in de afzonderlijke plantendelen tot aan de bloei bij twee N-niveaus

plantendeel <i>plant part</i>	22 mei / May ¹			29 mei / May ¹			4 juni / June ²			18 juni / June ²		
	d.s. d.m. g/pot	% N mg/pot	tot. N mg/pot	d.s. d.m. g/pot	% N mg/pot	tot. N mg/pot	d.s. d.m. g/pot	% N mg/pot	tot. N mg/pot	d.s. d.m. g/pot	% N mg/pot	tot. N mg/pot
blad 1 / leaf 1 ³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,75	2,70	20
blad 2 / leaf 2	—	—	—	—	—	—	0,81	3,50	28	3,52	2,14	75
blad 3 / leaf 3	0,44	5,10	22	2,00	3,91	78	3,05	3,43	105	4,27	1,78	76
blad 4 / leaf 4	2,13	5,32	113	3,09	3,99	123	3,23	3,19	103	3,31	1,67	55
blad 5 / leaf 5	4,10	5,53	227	1,92	3,59	69	2,24	3,19	72	1,58	1,80	28
blad 6 / leaf 6	2,31	5,57	129	1,03	3,74	38	1,10	2,70	30	0,36	1,79	6
blad 7 / leaf 7	0,93	4,95	46	0,48	3,44	17	0,41	2,55	10	0,22	1,75	4
stengels / stems	6,06	3,46	210	7,48	2,09	156	12,05	1,31	168	40,84	0,48	196
pluimen / inflo.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
zjisspruiten / sec. tillers	0,67	4,77	32	12,10	3,17	384	15,92	2,28	363	13,95	1,58	220
gehele plant / total plant	16,81	—	776	28,71	—	865	39,61	—	879	88,72	—	879
												104,15
												—
												1527

¹ 1200 AN ² 1200 AN + 3000 Ur ³ blad 1: jongste blad / leaf 1: flag leaf

TABEL 19 Pot experiment oats 1959. Nitrogen content in different parts of oat plant at two nitrogen levels as related to development

mesting hadden ontvangen, waren bij het begin van de bloei donkergroen. De bladeren hadden een hoog N-gehalte en bevatten nog zeer grote hoeveelheden stikstof. De planten van dit object bleken na 18 juni nog ruim 300 mg N te hebben opgenomen (tabel 9), terwijl een overbemesting nauwelijks tot een verhoging van de korrelopbrengst leidde. Bij deze planten was van een stikstofuitputting van de bladeren door de bloeiwijzen op 18 juni nog geen sprake (tabel 19).

5.3 SAMENVATTENDE BESPREKING

In de potproef 5.2.1, waarbij gebruik werd gemaakt van een met N-15 gemerkte overbemesting, werd in de eerste plaats gevonden, dat tenminste 60% van de toeneming van het korrelgewicht tussen het begin van de bloei en de afrijping moet worden toegeschreven aan de fotosynthese gedurende deze periode. De levensduur van de assimilerende organen moet dus van groot belang zijn voor de uiteindelijke korrelopbrengst. Een week na toediening werd de gemerkte stikstof in ongeveer gelijke mate aangetroffen in de pluimen en bladschijven der jongste bladeren en in zeer hoge concentratie in uitlopende spruitjes (delend weefsel) en in de bladscheden en stengels (transportorganen). Van een verschil in accumulerend vermogen tussen bloeiwijzen en bladeren was in dit ontwikkelingsstadium nog geen sprake. Bij de afrijping echter bleek de gemerkte stikstof relatief het sterkst in de korrels te zijn opgehoopt.

Uit de resultaten van proeven met haver op voedingsoplossingen (5.2.2), waarbij telkens verschillende planten gedurende een aantal achtereenvolgende ontwikkelingsstadia op een met N-15 gemerkte nitraatoplossing waren geplaatst, bleek, dat in deze groengebleven planten geen sprake was van een selectieve ophoping van gemerkte stikstof in de korrels, zodat in de beweeglijke stikstoffractie een ruime mate van isotopenuitwisseling moet hebben plaats gevonden. Wel is gebleken, dat de stikstof, die in de jeugdfase van de ontwikkeling der organen werd opgenomen, moeilijk uitwisselbaar is. De relatief grotere ophoping van de gemerkte stikstof in de korrels in de potproef (5.2.1) moet dus niet worden opgevat als een direct gevolg van een grotere zuigkracht van de korrels ten opzichte van de andere organen bij de opnemings, maar is het gevolg van de onvolledige isotopenuitwisseling in de oudere delen van de plant. Bij de afrijping immers worden de mobiele stikstofverbindingen naar de zaden getransporteerd; in deze mobiele fractie kwam de N-15 als gevolg van de onvolledige isotopenuitwisseling het meest voor.

In de potproef (5.2.3) werd gevonden dat na een stikstofbemesting van 1200 mg N bij het zaaien, de stikstofuitputting der vegetatieve organen al voor de bloei was begonnen, terwijl na een zeer hoge stikstofbemesting (1200 mg N als NH_4NO_3 + 3000 mg N als "Uramite") het stikstofgehalte in de bladeren bij het begin van de bloei nog zeer hoog was. Hieruit kan men concluderen, dat het N-gehalte van de bladeren bij het begin van de bloei een aanwijzing geeft omtrent de voedingstoestand en de stikstofbehoefte van de graanplanten bij het begin van de bloei. Dit verband is door

DULAC (1955) inderdaad gelegd. Hierop zal in de algemene bespreking (hoofdstuk 10) nader worden ingegaan.

Zolang de planten ruim van stikstof zijn voorzien, is de zuigkracht der bloeiwijzen op de vegetatieve organen niet merkbaar. De zuigkracht van de bloeiwijzen treedt pas aan de dag, indien de eiwitsynthese en daarmee het accumulerend vermogen der vegetatieve organen wordt belemmerd door stikstofgebrek of andere milieu-omstandigheden (zie 3.3). De in dit hoofdstuk behandelde proefresultaten ondersteunen geheel de opvattingen, dat eiwitsynthese en het vermogen tot accumulatie en retentie van assimilaten nauw met elkaar verbonden zijn (zie ook 4.2.1).

6 DE INVLOED VAN ENIGE MILIEU-FACTOREN OP HET EFFECT VAN DE STIKSTOF- BEMESTING BIJ HAVER

In 4.3 in tabel 12 is al een voorbeeld gegeven van de wijze, waarop de grootte en samenstelling van de oogst door uitwendige omstandigheden kan worden beïnvloed. In dit hoofdstuk zal het effect van enige milieu-factoren nader worden besproken. De reeks potproeven van 1957 tot 1962 leent zich uitstekend hiervoor, omdat deze proeven steeds met hetzelfde haverras en dezelfde grond zijn gedaan, terwijl ook de watervoorziening steeds op dezelfde wijze geschiedde. Een gunstige omstandigheid is verder, dat de grond, die voor deze proeven gebruikt is, heel weinig stikstof leverde, zodat nauwelijks rekening behoeft te worden gehouden met een interactie tussen het seizoen en het stikstofeffect van de grond.

In de serie proefjaren kwamen naast enige "normale" enige extreme seizoenen voor, te weten 1959, toen het voortdurend zeer zonnig, droog en warm was, en 1962 met een zeer koud voorjaar en een koele zomer. Minder gunstig was het, dat de haver (var. Marne) in latere jaren roodachtige verkleuringen vertoonde, vooral bij de lage stikstofgiften. Door VAN DOBBEN (1962) is dit verschijnsel ook waargenomen en toegeschreven aan Yellow Dwarf virus. Door deze aantasting zal in enige gevallen de assimilatie-duur en dientengevolge de korrelproductie ongunstig zijn beïnvloed.

De vergelijkingen zijn voor een deel ontleend aan reeds eerder beschreven proeven. Het effect van de volgende milieufactoren werd nagegaan:

1. de weersomstandigheden tijdens de groei,
2. de vochtvoorziening,
3. vergelijking van de groei in de open lucht en in de kas.

6.1 DE INVLOED VAN DE WEERSOMSTANDIGHEDEN TIJDENS DE GROEI

Ter illustratie van het effect van het klimaat gedurende de groei zullen eerst twee proeven, ontleend aan de jaren 1957 en 1959 worden vergeleken.

Oogstjaar: 1957

N-gift per pot: 1200 mg N als NH_4NO_3

Zaaidatum: 21 april

Begin bloei: 24 juni

Oogst: 15 augustus

Oogstjaar: 1959

N-gift per pot: 1200 mg N als NH_4NO_3

Zaaidatum: 8 april

Begin bloei: 18 juni

Oogst: 20 juli

De resultaten van deze vergelijking zijn weergegeven in tabel 20. De resultaten zijn in belangrijke mate beïnvloed door de late zaaidatum in 1957 enerzijds en het warme,

TABEL 20 Effect van de weersomstandigheden op opbrengst, korrel/stro-verhouding en stikstofverdeling in haver bij een N-bemesting van 1200 mg N/pot

jaar / year	korrel / grain	stro / straw	korrel + stro grain + straw
	droge stof / dry matter (g/pot)		
1957	58	57	115
1959	53	76	129
	N-opneming / N-uptake (mg/pot)		
1957	780	190	970
1959	645	221	866

TABLE 20 Dry matter production, yield composition and nitrogen distribution (oats) at a nitrogen level of 1200 mg N/pot, as affected by climatological conditions (1957: "normal", 1959: sunny and dry summer)

droge en zonnige weer in 1959 anderzijds. De late zaaidatum had tot gevolg, dat de stro-opbrengst in 1957 veel lager was dan in 1959 (VERVELDE, 1961). Dat desondanks de korrelopbrengst in 1957 hoger was dan in 1959 moet worden toegeschreven aan het feit, dat in het laatstgenoemde jaar de afrijpingsperiode meer dan drie weken korter was dan in 1957. Verder is in 1959 in verhouding veel minder stikstof naar de korrels afgevoerd dan in 1957, wat ongetwijfeld verband houdt met de snelle afrijping in 1959.

Een tweede vergelijking, eveneens ontleend aan de jaren 1957 en 1959, volgt hieronder.

Oogstjaar: 1957

N-gift per pot: 1600 mg N als NH_4NO_3
2000 mg N als "Uramite"

Zaaidatum: 21 april

Begin bloei: 24 juni

Oogst: 15 augustus

Oogstjaar: 1959

N-gift per pot: 1200 mg N als NH_4NO_3
3000 mg N als "Uramite"

Zaaidatum: 2 april

Begin bloei: 18 juni

Oogst: 30 juli

Hoewel niet precies dezelfde bemesting gegeven werd, zijn toch deze objecten gekozen, omdat het verloop van de stikstofopneming in beide objecten vrijwel gelijk was (tabel 4 en 28, figuur 14). In beide gevallen was door de planten bij het begin van de bloei ongeveer 1500 mg N en bij de oogst ongeveer 1850 mg N opgenomen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 21.

Anders dan bij de stikstofgift van 1200 mg N was in 1959 bij de zeer stikstofrijke planten niet alleen de hoeveelheid stro zeer veel groter doch ook de korrelopbrengst hoger dan in 1957. Dit hangt waarschijnlijk samen met het feit, dat bij het hoge stikstofniveau het verschil in afrijpingsduur veel geringer was. De afrijping van de stikstofrijke planten was vertraagd en het transport van assimilaten naar de korrels

TABEL 21 Effect van de weersomstandigheden op opbrengst, korrel/stro-verhouding- en stikstofverdeling in haver na een hoge stikstofgift.

jaar / year	korrel / grain	stro / straw	korrel + stro grain + straw
	droge stof / dry matter (g/pot)		
1957	70	62	132
1959	78	83	161
	N-opneming / N-uptake (mg/pot)		
1957	1490	380	1870
1959	1516	331	1847

TABLE 21 Dry matter production, yield composition and nitrogen distribution (oats) at a high nitrogen level as affected by climatological conditions (1957: "normal", 1959: sunny and dry summer)

kon zichtbaar langer doorgaan. Dit blijkt ook uit het feit, dat bij de hoge stikstofgift een grotere korrel/stro-verhouding gevonden werd dan bij de planten, die bij het zaaien met 1200 mg N bemest waren. Eveneens wat de verdeling van de stikstof over korrels en stro betreft, was het korrelaandeel in 1959 iets groter dan in 1957.

De beide factoren, die bij de vergelijking van de oogstjaren 1957 en 1959, een grote invloed hebben gehad op het oogstresultaat, nl. de latere zaaitijd in 1957 en het droge, warme weer in 1959, blijken dit oogstresultaat te hebben beïnvloed afhankelijk van de stikstofvoorziening van de planten. Bij een matige stikstofvoorziening blijkt de zeer snelle afrijping in 1959 de korrelopbrengst sterker te hebben verlaagd dan de late zaaidatum in 1957. Bij een hoog stikstofniveau daarentegen blijkt na de late zaaidatum in 1957 de korrelopbrengst lager te zijn geweest dan na het warme weer in 1959. Dat de afrijping der stikstofrijke planten veel minder door het warme weer werd beïnvloed houdt ongetwijfeld verband met het feit, dat deze planten na het begin van de bloei nog ruim 300 mg N konden opnemen, waardoor ze langer groen konden blijven en weerstand bieden aan de zuigkracht van de bloeiwijzen. Bovendien werd een te snelle afrijping tengevolge van het zonnige, warme weer door het voortduren van de stikstofopneming voorkomen.

Op grond van deze waarnemingen zou men kunnen concluderen, dat bij zonnig warm weer, indien althans de watervoorziening niet als beperkende factor optreedt, de stikstofbehoefte van het gewas groter wordt. Men zou het effect van de stikstof als volgt schematisch kunnen beschrijven: een bepaalde hoeveelheid stikstof leidt tot de vorming van een zekere hoeveelheid plasma; bij zonnig weer is de levensduur van dit plasma (o.a. eiwit + chlorophyll) korter dan bij somber en koel weer. Bij zonnig weer is daardoor extra stikstof nodig om de levensduur van het plasma te verlengen. In hoeverre deze opvatting van praktische betekenis is, zal bij de algemene bespreking (hoofdstuk 10) nader worden behandeld.

Een volgende vergelijking is ontleend aan de jaren 1961 en 1962.

Oogstjaar: 1961

N-gift per pot: 1600, 2400 en 4800 mg N
als oxamide bij het zaaien,

Zaaidatum: 27 maart

Begin bloei: 24 juni

Oogst: 3-15 augustus

Oogstjaar: 1962

N-gift per pot: 1600, 2400 en 4800 mg N
als oxamide bij het zaaien,

Zaaidatum: 6 april

Begin bloei: 6 juli

Oogst: 15-28 augustus

De resultaten van de vergelijking zijn samengevat in tabel 22.

TABEL 22 Potproeven haver 1961 en 1962. Het effect van de weersomstandigheden op de reactie van haver op stijgende oxamide giften

jaar / year	N-gift N-fertilisation	korrel / grain	stro / straw	korrel + stro grain + straw
droge stof / dry matter (g/pot)				
1961	1600	63	82	145
	2400	74	82	156
	4800	88	83	171
1962	1600	64	58	122
	2400	70	57	127
	4800	61	58	119
N-opneming / N-uptake (mg/pot)				
1961	1600	937	254	1191
	2400	1302	356	1658
	4800	2226	836	3062
1962	1600	979	283	1262
	2400	1403	497	1900
	4800	2007	1012	3019

TABLE 22 Dry matter production, yield composition and nitrogen distribution (oats) at increasing rates of nitrogen application (oxamide) as affected by climatological conditions, (1961: early, 1962: late spring)

Uit de gegevens blijkt, dat hoewel de stikstofopneming door het gewas in beide jaren van dezelfde orde van grootte was, de droge-stofopbrengsten belangrijk verschilden. Vooral de stro-opbrengsten waren in 1962 bijzonder laag als gevolg van de zeer trage ontwikkeling van de planten in het koude voorjaar. Bij een stikstofbemesting van 4800 mg N in de vorm van grofkorrelige oxamide was de korrelopbrengst in 1961 zeer hoog. In 1962 echter is er sprake van een duidelijke oogstdepressie. Het is denkbaar, dat de stikstofopneming door de planten als gevolg van de trage voorjaarsontwikkeling geen gelijke tred heeft kunnen houden met het vrijkomen van stikstof uit de oxamide, zodat de planten voortdurend in een hoge zoutconcentratie hebben moeten groeien. De oogstdepressie zou dan het gevolg geweest kunnen zijn

van een minder goede watervoorziening. Een relatief sterke depressie van de korrel-opbrengst bij verhoging van de zoutconcentratie werd ook door ATANASIU (1956) gevonden. In deze vergelijking bleek niet alleen het opbrengstniveau maar ook de aard van het proefresultaat door het oogstjaar te zijn beïnvloed.

6.2 DE WATERVOORZIENING

In de tot dusver beschreven proeven werd het vochtgehalte van de grond zoveel mogelijk op 60–65% van de watercapaciteit gehouden. In het volgende worden enige proeven beschreven bij verschillend vochtgehalte van de grond.

6.2.1 Potproef haver 1959

Deze proef werd genomen in glazen cilinders, die 1500 g grond bevatten. Ter bevordering van de aeratie bevond zich op de bodem van de cilinders een laagje grof grint, waarin twee verticale glazen buizen uitmondten, die met de buitenlucht in verbinding stonden. Voor deze proef werd dezelfde zandgrond gebruikt als voor reeds eerder beschreven proeven. Het aantal planten bedroeg 6 per cilinder.

Bemesting per pot: 600 mg N als NH_4NO_3
1 g superfosfaat
1 g patentkali

Vochttrappen: 40%, 60%, 80% en 100%

Bij de vochttrap 100% werden de planten gekweekt op voedingsoplossingen volgens Hoagland, welke gedurende de groeiperiode van de haver zes maal werden verversd. Op deze wijze werd eveneens 600 mg N gegeven.

Zaaidatum: 6 mei

Oogstdatum: 20 augustus

De opbrengstgegevens en de resultaten van de stikstofbepalingen zijn weergegeven in tabel 23.

De droge-stofproductie was het grootst bij de ruimste watervoorziening. Bij een verhoging van het vochtgehalte van de grond van 40 tot 60% van de watercapaciteit was de toeneming in droge stof geringer, dan wanneer het vochtgehalte van 60 op 80% van de watercapaciteit werd gebracht; de hoogste droge-stofopbrengsten werden op de watercultures verkregen. De stikstofopneming werd slechts in geringe mate door verruiming van de vochtvoorziening verhoogd. Alleen uit de watercultures werd aanzienlijk meer stikstof door de bovengrondse delen van de haver opgenomen dan uit de potten met grond. De gewichtsverhouding tussen korrels en stro blijkt in deze proef voor alle vochttrappen nagenoeg dezelfde te zijn geweest.

Naarmate de planten onder drogere omstandigheden waren gegroeid, was het stik-

TABEL 23 Potproef en watercultuur haver 1959. Het effect van de vochtvoorziening op de drogestofproduktie en stikstofhuishouding van haver

vochtgehalte van de grond in % van de watercapaciteit <i>moisture content of the soil in % of waterholding capacity</i>	droge stof / <i>dry matter</i> (g/pot)		N-opneming / <i>N-uptake</i> (tot. N in mg/pot)		korrel + stro <i>grain + straw</i>	
	korrel / <i>grain</i>	stro / <i>straw</i>	%N	tot. N		tot. N
40%	13,0	13,7	2,55	333	91	26,7
60%	14,7	15,0	2,41	346	88	29,7
80%	19,0	19,9	1,88	363	79	38,9
100% ¹	22,8	23,3	2,11	488	66	56,1

¹ watercultuur / *water culture*

TABLE 23 *Pot experiment and water culture oats 1959. Dry matter production and nitrogen distribution (oats) as affected by water supply*

stofgehalte hoger. Dit houdt verband met het feit, dat de opgenomen hoeveelheid stikstof over een kleinere hoeveelheid droge stof was verdeeld. Een uitzondering vormde het relatief hoge stikstofgehalte in de korrels van de op de voedingsoplossingen gekweekte planten. Dit hield blijkens de resultaten verband met de zeer hoge verdelingsverhouding van de stikstof tussen korrels en stro. Naarmate de planten bij drogere omstandigheden waren gegroeid, was de korrel/stro-verhouding voor de stikstofverdeling kleiner. Blijkbaar wordt door een geringere vochtvoorziening het transport van de stikstof uit de vegetatieve delen naar de korrels belemmerd. Het is mogelijk, dat de korrels van de in drogere omstandigheden gegroeide planten relatief eerder afrijpen, waardoor het transport van stikstofhoudende verbindingen naar de korrels eerder tot stilstand komt. Een andere mogelijkheid is, dat in drogere omstandigheden opgegroeide planten de stikstof uit de vegetatieve delen minder gemakkelijk afstaan. Daar deze factoren in een intacte plant niet te onderscheiden zijn, is in 1960 een poging gedaan te voorkomen, dat de afrijping van de korrels de beperkende factor werd voor de afvoer van stikstof uit de bladeren. Hiertoe werd gebruik gemaakt van het feit, dat, wanneer men een stengel van de bloeiwijze ontdoet, een zijknop zich ontwikkelt tot een nieuwe bloeistengel, die de assimilaten aan de gedecapiteerde stengel onttrekt.

De proef werd genomen bij vochtgehaltes van 40, 60 en 80% van de watercapaciteit van de grond. Bij het begin van de bloei werden van een aantal planten de bloei-stengels gedecapiteerd. Tegelijkertijd werden van een aantal controlepotten de 2

jongste bladeren van de bloeistengels verzameld voor een droge-stof- en stikstof-analyse. Nadat de zijknoppen van de gedecapiteerde stengels tot volledige bloeistengels waren uitgegroeid, werden de 2 jongste blaadjes van de gedecapiteerde stengels geoogst, om na te gaan hoeveel stikstof aan de bladeren was onttrokken. Ter vergelijking werden ook de 2 jongste bladeren van ongestoord afgerijpte haverplanten verzameld. De resultaten zijn vermeld in tabel 24. Het object 40% vocht wordt niet vermeld, daar de spreiding in de contrôle-objecten te groot was.

TABEL 24 Potproef haver 1960. Het effect van de vochtvoorziening op de stikstofonttrekking uit de bladeren van al of niet gedecapiteerde bloeistengels

vochtgehalte van de grond in % van de watercapaciteit <i>moisture content of the soil in % of waterholding capacity</i>		blad / leaf	d.s. d.m. g/pot	%N	tot. N mg/pot
begin bloei / <i>at flowering</i>	60%	1	0,55	3,30	18,2
		2	1,06	2,33	24,6
	80%	1	0,58	3,25	19,0
		2	1,04	2,34	24,3
bij afrijping intacte bloeistengels <i>at ripeness, intact flowering stalks</i>	60%	1	0,58	1,17	6,8
		2	0,93	1,35	12,6
	80%	1	0,68	1,10	7,5
		2	1,14	1,14	13,0
bij afrijping gedecapiteerde stengels <i>at ripeness, decapitated stalks</i>	60%	1	0,93	1,51	14,0
		2	1,08	1,68	18,1
	80%	1	0,88	1,33	11,7
		2	1,25	1,33	16,6

TABLE 24 Pot experiment oats 1960. Effect of water supply on nitrogen transfer from leaves of intact and decapitated flowering stalks

Uit de resultaten blijkt, dat de stikstofonttrekking uit de bladeren der gedecapiteerde stengels weliswaar geringer geweest is dan uit overeenkomstige bladeren van ongestoord afrijpende bloeistengels, ze is echter duidelijk door de vochtvoorziening van de planten beïnvloed. Bij de ruimste watervoorziening werd de grootste stikstofonttrekking gevonden. Hoewel in deze proef een verschil in vochtvoorziening van 60 en 80% van de watercapaciteit van de grond bij een ongestoorde afrijping niet tot een verschil in stikstofonttrekking geleid heeft, blijkt uit deze proef, dat onder bepaalde omstandigheden de stikstofonttrekking uit de bladeren wel door de vochtvoorziening kan worden beïnvloed.

6.2.2 Potproef haver 1962

Deze proef werd genomen in Mitscherlichpotten met de reeds eerder gebruikte zandgrond.

Bemesting per pot: 1200 mg N als NH_4NO_3

3 g superfosfaat

3 g patentkali

Zaaidatum: 3 april

Begin bloei: 29 juni

Oogstdatum: 15 augustus

Vochttrappen: 40%, 60% en 80% van de watercapaciteit.

De resultaten van de proef zijn weergegeven in tabel 25 en 26.

TABEL 25 Potproef 1962. Het effect van de vochtvoorziening op de droge-stofproductie en stikstofhuishouding van haver

vochtgehalte van de grond in % van de watercapaciteit <i>moisture content of the soil in % of waterholding capacity</i>	korrel / grain	stro / straw	korrel + stro grain + straw
	droge stof / dry matter (g/pot)		
40%	43	34	77
60%	63	62	125
80%	67	74	141
	N-opneming / N-uptake (mg/pot)		
40%	787	205	992
60%	910	167	1077
80%	890	176	1068

TABLE 25 Pot experiment oats 1962. Effect of water supply on dry matter production and nitrogen distribution in oats

Als gevolg van het koude en vochtige weer in 1962 was enerzijds de voorjaarsontwikkeling zeer traag maar verliep anderzijds ook de afrijping langzaam, waardoor toch hoge korrelopbrengsten werden verkregen.

Uit tabel 25 blijkt, dat het lage vochtgehalte van 40% van de watercapaciteit van de grond tot een sterke oogstdepressie geleid heeft, hoewel de stikstofopneming door de planten in geringe mate was beïnvloed. De hoge korrel/stro-verhoudingen zijn kenmerkend voor de trage voorjaarsontwikkeling. Anders dan in het warme, droge jaar 1959 lagen de opbrengsten bij 60% vocht in 1962 het dichtst bij die der hoogste vochttrap. Het resultaat wordt blijkbaar niet alleen bepaald door de watervoorziening via de wortels, maar ook door de transpiratie.

Ook in deze proef was het korrelaandeel in de door de planten opgenomen hoeveelheid stikstof het kleinst bij de laagste vochttrap, terwijl het voor de beide andere vochttrappen weinig uiteenliep.

Bovendien werd in deze proef de invloed van de watervoorziening op het effect van een overbemesting nagegaan. De resultaten zijn weergegeven in tabel 26.

TABEL 26 Potproef haver 1962. De invloed van de vochtvoorziening op het effect van een overbemesting (basisbemesting 1200 mg N, overbemesting 800 mg N)

vochtgehalte van de grond in % van de watercapaciteit <i>moisture content of the soil in % of waterholding capacity</i>	geen overbemesting <i>no topdressing</i>		overbemesting <i>topdressing</i>	
	korrel / <i>grain</i>	stro / <i>straw</i>	korrel / <i>grain</i>	stro / <i>straw</i>
	g/pot	g/pot	g/pot	g/pot
40%	43	34	47	36
60%	63	62	71	64
80%	67	74	80	78

TABLE 26 Pot experiment oats 1962. The effect of nitrogen topdressing (1200 mg N at sowing, 800 mg N as a topdressing) on dry matter production of oats as affected by water supply

Uit de resultaten blijkt, dat bij haver het effect van een overbemesting op de korrel-opbrengst relatief sterk door de vochtvoorziening wordt beïnvloed.

6.3 DE GROEI VAN HAVER IN DE OPEN LUCHT EN IN DE KAS

Bij het behandelen van de jaarinvloeden op de grootte en samenstelling van de opbrengsten is reeds de invloed van het klimaat ter sprake gekomen. Onafhankelijk van de min of meer toevallige weersomstandigheden kan men duidelijke klimaatverschillen scheppen door de planten in de open lucht of in een kas te laten groeien. In 1961 werd een deel van een serie potten, welke zoals gewoonlijk in de open lucht waren geplaatst, bij het begin van het uitstoelen in de kas gezet. Het klimaatverschil tussen de open lucht en de kas was vooral merkbaar bij zonneshijn. Bij zonnig weer was de temperatuur in de kas ondanks waterkoeling van het dak 5–10°C hoger dan in de buitenlucht, terwijl bovendien de relatieve luchtvochtigheid in de kas tegelijkertijd daalde.

Proefopzet

Bemesting per pot: 1600 mg N als NH_4NO_3
3 g superfosfaat
3 g patentkali

<i>Open lucht</i>	<i>Kas</i>
<i>Zaaitijd: 27 maart</i>	<i>idem.</i>
<i>Overgeplaatst: —</i>	24 april
<i>Begin bloei: 24 juni</i>	9 juni
<i>Oogstdatum: 3 augustus</i>	20 juli

De resultaten zijn weergegeven in tabel 27.

TABEL 27 Potproef haver 1961. Vergelijking van droge-stofproductie en stikstofopneming door planten in de open lucht en in de kas

<i>milieu / environment</i>	<i>korrel / grain</i>	<i>stro / straw</i>	<i>korrel + stro grain + straw</i>
	<i>droge stof / dry matter (g/pot)</i>		
<i>open lucht / open air</i>	68	83	151
<i>kas / greenhouse</i>	56	54	110
	<i>N-opneming / N-uptake (mg/pot)</i>		
<i>open lucht / open air</i>	1155	243	1398
<i>kas / greenhouse</i>	1085	367	1452

TABEL 27 *Pot experiment oats 1961. Dry matter production and nitrogen uptake by oats as affected by growth in the open and in the greenhouse*

Uit de gegevens blijkt, dat het overplaatsen van de haver naar de kas de ontwikkeling van het gewas wel is waar aanzienlijk heeft versneld, maar dat de uiteindelijke opbrengst sterk bij die der planten in de open lucht is achtergebleven, hoewel door de planten in de kas zelfs iets meer stikstof was opgenomen. De korrel/stro-verhouding was het grootst in de kas; daarentegen was het korrelaandeel in de stikstofverdeling het grootst voor de planten, die in de open lucht waren gegroeid. In dit opzicht reageerden de planten, die in de kas gegroeid waren eender als de planten met een beperkte watervoorziening (6.2).

6.4 SAMENVATTENDE BESPREKING

Een late zaaitijd (6.1), een trage voorjaarsontwikkeling (6.1) of het plaatsen van de planten in een kas bij hogere temperaturen (6.3) leiden tot een verlaging van de opbrengst. In het algemeen wordt de stro-opbrengst sterker verlaagd dan de korrelproductie, zodat de korrel/stro-verhouding groter wordt.

Een latere zaaitijd hoeft niet altijd een lagere korrelopbrengst te veroorzaken, zoals de vergelijking van de oogstjaren 1957 en 1959 (6.1) leert. Zo werd na een late zaaitijd in 1957 bij een stikstofniveau van 1200 mg N een lagere stro- maar een hogere korrel-

opbrengst verkregen dan in de zonnige warme zomer van 1959. Daarentegen waren bij een hoog stikstofniveau zowel korrel- als stro-opbrengst in 1959 hoger dan in 1957. De grootte van de korrelopbrengst wordt vooral beheerst door de afrijpingsduur. De weerstand van de planten tegen een te snelle afrijping als gevolg van het zonnige warme weer is bij een matig stikstofniveau blijkbaar aanzienlijk geringer dan bij een zeer ruime stikstofvoorziening.

De droge-stofproductie van de planten wordt door een beperking van de watervoorziening uiteraard sterk beïnvloed, de stikstofopneming slechts in geringe mate. Dit leidt ertoe, dat bij droge omstandigheden het stikstofgehalte van de planten hoger wordt. In vrijwel alle gevallen was het korrelaandeel in de uiteindelijke stikstofverdeling het grootst bij een ruime watervoorziening. Ook bij de planten, die in de open lucht waren gegroeid, bevatten de korrels relatief meer stikstof dan de korrels van de "kas"-planten. Het is mogelijk, dat enerzijds door de snellere afrijping van de korrels onder drogere omstandigheden de vegetatieve delen minder worden uitgeput en dat anderzijds de mobiliseerbaarheid van de stikstof onder drogere omstandigheden geringer wordt. Eén der proeven heeft een duidelijke aanwijzing hiervoor gegeven. De drogere omstandigheden kunnen veroorzaakt worden, zowel door een vermindering van de waterdosering via de wortels als ook door een sterkere transpiratie bij langdurige zonneschijn en hoge temperaturen (6.1 en 6.3).

Uit de gegeven vergelijkingen is gebleken, dat door een verschil in milieu-omstandigheden de grootte en samenstelling van de oogst belangrijk kan verschuiven. Dit kan zelfs tot een kwalitatief ander proefresultaat leiden.

7 DROGE-STOFPRODUCTIE EN STIKSTOFOPNEMING DOOR ZOMERGRANEN IN POTPROEVEN

Om na te gaan in hoeverre de resultaten, welke met haver waren gevonden, overeenstemmen met die voor andere zomergranen, werden in 1959 enige oriënterende potproeven genomen, waarin het effect van een overbemesting bij twee stikstofniveaus werd vergeleken voor haver, zomergerst, zomerrogge en zomertarwe.

De proeven werden genomen in Mitscherlichpotten volgens de in 4.1 beschreven methoden.

A. *Zaaidatum*: 8 april

Basisbemesting per pot: 1200 mg N als NH_4NO_3 bij het zaaien,

B. *Zaaidatum*: 2 april

Basisbemesting per pot: 1200 mg N als NH_4NO_3 + 3000 mg N als "Uramite"

Overbemesting: 800 mg N als NH_4NO_3 -oplossing vóór of bij het begin van de bloei. De overbemesting werd aan de verschillende granen op de volgende data toegediend: haver (var. Marne): 18 juni, bij het begin van de bloei, zomerrogge (var. Petkuser): 3 juni, 5 dagen voor de bloei, zomergerst (var. Herta): 8 juni, bij het begin van de bloei, zomertarwe (var. Peko): 18 juni, bij het begin van de bloei.

Door het warme, zonnige weer rijpten de granen bij een stikstofniveau van 1200 mg N zeer vroeg af. De haver en zomergerst werden reeds op 20 juli geoogst, de zomerrogge op 24 juli en de zomertarwe eind juli–begin augustus.

Bij de zeer ruime stikstofbemesting (1200 AN + 3000 Ur) werd de afrijping van de granen vertraagd. De zomergerst werd op 24 juli geoogst, de haver en zomerrogge op 30 juli en de zomertarwe op 5 augustus.

Resultaten

De resultaten zijn weergegeven in tabel 28.

Hieruit blijkt, dat bij een stikstofniveau van 1200 mg N de totale droge-stofproductie voor de verschillende zomergranen vrijwel gelijk was, met uitzondering van zomergerst; de lagere droge-stofproductie van dit gewas lag vooral aan de lagere stroopbrengst. De korrelopbrengsten ontlieden elkaar ook weinig, nu met uitzondering voor haver, waarvan de korrelopbrengsten duidelijk hoger waren dan die van de andere granen. De korrel/stro-verhouding was het hoogst voor zomergerst, gevolgd door haver, en het laagst voor zomerrogge en zomertarwe. Door de verschillende granen was ongeveer evenveel stikstof opgenomen; alleen voor zomerrogge was de

TABEL 28 Potproef 1959. Vergelijking van de droge-stofproductie, N-opneming en reactie op een overbemesting door enige zomergranen bij twee N-niveaus

graan <i>crop</i>	N-bemesting <i>N-fertilisation</i>	korrel / <i>grain</i>		stro / <i>straw</i>		korrel + stro <i>grain + straw</i>	
		d.s. <i>d.m.</i> g/pot	tot. N mg/pot	d.s. <i>d.m.</i> g/pot	tot. N mg/pot	d.s. <i>d.m.</i> g/pot	tot. N mg/pot
haver	1200 AN	53	645	76	221	129	866
<i>oats</i>	1200 AN + 800 AN	61	1146	79	284	140	1430
z.rogge	1200 AN	43	556	84	201	127	757
<i>s.rye</i>	1200 AN + 800 AN	49	884	93	316	142	1200
z.gerst	1200 AN	45	594	50	285	95	879
<i>s.barley</i>	1200 AN + 800 AN	46	912	53	— ¹	99	— ¹
z.tarwe	1200 AN	43	602	85	269	128	871
<i>s.wheat</i>	1200 AN + 800 AN	53	1137	95	382	148	1519
haver	1200 AN + 3000 Ur	78	1516	83	331	161	1847
<i>oats</i>	1200 AN + 3000 Ur + 800 AN	84	2023	86	465	170	2488
z.rogge	1200 AN + 3000 Ur	68	1342	106	379	174	1721
<i>s.rye</i>	1200 AN + 3000 Ur + 800 AN	65	1454	113	600	178	2054
z.gerst	1200 AN + 3000 Ur	65	1292	64	564	129	1856
<i>s.barley</i>	1200 AN + 3000 Ur + 800 AN	67	1577	77	— ¹	144	— ¹
z.tarwe	1200 AN + 3000 Ur	64	1349	97	673	161	2022
<i>s.wheat</i>	1200 AN + 3000 Ur + 800 AN	63	1622	101	957	164	2579

¹ doorwas / *second growth*

TABEL 28 Pot experiment 1959. Dry matter production, nitrogen uptake and response to nitrogen top-dressing by summer varieties of grain crops at two nitrogen levels

stikstofopneming wat geringer. De korrel-stro verhouding voor de stikstofverdeling was voor haver iets groter dan voor de andere granen.

Behalve zomergerst reageerden alle granen op de overbemesting met een verhoging van de korrelopbrengst. Door de overbemesting werd bij de zomertarwe en zomerrogge de stro-opbrengst eveneens duidelijk verhoogd, van de haver daarentegen nauwelijks, terwijl de zomergerst reageerde met een sterke doorwas.

Bij een hoog stikstofniveau (1200 AN + 3000 Ur) waren de droge-stofopbrengsten van alle granen ten opzichte van het niveau van 1200 mg N sterk verhoogd, de korrelopbrengsten relatief iets meer dan de stro-opbrengsten. Ook nu weer was de hoeveelheid stro voor gerst het laagst en de korrelopbrengst van haver het hoogst, terwijl de korrel/stro-verhoudingen soortgelijke verschillen vertoonden als na een bemesting met 1200 mg N.

Uit de extra "Uramite"-toediening werd ongeveer 1000 mg N, door zomertarwe zelfs meer, opgenomen. De korrel/stro-verhouding voor de stikstofverdeling was voor de haver weer het grootst.

Bij het hoge stikstofniveau leidde een overbemesting met 800 mg stikstof voor geen der granen tot een verhoging van de korrelopbrengst, hoewel de stikstof in ruime mate door de planten was opgenomen. Ook de ogenschijnlijk verhoogde korrelopbrengst voor haver is in deze proef niet significant. De zomergerst reageerde weer met sterke doorwas.

Uit de vergelijking van de verschillende zomergranen blijkt, dat de korrel/stro-verhouding van haver zowel voor de droge-stof – als voor de stikstofverdeling gunstiger is dan voor zomerrogge en zomertarwe. Bovendien was de vergroting van de stro-opbrengst van haver als gevolg van een aanvullende stikstofbemesting, hetzij bij het zaaien, hetzij bij de bloei, geringer dan voor zomerrogge en zomertarwe het geval was.

De verdeling van de assimilaten over korrel en stro blijkt voor de verschillende zomergranen in de eindfase van de ontwikkeling niet op precies dezelfde wijze te verlopen, zoals ook door VAN DOBBEN (1962) gevonden is. Dit zou voor een deel de verschillen in reactie tussen de soorten en rassen op laat beschikbare stikstof kunnen verklaren. Het verandert echter niets aan het feit, dat het merendeel van het korrelgewicht in de eindfase van de ontwikkeling wordt geassimileerd. Daarom moet het assimilatorisch apparaat zolang mogelijk in stand gehouden worden, zodat afgezien van soort- of raseigenschappen de eis van een optimale stikstofvoorziening met name ook in de eindfase gehandhaafd blijft.

Het is opvallend, dat zomergerst ondanks de veel geringere stro-productie dezelfde korrelopbrengst bereikt als zomerrogge en zomertarwe. Dit lijkt in overeenstemming met de bevindingen van PORTER (1950), WATSON, THORNE en FRENCH (1958) en THORNE (1962a), dat de bladeren ouder dan het laatste blad weinig tot de assimilatie voor de korrelvorming bijdragen.

Hoewel het zonder nader onderzoek niet zeker is, dat de stikstofoverbemesting voor alle granen op het meest gunstige tijdstip gegeven is – voor zomergerst lijkt dit bepaald niet het geval te zijn geweest –, kunnen de verschillen tussen haver, zomerrogge en zomertarwe onzes inziens niet als van principiële aard beschouwd worden. Het lijkt ons dan ook geoorloofd, de in het voorgaande vermelde proefresultaten met haver kwalitatief te generaliseren voor de andere granen.

8 DROGE-STOFPRODUKTIE EN STIKSTOFOP- NEMING DOOR HAVER BIJ VARIËRENDE PLANTAANTALLEN EN STIKSTOFHOEVEELHEDEN

In de tot dusver besproken proeven werd steeds gewerkt met ongeveer 20 planten per Mitscherlichpot. Daar in de literatuur nogal eens potproefresultaten worden vermeld met een aanzienlijk geringer aantal planten per pot (THORNE, 1962b; VAN DOBBEN, 1962a) is het van belang te weten hoe het verloop van stikstofopneming en droge-stofproductie door het plantaantal wordt beïnvloed.

Proefopzet

Proefgewas: haver (var. Marne)

Zaaidatum: 16 april 1959

Basisbemesting per pot: 3 g superfosfaat
3 g patentkali

N-hoeveelheden: 800, 1200 en 1600 mg N per pot als NH_4NO_3

Plantaantallen: 8, 16 en 24 planten per pot.

Om het verloop van de droge-stofproductie en de stikstofopneming te kunnen volgen, werd op 4 juni (einde van de uitstoeling) en 27 juni (begin van de bloei) van alle series telkens één pot bemonsterd. Door het warme en zonnige weer konden alle planten al in de laatste week van juli worden geoogst.

Resultaten

Deze zijn weergegeven in de tabellen 29 en 30.

Uit de oogstresultaten blijkt, dat de verschillen in droge-stofproductie bij de oogst vrij gering waren, ondanks het grote verschil in plantaantal. De gewichtsverhouding tussen bloeiwijzen en stro, globaal de korrel/stro-verhouding, is door het plantaantal weinig beïnvloed. Uit de aantallen bloeiwijzen blijkt, dat de compensatie van het lage plantaantal niet alleen aan de sterke uitstoeling is toe te schrijven maar ook aan het grotere gewicht per bloeiwijze. Of hierbij sprake was van een groter aantal korrels per pluim of van een groter 1000-korrelgewicht, is niet verder nagegaan. De compensatie van het geringe plantaantal is bij het hoge stikstofniveau (1600 mg N) relatief veel sterker geweest dan bij het niveau van 800 mg N per pot. Dit verschijnsel hangt ongetwijfeld samen met het effect van het stikstofniveau op de levensduur der assimilerende organen, dat in 1959 bijzonder duidelijk was (6.1). Uit tabel 29 blijkt, dat de compensatie vooral in de latere groeistadia moet hebben plaatsgevonden. De plant was toen bijzonder gevoelig voor de invloed van het warme, zonnige weer op de afrijping, die door een hoog stikstof-niveau, of beter, door een voortdurende stikstof-

TABEL 29 Potproef 1959. Het effect van plantaantal en stikstofbemesting op het verloop van drogestofproductie en stikstofopneming door haver

N-gift <i>N-supply</i>	bemonsteringsdatum <i>sampling date</i>	droge stof / <i>dry matter</i> g/pot			N-opneming / <i>N-uptake</i> mg/pot		
		24 pl	16 pl	8 pl	24 pl	16 pl	8 pl
1600	4 juni / <i>June</i>	30	26	19	1156	1037	951
	27 juni / <i>June</i>	98	90	81	1137	1136	1155
	24 juli / <i>July</i>	138	133	127	—	—	—
1200	4 juni / <i>June</i>	32	28	20	873	847	798
	27 juni / <i>June</i>	92	91	77	862	900	851
	24 juli / <i>July</i>	119	115	108	—	—	—
800	4 juni / <i>June</i>	30	29	22	570	513	490
	27 juni / <i>June</i>	78	68	57	582	568	502
	24 juli / <i>July</i>	98	91	79	—	—	—

TABLE 29 *Pot experiment 1959. Dry matter production and N-uptake by oats as affected by plant number and nitrogen level*

TABEL 30 Potproef 1959. Het effect van plantaantal en stikstofbemesting op de samenstelling van haver bij de oogst

N-gift <i>N-supply</i>	aantal planten <i>number of plants</i>	aantal pluimen <i>number of panicles</i>	pluimen <i>panicles</i> g/pot	stro <i>straw</i> g/pot	gehele plant <i>total plant</i> g/pot
1600	24	36	73	65	138
	16	33	67	66	133
	8	26	65	62	127
1200	24	35	58	61	119
	16	28	55	60	115
	8	24	51	57	108
800	24	25	45	54	98
	16	22	41	50	91
	8	17	34	45	79

TABLE 30 *Pot experiment 1959. Yield analysis of oats as affected by plant number and nitrogen level*

opneming, kon worden vertraagd. Immers de stikstofopneming door 8 planten blijkt na het begin van het schieten bij de hoogste stikstofniveaus nog niet, maar bij het laagste stikstofniveau al wel te zijn voltooid. Dit geldt ook voor het object 12 planten, zij het in mindere mate. Juist het feit, dat stikstof wordt opgenomen, maakt de plant resistenter tegen factoren, die de afrijping bevorderen (zie ook 4.2.1).

Overigens is de bedoeling van de proef, namelijk om door vermindering van het plantaantal de tijdsduur van stikstofopneming te verlengen, niet gerealiseerd bij een

niveau van 800 mg N en bij de grotere stikstofhoeveelheden slechts zeer ten dele. Uit dit resultaat kan worden afgeleid, dat in potproeven van THORNE (1962b) en VAN DOBBEN (1962a), waarbij aan ongeveer 10 planten per pot minder dan 800 mg N werd toegediend, de stikstofopneming al in een vroeg stadium moet zijn opgehouden, zodat de planten in de periode waarin de assimilatie vooral tot de korrelproductie bijdraagt, stikstofgebrek moeten hebben geleden.

Het resultaat van de zojuist beschreven proef leidt tot de conclusie, dat het verloop van stikstofopneming en droge-stofproductie niet in de eerste plaats door het plant-aantal wordt bepaald, maar vooral door de hoeveelheid stikstof, die voor de planten beschikbaar is.

Dit geldt althans voor de omstandigheden, waaronder de proef is genomen, te weten in de open lucht en bij een betrekkelijk vroege zaaitijd. Hierdoor had de plant de gelegenheid door uitstoeling de gevolgen van het geringe plantaantal te compenseren. Indien echter het ontwikkelingsritme van de plant wordt geforceerd bijvoorbeeld door proeven in een kas (bij een meestal hogere temperatuur; (VAN DOBBEN, 1962b, zie ook 6.3) of door een late zaaitijd of voorjaarsontwikkeling dan heeft de plant nauwelijks gelegenheid uit te stoelen en moet de invloed van het plantaantal wel een belangrijk effect hebben op de uiteindelijke opbrengst. Onder dergelijke omstandigheden ontstaat met het andere ontwikkelingsritme een geheel andere relatie tussen stikstofopneming en droge-stofproductie (zie ook 6.1 en 6.3), dan bij proeven onder natuurlijke omstandigheden wordt verkregen.

Onze resultaten zijn in overeenstemming met die van MITSCHERLICH (geciteerd door SCHROPP, 1951) die vond, dat de maximale opbrengst van haver bij een plantaantal van 7-35 nauwelijks verschilde en met die van CARLES, SOUBIES en GADET (1953), die een nauw verband constateerden tussen de hoeveelheid beschikbare stikstof en de uitstoeling.

9 VERGELIJKING VAN DE RESULTATEN VAN POT- EN VELDPROEVEN

9.1 DE OPTIMALE STIKSTOFVOEDING VAN GRANEN IN POTPROEVEN

Onder optimale stikstofvoeding van granen wordt in dit verband verstaan, die stikstofvoorziening, die onder de omstandigheden van de proef tot de maximale korrelproductie leidt. In de potproeven van 1957 (4.2.1), 1959 (4.2.2 en 7) en 1961 (4.2.3), welke in de open lucht waren genomen, blijkt de maximale korrelproductie te zijn bereikt bij een stikstofopneming in de bovengrondse delen van 1800–3000 mg N per pot, al naar gelang de proefomstandigheden. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de bevindingen van ATANASIU (1956), die eveneens in potproeven met haver en eveneens door NH_4NO_3 met ureumformaldehyde te combineren de hoogste opbrengsten vond bij stikstofgiften van 3000–4000 mg N, wat bij een gemiddelde stikstofopneming van 75% in de bovengrondse delen neerkomt op 2000–3000 mg N per pot.

De opbrengsten zijn in Duitse proeven (ATANASIU, 1956, RINNO, 1960) bij een zelfde optimale stikstofgift dikwijls hoger dan in onze proeven, wat waarschijnlijk ligt aan de ruimere watervoorziening, die door de Duitse onderzoekers wordt toegepast. In de Duitse proeven worden de planten in de latere groeistadia "auf Durchlauf" begoten. Ook uit onze proeven blijkt, dat bij het gieten tot 65% van de watercapaciteit niet de maximale opbrengsten worden bereikt (tabellen 23 en 25).

9.2 VERGELIJKING VAN POT- EN VELDPROEVEN IN 1959

Nu voor Mitscherlichpotten de orde van grootte van de optimale stikstofopneming is vastgesteld, zal worden nagegaan of dit voor potproeven gevonden resultaat een basis biedt voor vergelijking met de resultaten van veldproeven. Hiertoe zullen worden vergeleken de gegevens van de potproeven met zomergranen van 1959 met de resultaten van veldproeven, welke door VAN BURG en ARNOLD (1960) in 1959 met dezelfde graanrassen op zavelgrond in Noord-Groningen zijn genomen. In dit jaar werd in de veldproeven bij hoge stikstofgiften in het voorjaar de maximale korrelopbrengst bereikt zonder dat bij de zomertarwe en haver legering optrad, terwijl de opbrengstdepressie door legering bij zomergerst vrij gering was. Daar door VAN BURG en ARNOLD¹ op twee achtereenvolgende data de stikstofopneming door het gewas is bepaald, lenen de proeven zich uitstekend voor een vergelijking. De resultaten zijn in de tabellen 31, 32 en 33 gegeven. De laatste monsters voor de gewasanalyse zijn een

¹ Interne Versl. Landbk. Bur. Ned. Stikst. Mestst. Industrie.

TABEL 31 Veldproef 1959. Droge-stofproductie en stikstofopneming door haver bij opklimmende N-giften. (VAN BURG en ARNOLD, 1959)

N-bemesting <i>N-fertilisation</i> kg N/ha	korrel <i>grain</i> 100 kg/ha	stro <i>straw</i> 100 kg/ha	N-opneming <i>N-uptake</i> kg/ha
0	40,4	35,0	47,0
20	44,7	40,7	64,8
40	46,9	42,4	88,0
60	48,2	43,2	99,8
80	53,1	49,9	80,4
100	56,0	51,5	87,1
120	55,0	50,8	110,6
140	57,6	55,9	113,2
160	56,7	52,6	135,8

TABLE 31 *Field experiment 1959. Dry matter production and nitrogen uptake by oats at increasing rates of nitrogen application.* (VAN BURG and ARNOLD, 1959)

TABEL 32 Veldproef 1959. Droge-stofproductie en stikstofopneming door zomergerst bij opklimmende N-giften (VAN BURG en ARNOLD, 1959)

N-bemesting <i>N-fertilisation</i> kg N/ha	korrel <i>grain</i> 100 kg/ha	stro <i>straw</i> 100 kg/ha	N-opneming <i>N-uptake</i> kg/ha
0	42,8	43,4	72,0
20	45,4	47,4	53,1
40	46,4	48,8	95,1
60	47,6	53,2	100,5
80	50,7	58,7	95,3
100	50,0	61,6	117,8
120	50,3	57,3	106,8
140	48,5	60,8	121,2
160	49,1	62,4	182,0(?)

TABLE 32 *Field experiment 1959. Dry matter production and nitrogen uptake by spring barley at increasing rates of nitrogen application* (VAN BURG and ARNOLD, 1959)

maand voor de oogst genomen. Gezien de stikstoflevering door de grond zullen de maximale hoeveelheden stikstof in het gewas nog wel 10 à 20 kg N hoger zijn geweest dan in de tabellen 31, 32 en 33 is aangegeven. Wordt hier rekening mee gehouden dan komt men tot de conclusie, dat voor haver en zomertarwe de maximale korrel-opbrengst werd gevonden bij een stikstofopneming van 120–130 kg N per ha en voor zomergerst bij 110–120 kg N per ha. Vergelijkt men nu deze gegevens met die van de potproef van 1959 (tabellen 28 en 34) bij de optimale stikstofgift van 1200 AN + 3000 Ur per pot, dan blijkt, dat bij haver de korrel/stro-verhouding in veld- en potproef weinig verschilt en dat bovendien de verhouding tussen stikstofopneming

TABEL 33 Veldproef 1959. Droge-stofproductie en stikstofopneming door zomertarwe bij opklimmende N-giften. (VAN BURG en ARNOLD, 1959)

N-bemesting N-fertilisation kg N/ha	korrel grain 100 kg/ha	stro straw 100 kg/ha	N-opneming N-uptake kg/ha
0	47,6	64,4	68,5
20	49,2	69,1	66,5
40	52,3	78,0	78,6
60	53,9	80,0	87,3
80	56,4	86,0	104,7
100	57,6	81,1	88,4
120	57,0	88,5	121,2
140	58,0	87,9	117,2
160	58,0	85,0	129,4

TABLE 33 Field experiment 1959. Dry matter production and nitrogen uptake by spring wheat at increasing rates of nitrogen application (VAN BURG and ARNOLD, 1959)

TABEL 34 Vergelijking van droge-stofproductie en N-opneming in pot- en veldproeven in 1959 voor verschillende zomergranen (veldproefgegevens ontleend aan VAN BURG en ARNOLD)

graan / grain crop	korrel grain	stro straw	korrels + stro grain + straw	N-opneming N-uptake
<i>potproef / pot experiment</i>				
	g/pot	g/pot	g/pot	mg N/pot
haver / oats	78	83	161	1847
z.tarwe / s.wheat	64	97	161	2022
z.gerst / s.barley	65	64	129	1856
<i>veldproef / field experiment</i>				
	100 kg/ha	100 kg/ha	100 kg/ha	kg N/ha
haver / oats	56	51	107	110
z.tarwe / s.wheat	58	88	146	120
z.gerst / s.barley	50	57	107	110

TABLE 34 Comparison of dry matter production and N-uptake in pot- and field experiments in 1959. (Field data, VAN BURG and ARNOLD)

en droge-stofproductie nagenoeg dezelfde is. Vermenigvuldigt men de droge-stofproductie en stikstofopneming in de potproef met een factor 70.000 dan vindt men globaal de overeenkomstige gegevens per ha. Dat betekent, dat in de veldproef op $1/7 \text{ m}^2$ (1430 cm^2) evenveel werd geproduceerd als in de potproef op 314 cm^2 .

De vraag rest nog of de halmgewichten in de pot- en veldproeven gelijk waren.

VAN BURG en ARNOLD hebben hierover geen gegevens. Deze kunnen echter worden ontleend aan de veldproeven van JONKER (1961) welke in 1959 eveneens met haver (var. Marne) in Oostelijk Flevoland zijn genomen. Uit het halmaantal van 70 per strekkende meter kan worden berekend, dat het aantal halmen per ha ongeveer $3-3,5 \times 10^6$ heeft bedragen. Bij een totale droge-stofopbrengst van 13.000 kg komt dit neer op een halmgewicht van ongeveer 4 gram. Dit is hetzelfde als in dat jaar werd gevonden in onze potproeven met Marnehaver (tabel 12). In de potproef was het aantal korrels per pluim groter maar het 1000-korrelgewicht lager dan in het veld.

Uit deze proeven blijkt, dat voor haver in 1959 per eenheid opgenomen stikstof in veld- en potproeven vrijwel dezelfde maximale droge-stofproductie werd bereikt bij nagenoeg dezelfde morfologische samenstelling van de oogst.

TABEL 35 Stikstofopneming door zomergranen in de periode van 5 weken na het tevoorschijn komen van het laatste blad. (Veldproeven, VAN BURG en ARNOLD, 1959)

graan / grain crop	N-gift / N-supply kg N/ha	N-opneming / N-uptake	
		1ste monsterneming 1st sampling 5/6/'59	2de monsterneming 2nd sampling 7/7/'59
z.gerst / s.barley	100	85	118
	120	102	106
	140	99	121
haver / oats	100	88	87
	120	86	111
	140	90	113
z.tarwe / s.wheat	100	74	88
	120	72	121
	140	94	117

TABLE 35 Nitrogen uptake by grain crops during the 5-week interval after the appearance of the last leaf. (Field experiments, VAN BURG and ARNOLD, 1959)

Een deel van de resultaten van de tussentijdse gewasanalyses in de veldproeven is weergegeven in tabel 35. Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit, dat na de laatste monsterneming naar schatting nog ongeveer 10 tot 20 kg N door het gewas zal zijn opgenomen. De stikstofopneming na het tevoorschijn komen van het laatste blad kan dus globaal op ongeveer 30 kg N worden gesteld, ongeveer 25% van de totale opneming.

In de potproeven (tabel 9) blijkt door de haver na het begin van de bloei nog ongeveer 300 mg N te zijn opgenomen dat wil zeggen ongeveer 16% van de totale hoeveelheid.

Hieruit blijkt, dat het patroon van de stikstofopneming in het veld en in de potten nagenoeg gelijk was.

Ten opzichte van haver lag, relatief gezien, vooral de opbrengst van zomertarwe in de veldproeven hoger dan in de potproeven. De planten in de potproeven zagen er minder gezond uit dan in het veld; in de potproef rijpten de oudere bladeren van de tarwe eerder af dan in de veldproef. De zomergerst vertoonde necrotische plekken op de bladeren. Het is mogelijk, dat het verschil in grondsoort bij de tarwe en de gerst een rol gespeeld heeft. Niettemin liep ook bij deze granen de korrel/stro-verhouding in pot- en veldproef niet sterk uiteen, terwijl de maximale korrelobbrengsten van zomertarwe en zomergerst in de potproef bereikt werden bij een stikstofopneming van 2020 resp. 1850 mg N per pot.

In de veldproef was het verloop van de stikstofopneming voor de tarwe en de gerst eender als dat voor de haver, in de potproeven is het niet bepaald.

9.3 DE OPTIMALE STIKSTOFVOEDING IN VELDPROEVEN

In een proef op veenkoloniale grond in 1962 (VAN BURG en ARNOLD, intern verslag) met 2 rassen zomertarwe, Peko en Jufy, met opklimmende hoeveelheden stikstof, al of niet gecombineerd met een stikstofoverbemesting (bij het tevoorschijn komen van het laatste blad) werd de maximale korrelobbrengst bereikt eveneens bij een niet legerend gewas. Anders dan in 1959 was het voorjaar koud en de zomer koel, waardoor de afrijping zeer lang duurde; in een aantal gevallen (hoge stikstofgiften in het voorjaar, gecombineerd met een overbemesting) rijpten de korrels af terwijl het stro gedeeltelijk groen bleef.

De opbrengsten voor het ras Peko zijn gegeven in tabel 36.

Bij beide tarwerassen werd de maximale korrelproduktie nagenoeg bereikt bij een stikstofgift van 140 kg N bij het zaaien; bij stikstofgiften in het voorjaar van meer dan 140 kg N leidde de overbemesting niet tot een verhoging van de korrelobbrengsten. Bij hogere stikstofgiften in het voorjaar had de overbemesting alleen een verhoging van het stikstofgehalte in de korrels tot gevolg (tabel 36). De resultaten van een tussentijdse bemonstering (begin juli) van de afzonderlijke plantendelen op N- en NO_3 -gehalte (bijlage IV) tonen een geleidelijke stikstofverzadiging van de plant, naarmate meer stikstof was gegeven. Boven een niveau van 140 kg N per ha nam het N-gehalte in de plant door een verhoging van de N-gift in het voorjaar of door een overbemesting weinig meer toe. Het nitraatgehalte daarentegen steeg nog vrij aanzienlijk. Hierbij maakt het niet veel verschil of de stikstof ineens in het voorjaar of gedeeld was toegediend. Het opvallend grote verschil in NO_3 -gehalte tussen de bovenste en onderste bladeren is waarschijnlijk te wijten aan de verminderde nitraat-reductie door de sterkere beschaduwning der onderste bladeren (zie ook 2.2.4). Bij de eindopneming is alleen het stikstofgehalte van de korrels bepaald (tabel 36). Aannemende, dat in het rijpe gewas ongeveer 75% van de totale hoeveelheid stikstof in de korrels voorkomt (VAN DOBBEN, 1962a; zie ook tabel 4), kan men de optimale stikstofopneming in 1962 evenals in 1959 taxeren op ongeveer 130-140 kg N per ha. De totale

TABEL 36 Veldproef 1962. Effect van toenemende hoeveelheden stikstof in het voorjaar en van een late overbemesting op de droge-stofproductie en het N-gehalte van de korrels bij zomertarwe, ras Peko. (VAN BURG en ARNOLD, 1962)

N-gift / <i>N-dressing</i> kg N/ha		Droge stof / <i>Dry matter</i> 100 kg/ha			N-gehalte van de korrel <i>N-content of the grains</i>	
vroeg / <i>early</i>	laat / <i>late</i>	korrel / <i>grain</i>	stro / <i>straw</i>			
0	0	14,7	24,9		2,35	
	40			42,8		2,48
20	0	21,2	34,6		2,08	
	40			43,8		2,50
40	0	27,5	44,6		2,02	
	40			52,5		2,42
60	0	33,4	54,5		2,03	
	40			57,9		2,41
80	0	36,7	58,0		2,05	
	40			62,7		2,39
100	0	41,8	70,3		2,04	
	40			64,1		2,40
120	0	43,2	67,6		2,20	
	40			69,7		2,48
140	0	47,4	75,1		2,21	
	40			67,0		2,60
160	0	47,5	73,1		2,26	
	40			68,9		2,76
180	0	48,9	74,8		2,43	
200	0	50,1	74,0		2,55	

TABLE 36 *Field experiment 1962. Effect of increasing rates of nitrogen application in spring and of a late topdressing on dry matter production and N-content of the grains of s.wheat. (VAN BURG and ARNOLD, 1962)*

droge-stofopbrengsten lagen met 12.000 kg per ha duidelijk lager dan in 1959, wat waarschijnlijk het gevolg was van het koude en sombere weer in 1962, terwijl ook het verschil in grondsoort een rol kan hebben gespeeld.

Door JONKER (1961) zijn in de IJsselmeerpolders talrijke proeven met opklimmende hoeveelheden stikstof op granen genomen. Daar in het geoogste gewas geen stikstofanalyses zijn gedaan, kan de optimale stikstofopneming niet worden bepaald. De optimale stikstofgift is sterk afhankelijk van de stikstoffevering door de grond en van het oogstjaar. In 1959 blijkt de optimale stikstofgift bijzonder hoog te zijn geweest. In dat jaar was voor wintertarwe bij een stikstofgift van 180 kg N en een totale gewasopbrengst van 19.000 kg, waarvan bijna 7000 kg korrel, het maximum nog niet bereikt. In hetzelfde jaar werd met een stikstofgift van 90 kg op haver een opbrengst

gevonden van ruim 13.000 kg, waarvan bijna 6000 kg korrel, eveneens zonder dat het maximum bereikt was. Eveneens op haver werd in 1948 met een gift van 120 kg N een opbrengst van 14.000 kg bereikt, waarvan 6100 kg korrel, welke nog niet maximaal bleek te zijn.

In Duitsland vond ANSORGE (1961) op vruchtbare grond als gemiddelde voor een aantal jaren een optimale gewasopbrengst van granen van 11.300 kg droge stof bij een gedeelde stikstofgift van 120 kg N en een stikstofopneming door het gewas van 120 kg N.

WATSON, THORNE en FRENCH (1958) vonden in een veldproef met wintertarwe een maximale opbrengst van 12.000 kg, waarvan 6000 kg korrel, bij een stikstofbemesting van 60 kg en een stikstofopneming van 140 kg, waarvan 45 kg na het in de aar komen was opgenomen.

Door PRIMOST (1952, 1958a, 1958b, 1958c, 1961) zijn in Oostenrijk een groot aantal proeven op granen genomen met gedeelde stikstofgiften. Soms lag bij wintertarwe de optimale gedeelde stikstofgift bij 200 kg N. Gemiddeld bedroeg de optimale stikstofgift echter 120 kg N, waarbij gevallen, waar legering optrad, waren inbegrepen. In een veldproef met wintertarwe werd bij een opneming van 130–140 kg N/ha een vrijwel maximale opbrengst bereikt van 9700 kg, waarvan 3700 kg korrel. Het dikwijls lage niveau van de korrelopbrengsten hangt samen met het feit, dat een deel van de proeven onder een meer continentaal klimaat werd genomen. De afrijpingsduur is onder deze omstandigheden relatief kort. In een proef met winterrogge was de optimale, gedeelde stikstofgift 160 kg, waarbij de stikstofopneming 105 kg N per ha bedroeg.

Door de hierboven vermelde, op zich zelf veelal ónvolledige, resultaten te combineren, krijgt men de indruk, dat de maximale korrelopbrengst van een niet legerend graan-gewas in de gematigde luchtstreken wordt bereikt bij een N-opneming van 110–150 kg N per ha, al naar gelang de omstandigheden tijdens de groei. De hierbij behorende droge-stofopbrengsten variëren dan van 10.000–20.000 kg, waarvan 3500–7000 kg korrel per ha.

Hieruit blijkt, dat de variatiebreedte voor de korrelproduktie groter is dan voor de stikstofbehoefte.

In het extreem zonnige en warme jaar 1959 lagen de maxima en de daarbij behorende optimale N-opneming in ons land hoog. Dit zou erop kunnen wijzen, dat, mits de bemesting en de watervoorziening voldoende zijn, de hoeveelheid zonneschijn de beperkende factor is voor de hoogte van de opbrengstmaxima. TAVERNIER (1960) vermeldt incidentele topopbrengsten van 9000–10.000 kg korrel per ha in België, Engeland, Rusland en Joegoslavië.

9.4 VOORWAARDEN VOOR VERGELIJKING VAN POT- EN VELDPROEVEN

De proeven van 1959 hebben geleerd, dat onder bepaalde voorwaarden de resultaten van veld- en potproeven rechtstreeks met elkaar kunnen worden vergeleken. Hiervoor

is nodig, dat de planten in de potten en in het veld een ongeveer gelijk ontwikkelingsritme vertonen, wat kan worden bereikt, door de planten in dezelfde tijd te zaaien en onder vergelijkbare klimatologische omstandigheden te laten opgroeien d.w.z. in de open lucht. Van groot belang is verder, dat het verloop van de stikstofopneming voor veld- en potproeven ongeveer gelijk is. Voorts mogen de watervoorziening en de beschikbaarheid van andere voedingselementen niet teveel uiteen lopen. Voor de veldproeven geldt dan bovendien nog, dat er geen legering mag zijn opgetreden. Dit lijken vrij veel beperkende factoren, deze beperkingen gelden echter ook, indien veldproeven onderling worden vergeleken. Indien aan de hierboven genoemde voorwaarden wordt voldaan, biedt de maximale korrelopbrengst en de daarbij behorende optimale stikstofopneming een uitgangspunt voor vergelijking tussen veld- en potproeven. De maximale opbrengst wordt gekozen, om er zeker van te zijn, dat van hetzelfde punt van de stikstof-opbrengstlijn wordt uitgegaan.

Gaat men in de vergelijking van potproef- en veldproefresultaten (tabel 34) uit van bemesting en opbrengst per eenheid van oppervlak of per kg grond, dan vindt men op basis van een vergelijking naar oppervlak, dat de droge-stofproductie in de potten ruim vier maal zo hoog is als op het veld (9.1), terwijl in het tweede geval, indien men een bouwvoorgewicht van 2×10^6 kg aanneemt, de produktie in de potten zelfs ongeveer vijf maal zo hoog zou zijn. Uit de proeven beschreven in hoofdstuk 8 blijkt bovendien, dat een omrekening op het plantaantal al evenmin houvast geeft, daar de uitstoeling sterk door het plantaantal wordt beïnvloed. Daarentegen zou men op grond van de resultaten van de pot- en veldproeven van 1959, vermeld in 9.1, mogen verwachten, dat bij proeven met granen, het halmaantal een bruikbare vergelijkingsbasis zou kunnen bieden, daar immers bij deze proeven gebleken is, dat noch de korrel-stro verhouding noch het halmgewicht in de potten en in het veld veel verschillen. Door SCHUFFELEN, LEHR en ROSANOW (1952) is er eveneens op gewezen, dat bij een vergelijking van veld- en potproeven, de omrekening per kg grond, per eenheid van grondoppervlak of naar plantaantal geen juist uitgangspunt is maar dat de door de planten geproduceerde hoeveelheid droge stof een meer bevredigende vergelijkingsbasis biedt. Deze opvatting wordt door onze resultaten bevestigd, alleen is in onze proeven bovendien de aandacht op het patroon van de stikstofopneming gevestigd.

Tegen de vergelijking van pot- en veldproeven wordt als bezwaar aangevoerd, dat de potten overwegend "randeffect" vertonen. Dit is inderdaad het geval. Blijkbaar als gevolg van de zijbelichting stoelen de buitenste planten in de potten sterker uit dan de binnenste. Op een gegeven moment echter schieten een aantal halmen door, terwijl de resterende spruiten na verloop van tijd voor het merendeel afsterven (zie ook THORNE 1962a). Blijkens de resultaten leidt de sterke zijbelichting in de potten niet tot zwaardere halmen dan in het veld. Blijkbaar is, ondanks de betere zijbelichting in de potten, de distributie van assimilaten in de plant in de potten en in het veld nagenoeg gelijk. Dit hangt waarschijnlijk samen met het feit, dat de assimilaten voor de korrelvorming, vooral afkomstig zijn van het jongste blad en van de bloeiwijzen zelf, zoals voor verschillende uiteenlopende graansoorten is aangetoond (PORTER, 1950; WATSON,

THORNE en FRENCH, 1958). Het "randeffect" leidt weliswaar tot een sterkere uitstoeing met als gevolg een groter halmaantal per oppervlak, er zijn echter geen aanwijzingen, dat de morfologische samenstelling van de oogst door het randeffect wordt beïnvloed. Soms kan de zijbelichting aanleiding zijn tot doorwas na de bloei, zoals bij de stikstofverbemestingsproeven met zomergerst (hoofdstuk 7) het geval was.

Tenslotte wordt er, wellicht ten overvloede, op gewezen, dat alle vermelde potproeven betrekking hebben op potten met een doorsnede van 20 cm. Bij potten met een andere diameter geldt uiteraard een andere optimale stikstofopneming per pot met de daarbij behorende maximale korrelproduktie.

9.5 VERGELIJKING MET POTPROEVEN UIT DE LITERAATUUR

Uit de talrijke in de literatuur beschreven potproeven (WAGNER, 1932; THORNE, 1962b; VAN DOBBEN, 1962a) en nog vele andere, oudere onderzoeken blijkt, dat in een groot aantal gevallen het stikstofniveau in de potproeven dikwijls ver beneden het door ons als optimaal geschetste ligt. Het bedraagt vaak niet meer dan 20 tot 50% van de optimale hoeveelheid. De optimale stikstofgift in potproeven wordt gewoonlijk bepaald door de hoeveelheid stikstof bij het zaaien te variëren. Men vindt dan al naar gelang het gebruikte zand-grondmengsel een optimale stikstofgift van 1,2-1,7 g N per Mitscherlichpot (ATANASIU, 1956; VON BOGUSLAWSKI, 1963). Hier is niet de stikstofovermaat maar de watervoorziening door de te hoge zoutconcentratie de beperkende factor voor de plantengroei. Bovendien wordt veelal over het hoofd gezien, dat in potproeven de stikstoflevering door de grond en het corrigerend effect hiervan vrijwel geheel ontbreekt. Een duidelijk voorbeeld is de potproef van THORNE (1962b), waarin de onderzoekster een verklaring probeert te vinden voor het feit, dat in een veldproef een voorjaarsbemesting op tarwe eenzelfde effect had op de korrelopbrengst als een late overbemesting. Dat de resultaten in veld- en potproef totaal verschillend waren, lag aan het feit, dat in het veld het leeuwenaandeel van de stikstof door de grond werd geleverd, terwijl in de potten bij ongeveer 25% van het optimale niveau werd gewerkt. Door THORNE werd de verklaring van de afwijkende resultaten inderdaad in het verschil in stikstoflevering door de grond gezocht. VON BOGUSLAWSKI (1963) vond in een potproef met zomertarwe een optimale stikstofgift van 1700 mg N, wat bij een opneming van 80% in de bovengrondse delen overeenkomt met ongeveer 1350 mg N per pot, wat volgens onze maatstaven nog aanzienlijk beneden het optimale niveau is. Hoewel VON BOGUSLAWSKI veel aandacht besteedt aan het verloop van de droge-stofproduktie in verband met de invloed van het milieu op het doorlopen van de ontwikkelingsfasen van de plant, wordt het verloop van de stikstofopneming hierin verwaarloosd.

Ook het feit, dat de stikstofbemesting in potproeven per kg grond, per eenheid van oppervlakte (THORNE, 1962b) of per plant (VAN DOBBEN, 1962a) wordt berekend, leidt tot een veel te geringe bemesting, zoals al in 9.5 is uiteengezet.

Tenslotte worden veel potproeven in kassen genomen, waarin door de hogere temperaturen de ontwikkeling sneller verloopt maar een lagere eindopbrengst wordt bereikt (BROUWER, 1959; tabel 27). Bovendien worden in de kas allerlei verschillen, die bij groei in de open lucht wel optreden, genivelleerd (zie ook VAN DOBBEN, 1962b; 6.3). Hierdoor blijven de opbrengsten veel lager, wordt per eenheid opgenomen stikstof minder droge stof geproduceerd en een andere samenstelling van de oogst verkregen.

Het feit, dat in het algemeen in potproeven bij een relatief veel lager stikstofniveau wordt gewerkt dan in veldproeven heeft enige belangrijke consequenties voor de vergelijkbaarheid.

Uit onze gegevens kan men concluderen, dat granen in potproeven (Mitscherlichpotten), waaraan bij het zaaien minder dan 1,5 g N per pot is gegeven, tijdens de korrelontwikkeling stikstofgebrek zullen hebben. Zowel in potproeven (tabel 3) als in veldproeven (VAN DOBBEN, 1960) leidt dit tot een verkorting van de afrijpingsperiode en een verlaging van de korrel-stro verhouding.

In de laatste jaren wordt op het proefstation te Rothamsted een uitvoerig onderzoek verricht om de opbrengstverschillen tussen de gerstrassen Plumage Archer en Proctor te verklaren (WATSON, THORNE en FRENCH, 1958; THORNE, 1959, 1962a, 1963a, 1963b).

Het feit, dat de "net assimilation rate" tot de bloei voor beide rassen hetzelfde was, betekent, dat het verschil in produktie na de bloei moet zijn ontstaan. Het onderzoek wordt gecompliceerd door het feit, dat de opbrengstverschillen in potproeven niet gereproduceerd konden worden. De oorzaak van deze discrepantie is door de schrijvers tot dusver niet gevonden. Het lijkt ons echter niet onwaarschijnlijk, dat de verschillen tussen de beide gerstrassen, die tijdens de korrelontwikkeling in het veld wel optreden, in de potproeven door stikstofgebrek tijdens de korrelontwikkeling worden genivelleerd. Het feit, dat de onderzoekers slechts 0,5 g N per pot toedienden aan 10 kg grond, en de constatering, dat in het veld de periode tussen bloei en afrijping voor Proctor langer was dan voor Plumage Archer, steunen onze veronderstelling.

Volgens onze maatstaven zijn de potproeven van VAN DOBBEN (1962a) en GMELIG MEYLING (1962) eveneens bij een te laag stikstofniveau genomen. Laatstgenoemde vergeleek de relatie tussen groen bladoppervlak en de droge-stofproduktie voor haver en zomertarwe bij een "hoog" stikstofniveau (700 mg N per Mitscherlichpot) en een "laag" (175 mg N per pot). Inderdaad bleek dan ook volgens de waarnemingen van de schrijver dat het groene bladoppervlak na het tevoorschijn komen der bloeiwijzen zeer snel terugliep, wat wijst op een sterke mate van stikstofgebrek. Dit hoeft weliswaar een vergelijking van de assimilatie per eenheid van groen bladoppervlak in de jeugdfase niet in de weg te staan, de vergelijking voor de in landbouwkundig opzicht belangrijke ontwikkelingsfase van de korrelvorming wordt door het zeer lage stikstofniveau echter grotendeels gemist.

Ook indien potproeven worden genomen met betrekking tot de kwaliteit van het graan, zal vergelijking met de omstandigheden in het veld alleen mogelijk zijn, indien

het ontwikkelingsritme, het verloop van de stikstofopneming en de watervoorziening vergelijkbaar zijn. Immers het is uit de onderzoeken van MICHAEL, BLUME en FAUST (1960, 1961) bekend, dat in de achtereenvolgende stadia van de korrelvorming verschillende graaneiwitten worden gevormd; hierdoor houdt de eiwitsamenstelling niet alleen verband met de hoeveelheid beschikbare stikstof, maar ook met het patroon van de stikstoftoevoer naar de korrels.

Uit de aangehaalde voorbeelden blijkt, dat de techniek van het nemen van potproeven met granen op het punt van de stikstofbemesting belangrijk kan worden verbeterd. Vooral op de betere gronden is men in de praktijk van de akkerbouw wat betreft de stikstofbemesting van granen veel minder ver van het optimum verwijderd dan in vele potproeven het geval is.

9.6 DELING VAN DE STIKSTOFGIFT

Bij de potproeven van 1957 (4.2.1) werd geconstateerd, dat deling van de stikstofgift een verhoging van de korrelobbrengst tengevolge had, wat in verband gebracht werd met het verloop van de curve voor de stikstofopneming. Het blijft echter de vraag of dit verschijnsel beperkt is tot de omstandigheden van de potproef, waarbij de grond slechts heel weinig stikstof kan leveren, of ook onder veldomstandigheden geconstateerd wordt. Hierbij wordt dan niet bedoeld de opbrengstverhoging, die ontstaat, door het feit dat legering of stikstofuitspoeling wordt voorkomen.

Door VAN BURG en ARNOLD (1959, 1960) is dit uitvoerig onderzocht. Bij de veldproef met wintertarwe in 1958 werd door een verdeling van de stikstofgift een duidelijke verhoging van de korrelobbrengst verkregen, indien bij het zaaien tenminste 80 kg N was gegeven. In deze proef moest echter het gunstige effect van de deling van de stikstofbemesting worden toegeschreven aan het achterwege blijven van legering. Bij de proeven met zomergranen in 1959 op zavel in Noord-Groningen, waarbij ondanks zware stikstofbemesting geen legering van betekenis optrad, werd geen verhoging van de korrelobbrengst door deling van de stikstofgift bereikt. Bij de proeven met zomergranen in hetzelfde jaar op veenkoloniale grond werd met de deling van de stikstofgift eerder een ongunstig dan een gunstig effect verkregen.

Daarentegen vond JONKER (1961) vooral in 1959 maar ook in andere jaren bij proeven met verschillende zomer- en wintergranen in de IJsselmeerpolders, dat een deling van de stikstofgift soms tot een aanzienlijke verhoging van de korrelobbrengst kon leiden, veelal bij een gelijktijdige daling van de hoeveelheid stro. In tabel 37 is een aantal van de resultaten samengevat. De verdeling van de bemesting was niet altijd dezelfde: dikwijls de helft vroeg en de andere helft tijdens het schieten, soms ook 2/3 vroeg en 1/3 laat ofwel 1/3 vroeg en 2/3 laat. In vrijwel alle gevallen hing het gunstige effect van de deling niet samen met het voorkomen van legering, zoals uit de stevigheidscijfers voor het stro kon worden afgeleid.

Door JONKER zijn in het geogste gewas geen stikstofanalyses gedaan, zodat het

TABEL 37 Het effect van de deling van de stikstofgift op de korrelopbrengst (kg/ha) van winter- en zomergranen naar gegevens van JONKER (1961)

graan / grain crop	jaar / year	N-gift <i>N-fertilisation</i> kg N/ha	bij het zaaien <i>at sowing</i> kg/ha	gedeelde gift <i>split application</i> kg/ha	geen N/no N kg/ha
w.tarwe / <i>w.wheat</i>	1948	100	4250	4550	2230
haver / <i>oats</i>	1948	80	5210	5500	2560
w.tarwe / <i>w.wheat</i>	1957	140	5030	5500	2660
z.tarwe / <i>s.wheat</i>	1957	120	4780	5030	2580
z.gerst / <i>s.barley</i>	1957	80	5650	6250	3330
w.tarwe / <i>w.wheat</i>	1959	150	5740	6320	2790
	1959	150	6420	7190	1940
haver / <i>oats</i>	1959	90	5890	6620	2560

TABLE 37 *The effect of split application of nitrogen on grain yield (kg/ha) of various grain crops (Data of JONKER, 1961)*

effect van de deling van de stikstofgift niet op de door de planten opgenomen stikstof kon worden betrokken, zoals in onze potproeven (4.2.1) is geschied.

Door VAN DOBBEN (1958, 1959, 1960) is bij winterrogge op een lichte, droogtegevoelige zandgrond herhaaldelijk een zeer gunstig effect bij deling van de stikstofgift op de korrelopbrengst verkregen.

In Oostenrijk hebben LINSER en PRIMOST (1953, 1959) en PRIMOST (1952, 1956, 1958a, 1958b, 1958c) talrijke proeven genomen, vooral met wintergranen, waarbij het effect van een stikstofbemesting ineens werd vergeleken met dat van een gedeelde gift bij opklimmende stikstofhoeveelheden. De deling van de stikstofbemesting vond plaats volgens het principe van de "Stadiendüngung" volgens KOPETZ (1960), te weten, een gift bij het begin van het uitstoelen, de grootste gift bij het begin van het schieten en bij de hoogste stikstoftrappen nog een kleinere gift bij het in de aar komen. De stikstofbemesting "ineens" hield echter in, dat al 1/3 van de totale hoeveelheid in de herfst werd gegeven en de rest in het voorjaar bij het begin van de uitstoeling. In een groot aantal gevallen heeft de verdeling van de stikstofbemesting tot een soms aanzienlijk grotere korrelopbrengst geleid. In een aantal gevallen is dit duidelijk het gevolg van het achterwege blijven van legering na een gedeelde stikstofgift. In enige proeven met winterrogge en wintertarwe werd door middel van tussentijdse oogsten het verloop van de stikstofopneming door de gewassen vastgelegd. Hierbij is gebleken, dat na een gift "ineens" nogal wat minder stikstof door de planten werd opgenomen dan na een deling van de stikstoftoediening. Hoewel hierdoor het gunstige effect van de deling zou kunnen worden verklaard, blijkt, dat wanneer men de korrelproducties vergelijkt op basis van de opgenomen stikstof (PRIMOST, 1961), vooral bij winterrogge en in mindere mate bij wintertarwe de deling van de gift een gunstiger

effect had dan een bemesting ineens. Uit het verloop van de droge-stofproductie en de stikstofopneming kan worden afgeleid, dat de differentiatie in de korrelopbrengst vooral in de laatste fase plaats vond, waarin na een gedeelde stikstofgift nog vrij veel stikstof was opgenomen, terwijl na een gift ineens de stikstofopneming in deze periode reeds afgesloten was.

Uit de hierboven gegeven resultaten blijkt, dat in een aantal gevallen, de deling van de stikstofbemesting ten opzichte van een vroege gift ineens tot een duidelijke verhoging van de korrelopbrengst en veelal tegelijkertijd tot een daling van de stro-hoeveelheid heeft geleid. In een aantal gevallen was de verhoging van de korrelopbrengst niet het gevolg van het achterwege blijven van legering of uitspoeling van stikstof. Het meest valt echter op, dat de proeven van VAN BURG ARNOLD, en JONKER in 1959 onder vergelijkbare klimatologische omstandigheden tot verschillende resultaten hebben geleid. Dit verschil in reactie wordt echter duidelijk, indien men de stikstoflevering door de grond in de beide series proeven vergelijkt. Op de controleveldjes in de proeven van VAN BURG en ARNOLD wordt al een opbrengst bereikt van 70 tot 80% van de maximale korrelopbrengst, terwijl de opbrengsten der controles in de proeven van JONKER, waar de deling van de stikstofgift een gunstig effect had, dikwijls minder dan 50%, soms minder dan 35% van de hoogste korrelopbrengsten heeft bedragen. Zoals reeds eerder is vermeld, is de optimale stikstof opneming in de proeven van VAN BURG en ARNOLD nagenoeg bereikt, zodat van een deling van de bemesting geen effect kon worden verwacht. Het lijkt aannemelijk, dat het verloop van de stikstofopneming in de veldproeven van JONKER veel gelijkenis vertoonde met dat van de stikstofopneming door haver in de potproeven, beschreven in 4.2.1; immers hier is eveneens sprake van een grond, arm aan stikstof maar met een ruime watervoorziening. Onder deze omstandigheden zal de stikstofopneming door het gewas al in een vroeg stadium sterk verminderen, wat leidt tot een te vroege onttrekking van de stikstof aan de assimilerende delen door de bloeiwijzen. De conclusie van JONKER, dat de deling van de stikstofgift vooral dan tot een verhoging van de korrelopbrengst leidt, indien de gewassen sterk op stikstof reageren, past geheel in dit beeld. Ook de waarneming van PRIMOST (1961), dat de differentiatie in het groei-verloop na een bemesting ineens en na een deling van de stikstofgift vooral in de laatste ontwikkelingsfase merkbaar wordt, sluit hierbij aan.

Dat VAN BURG en ARNOLD in 1959 op de veenkoloniale grond geen gunstig effect van de deling van de stikstofgift vonden, lag voor een deel ook aan de grote droogte in dat jaar op deze gronden, waardoor de stikstof nauwelijks door het gewas kon worden opgenomen. Overigens wijzen VAN BURG en ARNOLD (1960) erop, dat de deling nimmer ten koste mag gaan van de bemesting bij het zaaien. De overbemesting, die op lichte gronden naast de ruime gift bij het zaaien nog moet worden toegediend, dient dan ook te worden gezien als een deling van de optimale stikstofgift, die te groot is om ineens bij het zaaien te worden gegeven.

In het voorafgaande zijn de begrippen overbemesting en deling van de stikstofgift door elkaar gebruikt. In wezen is er geen principiële verschil tussen de beide methoden

(VAN ROON, 1959; JONKER, 1961). Aan de verschillende benamingen ligt een verschillende gedachtegang ten grondslag. Bij een late overbemesting denkt men aan een aanvulling op een zo groot mogelijke maar ontoereikende stikstofgift bij het zaaien. Bij een deling van de bemesting geeft men bij de eerste toediening een deel van de nodig geachte hoeveelheid om een te sterke vegetatieve ontwikkeling te voorkomen, terwijl het resterende gedeelte later gegeven wordt.

Het is de vraag of de resultaten van VAN DOBBEN ook in deze reeks gerangschikt mogen worden, daar ze werden verkregen op arme, verdrogende grond, waar bij winterrogge wel maar bij haver niet het gunstige effect van de deling van de stikstofgift werd gevonden. Waarschijnlijk reageert de rogge op toenemend vochttekort en stikstofgebrek anders dan haver. Door VAN DOBBEN (1962a) is er al op gewezen, dat de afrijping bij de winterrogge een ander verloop heeft dan bij haver. De bloei vindt bij rogge veel vroeger plaats, waardoor de afrijpingsduur veel langer is. Hierdoor kan volgens VAN DOBBEN de winterrogge langer van de overbemesting profiteren. Gedurende deze periode echter is de droge-stofproductie per dag bij rogge geringer dan bij haver. In de laatste groeifase is de droge-stofproductie en daarmee het vochtverbruik van haver hoog (VON BOGUSLAWSKI, 1963). Hierdoor is deze in de laatste groeifase bijzonder gevoelig voor gebrek aan water en leidt vochttekort tot het noodrijp worden van het gewas. Bij de meer droogteresistente winterrogge is het effect van de late overbemesting minder afhankelijk van de vochtvoorziening van het gewas.

Of een deling van de stikstofbemesting inderdaad tot een verhoging van de korrelopbrengst leidt, hangt mede af van het tijdstip van de tweede gift. FERRARI (1959) vond in zijn veldproeven in 1958 door deling van de stikstofgift op haver geen verhoging van de korrelopbrengst; hij gaf zijn tweede gift aanzienlijk later (vlak voor de bloei) dan JONKER. Het is mogelijk, dat hierdoor de stikstof te laat door het gewas werd opgenomen. In onze potproeven had de tweede stikstofgift bij het begin van de bloei wel een gunstig effect maar in deze proeven kon de stikstof onmiddellijk door het gewas worden geabsorbeerd. Bovendien waren de weersomstandigheden in 1957 (warme, droge periode omstreeks de bloei) geschikter dan in 1958 voor het optreden van een gunstig effect door deling van de stikstofgift. Mede op grond van de proeven, vermeld in 6.1 is geconcludeerd, dat de stikstofbehoefte in zonnige, warme zomers, als de watervoorziening voldoende is, hoog is, omdat enerzijds meer droge stof geproduceerd kan worden en anderzijds meer stikstof nodig is om een te vroege afrijping van de assimilerende organen te voorkomen. Dit zou kunnen verklaren, waarom de deling van de stikstofgift in het zonnige, warme jaar 1959 zulk een opvallend grote stijging van de korrelopbrengsten ten gevolge had (JONKER, 1961).

Ook de ervaringen, van GROOTENHUIS (1961) dat in 1959 niet alleen de opbrengsten maar ook de stikstofbehoefte der gewassen bijzonder hoog waren, en van BOEKHOLT, KÜRTEEN en SEIBEL (1962), dat een stikstofoverbemesting op granen, vooral bij zonnig weer een gunstig effect had, passen in dit beeld. Ook in de jaren 1957 en 1961 werd door JONKER een gunstig effect van een gedeelde stikstofgift op granen waargenomen. Beide

jaren waren gekenmerkt door een vroeg voorjaar, een warme, zonnige periode omstreeks de bloei en vochtig weer tijdens de afrijping.

Bij koel en somber weer is de stikstofreactie kleiner, enerzijds, omdat er minder droge stof geproduceerd kan worden, anderzijds, omdat de levensduur der assimilerende organen onder deze omstandigheden toch langer is. Dit verklaart, waarom in het extreem koele jaar 1962 zeer hoge 1000-korrelgewichten werden bereikt als gevolg van de zeer lange afrijpingsperiode (JONKER, pers. meded. 1963). Deze trage afrijping is er waarschijnlijk ook de oorzaak van, dat VAN BURG en ARNOLD in hetzelfde jaar geen gunstig effect zag van een gedeelde stikstofbemesting op zomertarwe op veenkoloniale grond, hoewel men op deze vochthoudende, betrekkelijk stikstofarme grond wel een gunstig effect van de deling zou verwachten. Het graan rijpte in deze proef af op nog gedeeltelijk groen stro. Uit het voorafgaande blijkt, dat het gunstig effect van een deling van de stikstofgift bij granen door een bepaalde combinatie van omstandigheden wordt bevorderd nl. bij een geringe stikstoflevering van de grond en zonnig en warm weer omstreeks de bloei.

Ter verduidelijking is in figuur 16 schematisch weergegeven het verband tussen stikstofopneming en korrelopbrengst van een graangewas in een zonnig warm jaar, bij voldoende watervoorziening en dezelfde relatie voor een "normale" gematigde

FIG. 16. Schematische voorstelling van het verband tussen stikstofopneming en korrelopbrengst bij granen in een "normaal" jaar (1957) en een zonnig, warm jaar (1959). In de figuur zijn kwalitatief aangegeven de korrelopbrengsten van haver bij een matig (X' en X'') en een hoog (Y' en Y'') stikstofniveau. De gegevens zijn ontleend aan de potproeven 4.2.1 en 4.2.2

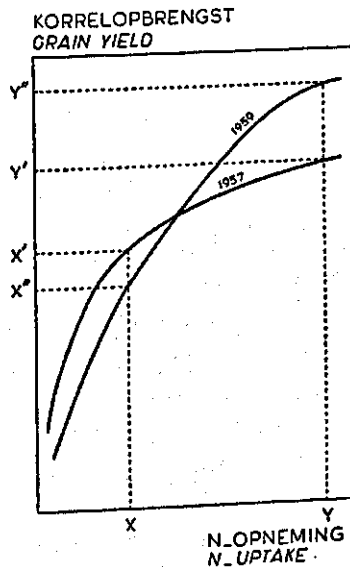


FIG. 16. Schematic representation of grain yield as related to nitrogen uptake in a "normal" year (1957) and in a sunny, warm year (1959). Yield data of oats at a moderate (X' and X'') and at a high (Y' and Y'') nitrogen level (taken from pot experiments 4.2.1 and 4.2.2) are qualitatively plotted in the figure

zomer. Bij een laag stikstofniveau is de korrelopbrengst (door de korte afrijpingsduur (6.1)) lager dan in een normaal jaar. Bij een hoog stikstofniveau daarentegen is het aantal uren zonschijn de beperkende factor voor de hoogte van de maximale korrelopbrengst. In een "normaal" jaar blijft daardoor de maximale korrelopbrengst lager dan in een zonnig en warm jaar.

Verder wordt in het verloop van de curves het verschil in stikstofeffect op de korrelopbrengst tot uitdrukking gebracht.

In de figuur is verder de stikstofreactie van haver in 1957 resp. 1959 bij een matig resp. hoog stikstofniveau kwalitatief aangegeven, zoals deze in die jaren in onze potproeven gevonden werd (tabellen 20 en 21). Hoewel het beeld in deze vergelijking door een verschil in zaaitijd iets vertekend is, doet dit aan de kruising der opbrengstlijnen geen afbreuk.

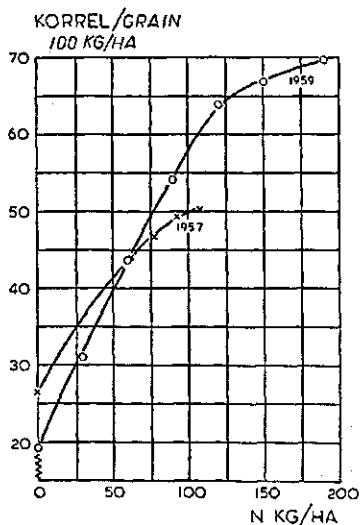


FIG. 17. Het verband tussen korrelopbrengsten en stikstof-toediening bij wintertarwe in veldproeven in de oogstjaren 1957 en 1959 (naar gegevens van JONKER, 1961)

FIG. 17. Grain yield of winterwheat as related to nitrogen dressings in 1957 and 1959 (field experiments of JONKER, 1961)

In figuur 17 is weergegeven de relatie tussen stikstofgift en korrelopbrengst eveneens in de jaren 1957 en 1959 voor wintertarwe naar veldproefgegevens van JONKER (1961). Hieruit blijkt, dat het verloop van de curves vrij veel overeenkomst vertoont met de door ons in figuur 16 gegeven schematische voorstelling. Het hoge opbrengstniveau in 1959 wordt zeker veroorzaakt door het grote aantal uren zonschijn. Of de afbuiging in de stikstof-opbrengstlijn in 1957 door gebrek aan zonschijn of b.v. legering wordt veroorzaakt is echter niet zeker.

9.8 SAMENVATTING

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de potproeven getoetst aan de resultaten van veldproeven, welke werden ontleend aan de literatuur.

Hiertoe werden de resultaten van de potproeven met zomergranen in 1959 vergeleken met de veldproefresultaten van VAN BURG en ARNOLD met dezelfde zomergranen eveneens in 1959.

Daar bij de optimale stikstofvoeding in de potten en in het veld, met name bij haver, nagenoeg dezelfde droge-stofproductie per eenheid opgenomen stikstof werd gevonden bij globaal dezelfde korrel-stro verhouding, bij hetzelfde ontwikkelingsritme en hetzelfde patroon van stikstofopneming, is de maximale korrelopbrengst en de daarbij behorende stikstofopneming als basis voor vergelijking van veld- en potproeven gekozen. In de vergelijking van de veld- en potproeven van 1959 waren de korrelopbrengsten en stikstofopneming per ha voor haver globaal 70.000 maal groter dan die in een Mitscherlichpot.

Voorwaarde voor vergelijking van veld- en potproefresultaten zijn eenzelfde ontwikkelingsritme van de planten (zelfde zaaitijd, vergelijkbare klimatologische omstandigheden) en eenzelfde patroon van stikstofopneming.

Het "randeffect", dat in potten als gevolg van de sterke zijbelichting optreedt en dat tot uiting komt in een relatief sterke uitstoeling, blijkt niet storend te zijn voor de vergelijking, daar noch het halmgewicht noch de korrel-stro verhouding er merkbaar door worden beïnvloed.

Uit de veldproefresultaten van VAN BURG en ARNOLD en uit de literatuur kan worden geconcludeerd, dat voor het bereiken van de maximale korrelopbrengst door een niet legerend gewas, de stikstofopneming niet hoger hoeft te zijn dan 120-150 kg N per ha. Voor potproeven (in de open lucht) werd een optimale stikstofopneming van 1800-3000 mg N per Mitscherlichpot gevonden.

Hieruit volgt, dat in vele in de literatuur vermelde potproeven de stikstofvoeding soms ver beneden het in de praktijk gebruikelijke niveau ligt, waardoor in potproeven geheel andere resultaten worden gevonden dan in het veld. Dit is aan de hand van enige voorbeelden toegelicht. De verklaring van deze veelal te lage giften moet worden gezocht in het feit, dat met het patroon van de stikstofopneming geen rekening wordt gehouden en verder in de omstandigheid, dat bemest wordt op basis van het grondoppervlak, de hoeveelheid grond of het plantaantal.

Onder bepaalde omstandigheden leidt deling van de stikstofgift in veldproeven tot een verhoging van de korrelopbrengst ten opzichte van een gift ineens. Dit werd in verband gebracht met het patroon van de stikstofopneming. Dat JONKER bij zijn proeven in de IJsselmeerpolders een zeer gunstig effect van een deling van de stikstofbemesting op granen verkreeg maar VAN BURG en ARNOLD in Noord-Groningen helemaal niet, wordt vooral toegeschreven aan het grote verschil in stikstofleverend vermogen van de grond van de betreffende proefvelden.

Uiteraard wordt het effect van de deling beïnvloed door het tijdstip van de tweede stikstofgift.

Tenslotte is aangetoond, dat zonnig en warm weer vooral omstreeks de bloei in belangrijke mate het effect van de deling van de stikstofgift beïnvloedt.

10 ALGEMENE BESPREKING

Uitgangspunt van het onderzoek was het zoeken van een verklaring voor het stagneren van de zoutopneming van een éénjarig gewas. De hiertoe met haver genomen proeven op voedingsoplossingen bij een voortdurend ruime voorziening met water en voedingszouten hebben geleerd, dat haverplanten onder deze omstandigheden tot ver na de afrijping van de zaden in staat zijn in ruime mate en "actief" ionen op te nemen, waardoor bovendien de éénjarige cyclus wordt doorbroken.

De waarneming echter, dat het al dan niet afrijpen van de vegetatieve delen verband hield met het ontwikkelingsstadium van de bloeiwijze op het moment van afbreken van de ionentoevoer, wijst op een duidelijke wisselwerking tussen de zoutopneming enerzijds en het vermogen om zouten te kunnen opnemen anderzijds, een wisselwerking, die mede door de bloei wordt beïnvloed (2.2.2).

Om hiervoor een verklaring te vinden, is een uitvoerig literatuuronderzoek verricht over de verdeling en herverdeling van assimilaten in de plant gedurende haar ontwikkeling. Hieruit kwam als belangrijkste punt naar voren, vooral naar aanleiding van het onderzoek van MOTHES, ENGELBRECHT en medewerkers, de hypothese, dat stikstoftoevoer naar een bepaald orgaan leidt tot eiwitsynthese, waaraan het vermogen tot accumulatie en retentie van zouten en assimilaten inhaerent is. Met andere woorden, een orgaan, waarin eiwitsynthese plaats vindt, is tevens in staat assimilaten aan te trekken en de "zuigkracht" van jongere organen te weerstaan. Deze hypothese wordt gesteund door recente proefresultaten van JACOBY en SUTCLIFFE (1962), die een rechtstreeks verband vonden tussen de eiwitsynthese en de zoutopneming in schijfjes wortelweefsel.

In het licht van het bovenstaande, kan het groen blijven van het haverstro op voortdurend ververste voedingsoplossingen worden herleid op een wisselwerking tussen plant en substraat. Dank zij de voortdurende beschikbaarheid en opneming van water en stikstof en de daarmee gepaard gaande eiwitsynthese, kunnen de vegetatieve delen de zuigkracht van de bloeiwijze weerstaan, in leven blijven, en meer weefsel produceren, waardoor weer meer zouten kunnen worden opgenomen.

Toch is uit een vergelijking van het nitraatopnemend vermogen van zomertarwe na de bloei, met dat van vegetatief gebleven wintertarwe gebleken, dat de bloei de "vitaliteit" van de zomertarwe ongunstig beïnvloedt.

De mate, waarin een voortdurende toevoer van voedingszouten nodig is voor het in leven houden van de bladeren, loopt voor de verschillende plantensoorten sterk uiteen. Zo kan een afgesneden blad van de koffieplant bij matige lichtintensiteit en in een vochtige atmosfeer een jaar groen gehouden worden (RUINEN, 1964).

Een tweede belangrijke waarneming was verder, dat in een potproef met haver bij een bepaald stikstofniveau een gedeelde stikstofopneming een hogere korrelopbrengst

tot gevolg had dan eenzelfde stikstofopneming in een vroeg ontwikkelingsstadium (4.2.1). De verklaring is gezocht in de relatie tussen het patroon van de stikstofopneming en de wijze, waarop de oogst tot stand komt. Het verband tussen stikstofopneming en korrelproductie kan schematisch als volgt worden voorgesteld: de vroege stikstofgift beïnvloedt de korrelopbrengst via de grootte van de planten, (aantal en grootte van de bladeren, aantal bloeiende halmen, aantal korrels per aar), de late stikstof door verlenging van de levensduur der assimilerende organen. Deze levensduur wordt bepaald door het feit of de betreffende organen de mogelijkheid behouden om stikstof op te nemen en eiwit te synthetiseren. De plant komt in een labiele fase zodra de assimilaten ten goede komen aan niet assimilerende organen (de vruchtbeginsels). Zolang er voldoende stikstof voor de plant beschikbaar is, is de zuigkracht van de bloeiwijzen niet groter dan die der bladeren, zoals met behulp van een gemerkte stikstof-overbemesting kon worden aangetoond (5.2.1). Indien echter gedurende de ontwikkeling der bloeiwijzen de stikstofopneming door de planten sterk vermindert of ophoudt, wordt de zuigkracht der (jongere) reserve-organen effectief en leidt tot eiwitafbraak in de (oudere) assimilerende organen en aldus tot (een te vroege) afrijping van de gehele plant. In 5.2.3 is beschreven, dat dit bij een niveau van 1200 mg N per pot al omstreeks het begin van de bloei het geval is.

Dat de levensduur van de assimilerende organen voor de korrelproductie belangrijk is, blijkt uit het feit, dat het grootste deel van de uiteindelijke korrelproductie wordt geassimileerd in de periode na het begin van de bloei (PORTER, 1950; WATSON, THORNE en FRENCH, 1958; THORNE, 1962a; en 5.2.1). In dit verband krijgt de opmerking van COFC (1960), dat een late stikstofgift niet de afrijping vertraagt maar een te vroege afrijping voorkomt, bijzondere betekenis. Kwantitatief betekent dit, dat bij een interval van 50 dagen tussen bloei en afrijping en een toeneming in de korrelmassa gedurende deze periode van 3500 à 4000 kg per ha (bv. bij haver), door vroeging van de afrijping met een dag, een korrelproductie van 70 à 80 kg per ha wordt gederfd.

Op grond van het voorafgaande kan men verwachten, dat het stikstofgehalte in de bladeren van de graanplant bij het begin van de bloei een aanwijzing kan geven voor de voedingstoestand van het gewas en verband kan houden met de uiteindelijk te verwachten korrelopbrengst. De resultaten weergegeven in tabel 19 wijzen in deze richting. Door DULAC (1955) is inderdaad een dergelijk verband aangetoond. Deze schrijver wijst er echter zelf al op, dat een graangewas, dat in het begin te weinig stikstof en later een overbemesting heeft ontvangen, hoge stikstofgehalten kan vertonen, zonder dat hoge korrelopbrengsten worden verkregen. Hieruit blijkt weer, dat niet alleen de totale hoeveelheid opgenomen stikstof maar ook het patroon van de opneming bepalend is voor het verband tussen stikstofbemesting en opbrengst. Overigens is het nitraatgehalte een gevoeliger indicator voor de stikstofhuishouding van de plant dan het totaal-N-gehalte.

Het niet afrijpen van de planten, zoals op de voedingsoplossingen wordt gevonden komt in veldproeven en in potproeven met grond in het algemeen niet voor. De om-

standigheden in het veld zijn meestal gunstig voor een algehele afrijping van een graangewas. Immers een steeds groter wordend gewas neemt steeds meer stikstof op uit een steeds dalende, meestal beperkte, hoeveelheid. Als de planten hun grootste omvang en dus hun grootste accumulerend vermogen hebben bereikt, stagneert de wortelgroei. Daar de groei van de wortels naar nieuwe voedselvoorraden waarschijnlijk een niet te onderschatten rol speelt bij de voeding van de plant, lijkt het ophouden van de wortelgroei een duidelijke terugslag in de mogelijkheid om water en zouten op te nemen. Bovendien valt het ophouden van de wortelgroei samen met het bereiken van de "labiele fase" van de plant, waarin de interne stikstofbalans en dus de levensduur van de assimilerende organen worden bepaald door de zuigkracht der bloeiwijzen enerzijds en de mogelijkheid om stikstof op te nemen anderzijds. Dit speelt zich meestal af bij stijgende temperatuur, intensere zonneschijn en toenemend vochttekort, waardoor een spoedige afrijping in de hand wordt gewerkt. Bovendien is het mogelijk, gezien de ervaringen van JONKER (1958) bij het opgraven van wortelstelsels in veldproeven en onze eigen ervaringen in watercultures, dat de wortelstelsels van éénjarige gewassen omstreeks en na de bloei aan een sterke aantasting door micro-organismen onderhevig zijn. Hierdoor kan ook het water- en zoutopnemend vermogen van de planten worden aangetast. Hierbij rijst de vraag of er een verband bestaat tussen het ophouden van de wortelgroei en de resistentie van de wortels tegen microbiële aantasting.

Voor potproeven met grond gelden de hierboven beschreven omstandigheden in het algemeen in nog sterkere mate, daar het stikstoftekort er veelal nijpender is. Het feit echter, dat planten in potproeven, waarin doorstroming van voedingsoplossingen wordt toegepast, meestal niet of moeilijk afrijpen (PAXINOS, 1933), is een aanwijzing dat behalve de stikstofvoorziening ook de watervoorziening in het geding moet zijn. Dat in potproeven de granen ondanks zeer hoge stikstofgiften toch afrijpen (4.2.2 en 4.2.3), zij het enigszins vertraagd, zal waarschijnlijk mede verband houden met de wijze van water geven. Deze vindt in het algemeen plaats door via weging de hoeveelheid water tot het "oorspronkelijke" niveau aan te vullen. Dit betekent echter, dat de plant telkens een periode van vochttekort ondergaat, die de afrijping zal bevorderen. De resultaten vermeld in 6.2 tonen aan, dat de watervoorziening in onze proeven duidelijk suboptimaal was.

Toch waren de omstandigheden voor de haverplanten op de watercultures in de droge warme kas niet optimaal, wat blijkt uit de korte afrijpingsduur van de korrels, waardoor het effect van de opgenomen stikstof op de korrelproduktie laag was (4.3). Of de langere levensduur van de assimilerende organen aan de korrelproduktie ten goede komt, hangt dus uiteindelijk af van de afrijpingsduur van de zaden zelf. Deze afrijpingsduur houdt uiteraard verband met het verloop van de afrijping van de gehele plant. Op een gegeven moment echter wordt het contact van de rijpende korrel met de (soms nog groene) plant bemoeilijkt. Hierop zijn blijkens de proefresultaten (2.2.2; 4.3.6) de uitwendige omstandigheden van grote invloed, terwijl ook de erfelijke eigenschappen van het betreffende graanras een rol kunnen spelen. Het gelijktijdig afrijpen

van korrel en stro is voor de praktijk van groot belang. De resultaten van VAN BURG en ARNOLD in 1962 tonen aan, dat door een samenloop van koel en somber weer met hoge stikstofgiften ook onder veldomstandigheden de korrel afrijpt op nog gedeeltelijk groene planten.

Aan de hand van een aantal aan de literatuur ontleende veldproefresultaten is in 9.3 al uiteengezet, dat voor west- en middeneuropese omstandigheden de optimale stikstofvoeding van granen wordt bereikt bij een voortdurend ruime stikstofopneming van 120–150 kg N per ha per jaar door een niet legerend gewas, waarbij ongeveer 20 à 30% van de genoemde hoeveelheid na de bloei wordt opgenomen. De wijze, waarop men in de praktijk de optimale stikstofopneming door granen het best kan bereiken, houdt verband met het stikstofleverend vermogen van de grond, en van een aantal toevallige omstandigheden, als de mate van uitwintering, de zaaitijd, etc. Het uiteindelijk succes van de te nemen maatregelen hangt af van de niet voorspelbare weersomstandigheden.

Uit de verzamelde gegevens blijkt, hoezeer de relatie tussen stikstofopneming en droge-stofvorming van jaar tot jaar varieert. De weersomstandigheden zowel voorafgaande aan het groeiseizoen (VAN DER PAAUW, 1962) als tijdens de groei bepalen hoeveel stikstof uit de grond en wanneer deze voor de gewassen beschikbaar komt. Het weer tijdens de groei beïnvloedt de gevoeligheid van de granen voor legering (MULDER, 1954) en bepaalt bovendien de snelheid van afrijping. Het is dan ook onjuist de proefresultaten van één of enkele proefjaren te generaliseren.

Hoewel de stikstofbehoefte van granen met een redelijke mate van nauwkeurigheid vaststaat, blijven de wisselende weersomstandigheden het grote struikelblok voor het geven van een bemestingsadvies. Dit dient in de eerste plaats gericht te zijn op het bereiken van een zo groot mogelijke oogstzekerheid en verder op een zo hoog mogelijke korrelopbrengst. De prioriteit van de oogstzekerheid wordt gemotiveerd met de thans veelal nijpende arbeidsvoorziening op de bedrijven.

Op vruchtbare gronden (gronden, die zonder stikstof meer dan 70% van de met stikstof bereikbare maximale korrelopbrengst halen) kan met een matige stikstofgift in het voorjaar reeds het optimale verloop van de stikstofopneming worden bereikt (WATSON *et. al.*, 1958; VAN BURG en ARNOLD, 1960), in welk geval de grond het merendeel van de door de planten benodigde stikstof levert. Op deze gronden kan de stikstofgift in het voorjaar, ter vermindering van het legeringsrisico ook worden uitgesteld, zonder derving van korrelopbrengst (VAN DER MEER, geciteerd door VAN DOBBEN, 1955).

Op weinig vruchtbare gronden (gronden, die zonder stikstof minder dan 50% van de met stikstof bereikbare maximale korrelopbrengst produceren), zal de optimale stikstofhoeveelheid niet ineens bij het zaaien kunnen worden gegeven zonder kans op legering of zoutschade. COIC (1960) en KOPETZ (1960) bepleiten hiervoor een verdeling van de stikstofbemesting in drie giften, om een optimaal halmgetal, aantal korrels per aar en 1000-korrelgewicht te bereiken. Dit komt in feite neer op het streven

naar een optimaal verloop van de stikstofopneming. Bij de optimale stikstoftoediening valt het accent niet op de verdeling als zodanig maar op een voortdurend ruime opneming. De verdeling van een *suboptimale* stikstofgift kan leiden tot een sterk gereduceerde jeugdontwikkeling, welke bij granen door een late stikstofbemesting niet meer kan worden gecompenseerd (FERRARI, 1959, VAN BURG en ARNOLD, 1960).

Het meest belangwekkend zijn die resultaten echter, waarbij door deling van de stikstofgift een grotere korrelopbrengst werd verkregen dan door een gift ineens bij het zaaien (PRIMOST, 1961; COÏC, 1960; JONKER, 1961). Het gunstige effect van de deling is hier niet alleen toe te schrijven aan het feit, dat het legering of uitspoeling van stikstof voorkomt maar ook aan een beter effect van de opgenomen stikstof. Het komt voor onder die omstandigheden, waar de stikstofgift bij het zaaien wel leidt tot een plant van voldoende grootte, maar waar de stikstoflevering door de grond onvoldoende is, om een te vroege afrijping van de plant te voorkomen. Het ging JONKER er in zijn proeven in de eerste plaats om, door deling of uitstel van de stikstofgift de mechanische oogstbaarheid van het graan te vergroten. Daar bovendien als gunstig neveneffect dikwijls een verhoging van de korrelopbrengst wordt gevonden, waarvoor in hoofdstuk 3 en 4 een verklaring is gegeven, verdient de deling van de stikstofgift op granen in het toenemende areaal van stikstofarme maar potentieel hoog produktieve IJsselmeerpolders alle aandacht. In hoofdstuk 9 is al geconstateerd, dat bij een deling van de stikstofgift de tweede toediening niet te laat mag worden toegepast om het risico van opbrengstderving te voorkomen. Een late stikstofgift verhoogt vooral het eiwitgehalte van de korrel en kan bij tarwe leiden tot een verhoging van de bakkwaliteit (PRIMOST, 1956, 1960). Deze wordt in de praktijk pas van belang, zodra de kwaliteitsverbetering financieel gehonoreerd wordt.

Verder is er de aandacht op gevestigd, dat het gunstige effect van een gedeelde stikstofbemesting vooral tot uiting komt bij zonnig en warm weer omstreeks de bloei.

Dat op lichte gronden de stikstofverbemesting op rogge goede resultaten oplevert, maar op haver niet, ligt waarschijnlijk niet alleen aan het verschillend groeiritme van deze gewassen maar ook aan de grotere droogteresistentie van de rogge. De veldproefresultaten van JONKER (tabel 37) en onze potproefresultaten hebben aangetoond, dat haver op een gedeelde stikstofbemesting wel reageert. Dat de reactie van haver afhankelijk is van de vochtvoorziening is in onze potproeven bevestigd. Bovendien wordt door droogte de afvoer van assimilaten naar de korrel gestagneerd, niet alleen omdat de korrel te vroeg afrijpt, maar ook omdat, naar het lijkt (6.2.1), de assimilaten in planten met vochtgebrek minder mobiel zijn. Ook op tarwe heeft volgens COÏC (1960), een overbemesting met stikstof geen effect, indien de watervoorziening onvoldoende is, zelfs als de stikstof door het gewas wordt opgenomen.

De grote variabiliteit in de proefresultaten in ons land wordt waarschijnlijk versterkt door de veelal diepe doorwortelbaarheid van onze cultuurgronden. In het buitenland komen dikwijls omstandigheden voor, waarbij voor de planten slechts een klein volume grond beschikbaar is. De stikstoflevering speelt in deze gronden een betrekkelijk geringe rol. Hierdoor en door een warmer en zonniger klimaat kan men

daar van gedeelde stikstofgift op granen een gunstig effect verwachten. Coïc (1960) heeft, rekening houdend met een verschil in bodemtype en klimatologische omstandigheden, voor verschillende Franse landbouwgebieden een advies voor de stikstofbemesting op tarwe opgesteld.

Toevallige omstandigheden kunnen op het te volgen bemestingsbeleid een belangrijk effect hebben. Als een graangewas na de winter een holle stand vertoont of door omstandigheden laat gezaaid is, dient in het voorjaar een ruime stikstofgift ineens te worden gegeven, om een voldoende uitstoeling en daarmee een voldoende aantal aren te verkrijgen (zie ook PRIMOST, 1958a, b en c).

Hoewel met betrekking tot de stikstofbemesting geen principieel verschil tussen zomer- en wintergranen en tussen de granen onderling (hoofdstuk 7) hoeft te worden gemaakt (WATSON, THORNE en FRENCH, 1963) kan men van deling van de stikstofbemesting op wintergranen, in verband met de langere groeiduur, in het algemeen het meeste effect verwachten.

In de loop der jaren heeft de tarweveredeling zich bij een gelijkblijvende totale droge-stofopbrengst bewogen in de richting van meer korrel en minder stro (VAN DOBBEN, 1962). Dit streven in de veredeling kan met behulp van een gedeelde stikstofbemesting nog worden ondersteund zoals blijkt uit de proefveldresultaten van JONKER (1961).

Verder heeft in de laatste jaren de toepassing van chemische middelen (C.C.C.) (LINSER en KÜHN, 1962) ter verkorting van het stro de aandacht. Al deze middelen kunnen ertoe bijdragen het oogstrisico te verkleinen en de mechanische oogstbaarheid van het graan te verbeteren.

Niet alleen de stikstofvoorziening of de weersomstandigheden maar ook de toepassing van b.v. bestrijdingsmiddelen kan de levensduur van de assimilerende organen beïnvloeden (BRUINSMA, 1962). Deze onderzoeker heeft door winterrogge met DNOC te behandelen opbrengstverhogingen van 10-15% verkregen, welke moesten worden toegeschreven aan de langere levensduur van de assimilerende organen (BRUINSMA, 1963).

Tenslotte kan men zich afvragen, welke mogelijkheden de toepassing van geleidelijk werkende stikstofmeststoffen biedt voor de bemesting van granen in de praktijk.

Op vruchtbare gronden heeft de toepassing van dit type meststoffen geen zin, omdat de grond zelf de functie van geleidelijk werkende stikstofbron vervult.

Het is denkbaar, dat op stikstofarme gronden de toepassing van geleidelijk werkende meststoffen, eventueel in combinatie met snelwerkende meststoffen, bepaalde perspectieven biedt. De thans in de handel zijnde langzaamwerkende stikstofmeststoffen op ureum-aldehyde basis voldoen echter niet, omdat het stikstofrendement veel te laag is en de werking te traag. Zelfs indien er een geleidelijk werkende stikstofmeststof in de handel komt met een hoog stikstofrendement, dan zal nog moeten worden nagegaan of een zodanig stikstofopnemingspatroon kan worden gecreëerd, dat deze meststof tegen het einde van het schieten voldoende snel stikstof levert om een overbemesting met stikstof te kunnen vervangen, terwijl in de jeugdfase de stikstoflevering

niet zo groot mag zijn, dat door een te overvloedige stro-productie het risico van legering te groot wordt.

Zoals al in hoofdstuk 9 is geconstateerd, ligt de stikstofbemesting op granen in de praktijk vooral op de betere gronden niet ver beneden het optimale niveau. In potproeven daarentegen is de stikstofgift dikwijls aanzienlijk lager dan de bemesting in de praktijk, soms zelfs is ze een fractie van het door ons als optimaal aangegeven niveau. Dit lage stikstofniveau in potproeven lijkt vooral verband te houden met een verkeerd gekozen vergelijkingsbasis en met het feit, dat vrijwel nooit rekening wordt gehouden met het verschillend patroon van de stikstofopneming in pot- en veldproeven. Hierdoor is verklaarbaar, waarom de resultaten van pot- en veldproeven dikwijls sterk verschillen en dus onvergelijkbaar blijken te zijn. Dit is in hoofdstuk 9 aan de hand van enige voorbeelden, ontleend aan de literatuur, gedemonstreerd.

Door echter in potproeven een deel van de stikstof in langzaamwerkende vorm toe te dienen, wordt enerzijds een te hoge zoutconcentratie voor de jonge planten voorkomen en anderzijds de geleidelijke stikstofwerking van de grond nagebootst.

Hoewel niet voor elke potproef een optimaal stikstofniveau nodig zal zijn, is het vooral in proeven, waarin de stikstofbemesting niet het object van onderzoek is, ook noodzakelijk aan het stikstofniveau en het patroon van de stikstofopneming alle aandacht te schenken. Het is bepaald niet nodig te volstaan met de opvatting, dat de omstandigheden voor veld- en potproeven totaal verschillend zijn en de resultaten daardoor onvergelijkbaar (THORNE, 1962). Onder bepaalde voorwaarden (9.4) zijn de resultaten van pot- en veldproeven van granen goed vergelijkbaar, waarbij in de potproef de onvermijdelijk grotere onnauwkeurigheid van de veldproef (PRIMOST, 1961; VAN BURG en ARNOLD, 1960) kan worden vermeden.

Met behulp van de veld- en potproefresultaten verkregen met haver in 1959 (9.2) werd voor de potproef (Mitscherlichpot) door vergelijking met de opbrengsten per ha een schaalwaarde van 1 : 70.000 berekend. Uiteraard dient deze verhouding als een ruwe benadering te worden gezien ter bepaling van de orde van grootte. Past men deze schaal toe op een in onze potproeven herhaaldelijk gegeven stikstofbemesting: 1200 mg N vroeg + 800 mg N laat, dan komt deze bemesting globaal overeen met 85 kg N vroeg en 56 kg laat bij een opneming van 115 kg N per ha voor haver op een zeer stikstofarme maar vochthoudende grond. Met deze bemesting is het optimale stikstofniveau nog niet bereikt.

Dat de vergelijking van de resultaten van veld- en potproeven met granen kwantitatief zo verrassend goed mogelijk is, ligt waarschijnlijk aan het feit, dat de granen een vrij scherp gemarkeerde ontwikkelingsfysiologie vertonen. Verder blijkt, dat de distributie van assimilaten in de graanplanten weinig wordt beïnvloed door het feit of de planten in potten of in het veld groeien, getuige de overeenkomstige korrel/stro-verhoudingen en halmgewichten (9.2). Het "randeffect" in de potten leidt tot een groter aantal halmen, die echter hetzelfde ontwikkelingsritme vertonen.

Ter beantwoording van de vraag of de kwantitatieve vergelijking van pot- en veld-

proefresultaten voor andere gewassen dan granen mogelijk is, zal het nodig zijn te weten of het ontwikkelingsritme en de interne distributie van assimilaten voor de betreffende planten in het veld en in de potten dezelfde zijn. Hiernaar is door ons geen verder onderzoek gedaan.

Men kan zich afvragen, waarom het vroegere onderzoek over het verloop van de stikstofopneming en de droge-stofproductie niet al veel eerder tot de in deze studie vermelde resultaten heeft geleid. De voornaamste oorzaak hiervan is onzes inziens, dat LIEBSCHER al in 1887 is begonnen in zijn vergelijkingen de curves van de droge-stofproductie en zoutopneming te relativeren, zodat de absolute verschillen aan de aandacht werden onttrokken. Deze wijze van bewerken is later door vele anderen nagevolgd (RIPPEL, 1927; WAGNER, 1932; VAN ITALLIE, 1937). Ze heeft geleid tot de slotsom, dat droge-stofproductie en zoutopneming in de tijd gezien een S-vormig verloop hebben en dat de zoutopneming relatief sneller dan de droge-stofproductie plaats vindt. Deze resultaten hebben echter het inzicht in de relatie tussen zoutopneming en droge-stofproductie nauwelijks kunnen vergroten en het onderzoek op een dood spoor geleid, daar het belangrijkste punt, de oorzaak van de absolute opbrengstverschillen, werd verwaarloosd.

SAMENVATTING

Uitgangspunt van het onderzoek was de vraag naar de oorzaak van het stagneren van de zoutopneming door een éénjarig gewas.

Hiertoe werd (*hoofdstuk 2*) het verloop van de droge-stofproductie en zoutopneming door haver bestudeerd in regelmatig ververste voedingsoplossingen (2.2.1). De vegetatieve delen van de plant bleven grotendeels groen, de bloeiwijzen rijpten onafhankelijk hiervan af, terwijl na afrijping van de zaden in grote getale nieuwe, vegetatieve spruiten werden gevormd, waardoor de kringloop van het éénjarig gewas werd doorbroken. De droge-stofproductie van de bovengrondse delen vond, behoudens een tijdelijke stagnatie tijdens de bloei, regelmatig voortgang (figuur 2). Na de bloei werden uitsluitend vegetatieve spruiten gevormd. Ook de zoutopneming ging regelmatig door, zij het na de bloei in iets verminderde mate (figuur 3). De wortelgroei kwam omstreeks de bloei tot stilstand, terwijl na de bloei slechts heel weinig nieuwe wortels werden gevormd (figuur 2).

Het gehalte aan oplosbare suikers steeg aanvankelijk zowel in de bovengrondse delen als in de wortels snel doch daalde na het schieten abrupt. Na de bloei nam het suikergehalte in de wortels weer toe (figuur 4).

Uit een proef (2.2.2), waarbij aan telkens andere haverplanten vanaf een bepaald ontwikkelingsstadium vóór, tijdens of na de bloei de toevoer van ionen werd onthouden, waarna de planten normaal konden afrijpen, bleek, dat de toeneming in droge stof en de zoutopneming na de bloei uitsluitend aan de vegetatieve organen ten goede kwam.

Uit het meten van waterverbruik en zoutopneming (2.2.4; figuur 9; bijlagen Ia, Ib, Ic) bleek dat nitraat, fosfaat en kalium preferent t.o.v. water, d.w.z. "actief", door de planten waren opgenomen. De periode van actieve opneming duurde voor nitraat het langst, voor kalium het kortst. Voor kalium vond na de bloei zelfs een gedeeltelijke "uitsluiting" ten opzichte van water plaats.

Het stelselmatig verwijderen van de bloeiwijzen (2.2.3) leidde tot een iets sterkere wortelgroei (figuur 2), een verhoging van het suikergehalte van de wortels (figuur 4), een tijdelijke vergroting van de wortelademhaling (tabel 1) en een relatief sterkere fosfaat- en kaliumopneming ten opzichte van water dan bij niet gedecapiteerde planten het geval was (bijlagen Ia, Ib, Ic).

Uit een vergelijking van een generatief (haver) en een vegetatief groeiend graan (wintertarwe) in een potproef (2.2.5) bleek, dat bij het laatstgenoemde gewas de droge-stofproductie kleiner en het spruit-wortel-quotient veel kleiner was dan bij de generatief groeiende haver (figuren 10, 11 en 12). Spoedig na het ophouden van de stikstofopneming vond in de vegetatieve wintertarwe een neerwaarts transport van zouten uit de bovengrondse delen naar de wortels plaats. In een proef op voedings-

oplossingen bleek het nitraatopnemend vermogen van generatief groeiende zomertarwe na de bloei van dit gewas aanzienlijk kleiner te zijn dan van vegetatief groeiende wintertarwe (tabel 2).

De bloei beïnvloedt niet alleen de stofdistributie in de plant maar ook de algehele "vitaliteit".

Daar in proef 2.2.2 het al of niet afrijpen van de plant na het afbreken van de toevoer van voedingszouten verband hield met het ontwikkelingsstadium van de bloeiwijze op het moment van het afbreken, werd hieruit geconcludeerd, dat de levensduur van de graanplant beheerst wordt enerzijds door de zuigkracht van de bloeiwijzen op de assimilerende organen, anderzijds door de voortdurende toevoer van voedingszouten naar deze organen.

Naar aanleiding hiervan werd een uitvoerig literatuuronderzoek verricht (*hoofdstuk 3*) naar de invloed van de ontwikkeling van de plant op de verdeling en herverdeling van de assimilaten. Hieruit kwam als belangrijkste punt naar voren, vooral naar aanleiding van het onderzoek van MOTHES, ENGELBRECHT en medewerkers, de hypothese, dat stikstoftoevoer naar een bepaald orgaan leidt tot eiwitsynthese, waaraan dit orgaan het vermogen ontleent tot accumulatie en retentie van assimilaten, waardoor het in staat is de zuigkracht van jongere organen te weerstaan.

In aansluiting op de proeven met voedingsoplossingen worden in *hoofdstuk 4* potproeven met haver beschreven, waarin getracht werd door toepassing van snel- en geleidelijk werkende stikstofmeststoffen tot een voortdurende en ruime stikstofopneming en een zo hoog mogelijke korrelopbrengst te geraken.

In de eerste proef in 1957 (4.2.1) werd het verloop van zowel de droge-stofproductie als van de stikstofopneming bepaald (figuren 13 en 14) bij verschillende stikstofniveaus. Bij een bepaald stikstofniveau werd door "extra" stikstof laat de korrelopbrengst meer verhoogd dan door "extra" stikstof vroeg: een gedeelde stikstofopneming leidde tot een hogere korrelopbrengst dan een stikstofopneming "ineens". Dit verschil in effect was het gevolg van een verschil in levensduur van de assimilerende organen en werd in verband gebracht met het verschillend verloop van de stikstofopneming bij de vergeleken objecten. Hieruit blijkt, dat niet alleen de *hoeveelheid* stikstof maar ook het *tijdstip* van opneming bepalend is voor de levensduur van de assimilerende organen en als gevolg daarvan ook voor de korrelopbrengst. Dit effect kon worden verklaard uit de in hoofdstuk 3 geformuleerde hypothese.

In proef (4.2.1) werd de maximale korrelopbrengst nagenoeg bereikt bij een stikstofopneming van 2250 mg N per pot. Bij de proeven in 1959 (4.2.2) werd de maximale korrelopbrengst bereikt bij een stikstofopneming van 1830 mg N per pot, terwijl in de proeven met gegraneerde oxamide in 1961 (4.2.3) de grootste korrelopbrengst bij een stikstofopneming van 3060 mg N per pot werd verkregen. Zowel de grootte van de maximale korrelopbrengst als het stikstofniveau, waarbij deze werd bereikt, liep in de verschillende proefjaren vrij sterk uiteen, wat kon worden toegeschreven aan een verschil in proefomstandigheden.

Daar de bloeiwijzen blijkbaar in de laatste ontwikkelingsfase van de graanplant de

interne stikstofbalans en de levensduur van de assimilerende organen beheersen, zijn enige proeven genomen o.a. met behulp van N-15 om na te gaan hoe en wanneer de zuigkracht van de bloeiwijzen tot uiting komt (*hoofdstuk 5*).

Uit een potproef, waarbij aan twee potten met haver bij het begin van de bloei een met N-15 gemerkte overbemesting was toegediend, kon door analyse van de afzonderlijke organen worden geconcludeerd, dat meer dan 60 percent van de totale korrelproductie moet worden toegeschreven aan de fotosynthese tussen bloei en afrijping (tabel 14).

Een week na toediening werd de gemerkte stikstof in zeer hoge concentratie aangetroffen in uitlopende spruitjes (delend weefsel), verder in vrij hoge concentratie in bladscheden en stengels (transportorganen) en in matig hoge en ongeveer gelijke concentratie in de pluimen en bladschijven der twee jongste bladeren (tabel 16). In dit stadium was er geen sprake van een verschil in accumulerend vermogen tussen de pluimen en jongste bladeren. Bij de afrijping daarentegen bleek de gemerkte stikstof het sterkst in de korrels te zijn opgehoopt. Uit de resultaten van proeven met haver op voedingsoplossingen (5.2.2), waarbij telkens verschillende planten gedurende een aantal achtereenvolgende ontwikkelingsstadia op een met N-15 gemerkte nitraatoplossing waren geplaatst, bleek, dat in deze groen gebleven planten geen sprake was van een selectieve ophoping van gemerkte stikstof in de korrels, zodat in de beweeglijke stikstoffractie een ruime mate van isotopenuitwisseling moet hebben plaats gevonden. Wel is gebleken, dat de stikstof, die in de jeugdfase van de ontwikkeling der organen werd opgenomen, moeilijk uitwisselbaar is. De relatief grotere ophoping van de gemerkte stikstof in de korrels in de potproef (5.2.1) moet dus niet worden opgevat als een direct gevolg van een grotere zuigkracht van de korrels ten opzichte van de andere organen bij de opneming, maar is het gevolg van de onvolledige isotopenuitwisseling in de oudere delen van de plant. Bij de afrijping worden de mobiele stikstofverbindingen naar de zaden getransporteerd. In deze mobiele fractie kwam de gemerkte stikstof als gevolg van de onvolledige isotopen uitwisseling het meest voor.

Tenslotte werd in een potproef (5.2.3) gevonden, dat na een stikstofbemesting van 1200 mg N bij het zaaien, de stikstofuitputting van de vegetatieve organen al voor de bloei begint, terwijl bij een zeer hoge stikstofbemesting (tabel 19) het stikstofgehalte in de bladeren tijdens de bloei nog zeer hoog is. Met deze proeven is wederom bevestigd, dat de zuigkracht van de bloeiwijzen pas tot stikstofonttrekking aan de vegetatieve organen leidt, indien de eiwitsynthese en daarmee het accumulerend vermogen van de vegetatieve organen wordt belemmerd door stikstofgebrek of andere milieufactoren.

In *hoofdstuk 6* worden proeven beschreven over de invloed van enige milieufactoren op het verband tussen stikstofvoeding en droge-stofproductie bij haver.

Bij een matig stikstofniveau (tabel 20) was de korrelopbrengst van haver in het zonnige, warme jaar 1959 lager dan in het "normale" jaar 1957, bij een hoog stikstofniveau (tabel 21) daarentegen hoger. In 1959 was de afrijpingsduur van de korrel bij een laag stikstofniveau veel korter dan in 1957, terwijl het verschil in afrijpings-

duur bij een hoog stikstofniveau veel geringer was. Bij zonnig en warm weer beïnvloedt de hoogte van de stikstofgift de uiteindelijke korrelopbrengst blijkbaar vooral door verlenging van de afrijpingsduur van de korrel.

In een proef met een geleidelijk werkende stikstofverbinding (oxamide) werd met een gift van 4800 mg N per pot in 1961 een zeer hoge korrelopbrengst (tabel 22) maar in 1962 een duidelijke opbrengstdepressie verkregen. Waarschijnlijk kon in het vroege voorjaar van 1961 de ontwikkeling en stikstofopneming door de plant wel gelijke tred houden met de stikstoflevering door de meststof, terwijl in het koude voorjaar van 1962 het stikstofopnemend vermogen van de planten achterbleef bij de stikstoflevering door de oxamide. Hierdoor moesten in het laatste jaar de planten voortdurend in een te hoge zoutconcentratie groeien, waardoor een opbrengstdepressie veroorzaakt werd.

De watervoorziening (6.2) beïnvloedt uiteraard de droge-stofproductie in sterke mate, de stikstofopneming echter veel minder. Hierdoor is het stikstofgehalte in planten met vochtgebrek hoog. Verder wordt de stikstofverdeling tussen korrel en stro door watergebrek ongunstig beïnvloed (tabel 23). Dit kan het gevolg zijn van het feit, dat door een te vroege afrijping van de korrel het transport van stikstofhoudende verbindingen naar de korrel wordt belemmerd. Anderzijds is een aanwijzing verkregen, dat de mobiliseerbaarheid van de stikstof in de vegetatieve delen van de plant door vermindering van de vochtvoorziening geringer wordt (tabel 24).

Zelfs in de koele zomer van 1962 werd het effect van een overbemesting met stikstof op haver in sterke mate door de vochtvoorziening beïnvloed.

Tenslotte is gebleken (6.3), dat de ontwikkeling van haverplanten bij hogere temperaturen in een kas aanzienlijk sneller verloopt maar een lagere eindopbrengst wordt bereikt dan in de open lucht. De korrel/stro-verhouding was in de kas groter dan in de open lucht; desondanks was in de kas de hoeveelheid stikstof in de korrel aanzienlijk kleiner (tabel 27).

Uit de hierboven beschreven proeven blijkt, dat het proefresultaat door een aantal, soms min of meer toevallige, milieu-factoren in sterke mate wordt beïnvloed of zelfs geheel gewijzigd.

In een oriënterende proef (*hoofdstuk 7*) werd de reactie van enige zomergranen op een overbemesting met stikstof nagegaan bij een matig en een hoog stikstofniveau bij het zaaien (tabel 28). Bij een matig stikstofniveau reageerden alle zomergranen behalve zomergerst met een verhoging van de korrelopbrengst en vooral zomertarwe en zomerrogge ook met een verhoging van de stro-opbrengst. Bij de voor haver optimale stikstofgift bij het zaaien werd ook voor zomertarwe en zomerrogge geen verhoging van de korrelopbrengst meer verkregen. De overbemesting leidde bij zomergerst in beide gevallen tot doorwas zonder verhoging van de korrelopbrengst, mogelijk als gevolg van een relatief te late toediening.

De verschillen in reactie van de onderzochte zomergranen met betrekking tot het verband tussen stikstofvoeding en korrelproductie lijken slechts van kwantitatieve aard te zijn, zodat mag worden aangenomen, dat de resultaten verkregen met haver althans kwalitatief ook voor andere granen van toepassing zijn.

Uit een proef (*hoofdstuk 8*) over de invloed van het aantal planten per pot op de droge-stofproductie en het verloop van de stikstofopneming is gebleken, dat bij een klein aantal planten een sterke uitstoeling plaats vindt, waardoor de aanvankelijke achterstand in droge-stofproductie grotendeels wordt gecompenseerd (tabellen 29 en 30). De iets grotere mate van compensatie bij het hoogste stikstofniveau werd toegeschreven aan de iets grotere vertraging in het verloop van de stikstofopneming. Uit de proef kan worden geconcludeerd, dat de droge-stofproductie en het verloop van de stikstofopneming vooral worden bepaald door de hoeveelheid stikstof, die voor de planten beschikbaar is en veel minder door het aantal planten zelf. Voorwaarde is echter, dat het ontwikkelingsritme van de planten niet is geforceerd.

Tenslotte (*hoofdstuk 9*) zijn de resultaten van de potproeven getoetst aan veldproefresultaten ontleend aan de literatuur. Voor de vergelijking werden gekozen de potproeven in 1959 en de veldproeven van VAN BURG en ARNOLD in 1959, welke gedeeltelijk met dezelfde rassen van zomergranen waren uitgevoerd. Daar met name voor haver de maximale korrelopbrengst werd gevonden bij nagenoeg dezelfde droge-stofproductie per eenheid opgenomen stikstof, bij globaal dezelfde korrel-stro verhouding, bij vrijwel hetzelfde ontwikkelingsritme en vrijwel hetzelfde patroon van stikstofopneming, is de maximale korrelopbrengst en de daarbij behorende stikstofopneming als basis voor vergelijking van veld- en potproeven gekozen. In de proeven van 1959 waren de korrelopbrengsten en de stikstofopneming per ha voor haver globaal 70.000 maal zo groot als in een Mitscherlichpot.

Als belangrijkste voorwaarden voor vergelijking van veld- en potproefresultaten gelden eenzelfde ontwikkelingsritme en eenzelfde patroon van stikstofopneming.

Het "randeffect" dat in potten als gevolg van de sterke zijbelichting optreedt en dat tot uiting komt in een relatief sterke uitstoeling, blijkt niet storend te zijn voor de vergelijking, daar noch het halmgewicht noch de korrel-stroverhouding er merkbaar door worden beïnvloed.

Uit de veldproefresultaten van VAN BURG en ARNOLD en uit de literatuurgegevens kan worden geconcludeerd, dat voor het bereiken van de maximale korrelopbrengst door een niet legerend gewas, de stikstofopneming niet hoger hoeft te zijn dan 120-150 kg N per ha. Voor potproeven (in de open lucht) werd een optimale stikstofopneming van 1800-3000 mg N per Mitscherlichpot gevonden.

Aan de hand van enige voorbeelden is gedemonstreerd, dat in vele potproeven, vermeld in de literatuur, het stikstofniveau soms ver beneden het in de praktijk gebruikelijke ligt. De verklaring voor deze veelal te lage stikstofgiften houdt verband met het feit, dat met het patroon van de stikstofopneming vrijwel nooit rekening gehouden wordt en dat als vergelijkingsbasis de hoeveelheid grond, het grondoppervlak of het plant-aantal wordt gebruikt.

Evenals in de potproeven kan onder bepaalde omstandigheden een deling van de stikstofgift in veldproeven een hogere korrelopbrengst ten gevolge hebben dan een gift ineens. Dat JONKER bij zijn proeven in de IJsselmeerpolders een zeer gunstig effect van deling van een stikstofbemesting op granen verkreeg maar VAN BURG

en ARNOLD in Noord-Groningen niet, wordt in hoofdzaak toegeschreven aan het grote verschil in stikstofleverend vermogen van deze gronden en het daarmee verband houdende verschil in het patroon van de stikstofopneming. Waarschijnlijk moeten de gunstige resultaten van VAN DOBBEN met een gedeelde stikstofgift op winterrogge mede worden toegeschreven aan de grotere droogteresistentie van dit gewas. Verder is er op gewezen, dat het effect van de deling in sterke mate bepaald wordt door het tijdstip van de nieuwe gift. Tenslotte is de aandacht gevestigd op het belangrijke effect van zonnig en warm weer op het effect van een gedeelde stikstofbemesting.

SUMMARY

The starting point of the investigation was an enquiry into the reason for the cessation of salt uptake by an annual crop.

To this end (*chapter 2*) the course of dry-matter production and salt uptake was studied in oats grown in regularly changed culture solution (2.2.1). The vegetative parts of the plant remained green to a considerable extent, the panicles ripened irrespectively of this, and after the seeds had ripened the formation of new, vegetative shoots in large numbers caused a break in the annual crop type of life cycle. Apart from a temporary stagnation during flowering, the dry-matter production of the tops progressed in a steady manner (figure 2). Tillers formed after flowering were entirely vegetative. Salt uptake also progressed steadily, though after flowering it took place at a somewhat less rapid rate (figure 3). Root growth ceased at about flowering time, and after flowering only very few new roots were formed (figure 2). The content of soluble sugars showed an initial rapid increase both in the tops and in the roots, but after stem elongation this content fell abruptly. After flowering the sugar content of the roots again increased (figure 4).

In a trial (2.2.2) in which oat plants were deprived of their nutrient supply beginning at specified stages of development before, during or after flowering, after which the plants were allowed to ripen normally, mineral uptake and dry-matter accumulation after flowering was shown to benefit the vegetative parts only.

Measurement of water use and mineral uptake (2.2.4; figure 9; appendices 1a, 1b, 1c) revealed that nitrate, phosphate and potash were absorbed preferentially compared with water, i.e. they were "actively" absorbed by the plants. The duration of active uptake was longest for nitrate and shortest for potash. After flowering there was even a partial exclusion of potash as compared with uptake of water.

Systematic removal of inflorescences led to slightly more vigorous root growth (figure 2), an increase in root sugar content (figure 4), a temporary increase in root respiration (table 1) and a relatively more vigorous uptake of phosphate and potash than was the case in non-decapitated plants (appendices 1a, 1b, 1c).

A pot trial comparing a reproductively growing cereal (oats) with a vegetatively growing one (winter wheat) showed that in the latter crop the dry-matter production was lower and the shoot/root ratio much lower than in the reproductively growing oats (figures 10, 11 and 12). Very soon after the uptake of nitrogen ceased, a downward transport of minerals took place from the above-ground parts towards the roots in the vegetative winter wheat.

In a trial using culture solutions the nitrate-absorbing capacity of reproductively growing spring wheat after the flowering of that crop appeared to be considerably weaker than that of vegetatively growing winter wheat (table 2).

Flowering affects not only the distribution of materials within the plant but also the plant's whole "vitality".

Since in trial (2.2.2) the ripening of the plant after interruption in the supply of mineral nutrients depended on the stage of inflorescence development at the moment of interruption, it was concluded that the duration of the life cycle of the cereal plant is governed on the one hand by the demand for assimilates by the inflorescences on the assimilating organs and on the other hand by the continuing supply of nutrients to these organs.

Following on from this an extensive search of the literature (*chapter 3*) into the effect of stage of plant development on the distribution and redistribution of assimilates was undertaken. The most important point which arose, particularly out of the investigations of MOTHES, ENGELBRECHT and coworkers, was the hypothesis that nitrogen supplied to a given organ leads to protein synthesis, and this gives the organ concerned the capacity to accumulate and retain assimilates: the organ is put into a position to withstand the drain on assimilates imposed by younger organs.

Associated with the culture solution trials, pot trials with oats are described in *chapter 4* in which an attempt has been made by applying rapid- and slow-acting fertilizer materials to obtain a continuing ample nitrogen uptake and as high a grain yield as possible.

In the first trial in 1957 (4.2.1) the course of dry-matter production and of nitrogen uptake was determined (figures 13 and 14) at various levels of nitrogen. At a given nitrogen level, "extra" nitrogen applied late increased grain yield more than did "extra" nitrogen applied early: nitrogen taken up from a split application led to a higher grain yield than nitrogen taken up "all at once". This difference in effect was the result of a difference in duration of the assimilating organs and was associated with a different course of nitrogen uptake in the treatments compared. This indicates that it is not only the *amount* of nitrogen but also the *time* at which uptake occurs which determines the longevity of the assimilating organs and consequently the grain yield as well. This effect could be explained in terms of the hypothesis delineated in *chapter 3*.

In experiment (4.2.1) maximum grain yields were just about attained at a nitrogen uptake of 2250 mg N per pot. In the trials in 1959 (4.2.2) the maximum grain yield was achieved at a nitrogen uptake of 1830 mg N per pot, while in the trials with granulated oxamide in 1961 (4.2.3) the highest grain yield was obtained at a nitrogen uptake of 3060 mg N per pot. Both the magnitude of the maximum grain yield and the nitrogen level at which this yield was attained varied quite considerably in the different trial years; this could be attributed to differences in experimental conditions.

Since the inflorescences are a governing factor in the internal nitrogen balance and duration of the assimilating organs in the final phase of development of the cereal plant, a few trials have been carried out, in some of which N-15 has been used, to investigate how and when the drain on assimilates by the inflorescences is expressed (*chapter 5*).

In a trial in which pots containing oats were given a N-15-labelled topdressing at the beginning of flowering, it could be concluded from an analysis of the various parts of the plant that more than 60% of the total grain production could be attributed to photosynthesis between flowering and ripening (table 14). One week after application labelled nitrogen was encountered in extremely high concentration in developing tillers (meristem), in further quite high concentration in leaf sheaths and stems (translocating tissue) and in moderately high and approximately similar concentration in the panicles and in the laminae of the 2 youngest leaves (table 16). At this stage there was no question of a difference in accumulating capacity between the panicles and youngest leaves. At ripening, however, the labelled nitrogen was shown to have accumulated to a greater extent in the grain. The results of trials with oats in solution culture (5.2.2), in which plants at a number of consecutive stages of development were placed in an N-15-labelled nitrate solution, showed that in these plants, which remained green, there was no question of a difference of a selective accumulation of labelled nitrogen in the grain, so that within the labile nitrogen fraction a considerable amount of isotopic exchange must have taken place. It was quite apparent that nitrogen absorbed in the juvenile phase of development of plants organs is not easily exchangeable. The relatively greater accumulation of labelled nitrogen in the grain in the pot trial (5.2.1) should therefore not be regarded as a direct consequence of a higher accumulating capacity of the grain compared with other organs at the time of uptake; it is merely the result of incomplete isotope exchange in the older parts of the plant. During ripening the mobile nitrogen compounds are transported to the seeds. Labelled nitrogen preponderated in this labile fraction because of incomplete isotope exchange.

In conclusion it was found in a pot trial (5.2.3) that following a nitrogen dressing of 1200 mg N at sowing, nitrogen exhaustion of the vegetative organs already makes its appearance before flowering, whereas with a very high nitrogen dressing (table 19) the nitrogen content of the leaves during flowering is still very high. In these trials it has once more been confirmed that the power of the inflorescences to withdraw assimilates from other organs only becomes effective if protein synthesis and the concomitant accumulating capacity of the vegetative organs is obstructed through nitrogen deficiency or other environmental factors.

In *chapter 6* trials are described investigating the effect of some environmental factors on the relationship between nitrogen nutrition and dry-matter production in oats.

At a moderate nitrogen level (table 20) the grain yield of oats in the sunny, warm year 1959 was lower than in the "normal" year 1957, whereas at a high nitrogen level (table 21) it was higher. In 1959 the period of the ripening of the grain at the low nitrogen level was much shorter than in 1957, whereas though such a difference in ripening period occurred at the high nitrogen level it was much smaller. During sunny and warm weather the size of the nitrogen dressing seems to affect the grain yield mainly by prolonging the grain ripening period.

In a trial with a slow-acting nitrogen compound (oxamide) a very high grain yield was achieved with a dressing of 4800 mg N per pot in 1961 (table 22), whereas in 1962 a definite yield depression was obtained. It is probable that in the advanced spring of 1961 plant development and nitrogen uptake were able to keep pace with the supply of nitrogen from the fertilizer, whereas in the cold spring of 1962 the nitrogen-absorbing capacity of the plants lagged behind the release of nitrogen from the oxamide. In the latter year the plants would have had to grow continually in too high a salt concentration and this could have caused a depression in yield.

Availability of water (6.2) naturally affects dry-matter production to a great extent, though it has much less effect on nitrogen uptake. As a result the nitrogen content of plants suffering from moisture shortage is high. Furthermore the distribution of nitrogen between grain and straw is unfavourably affected by lack of water (table 23). This may be due to the fact that because the grain ripens prematurely the transport of nitrogen-containing compounds to the grain is hindered. On the other hand indications were obtained that the mobility of nitrogen in the vegetative parts of the plants becomes lower with a reduction in the amount of available moisture (table 24).

Even in the cool summer of 1962 the effect of topdressing oats with nitrogen was strongly affected by availability of moisture.

Finally it was shown (6.3) that the development of oat plants at the higher temperatures prevailing in a glasshouse proceeds considerably more rapidly, but results in lower final yield, than in the open. The grain/straw was greater in the glasshouse than in the open; nevertheless the amount of nitrogen in the grain was considerably lower in the glasshouse (table 27).

The trials indicate that the relationship between nitrogen uptake and dry-matter production is affected to a considerable degree by a number of (sometimes more or less accidental) environmental factors.

In a preliminary trial (*chapter 7*) the response of some spring cereals to a nitrogen topdressing was investigated at a moderate and a high nitrogen level at sowing (table 28). At a moderate level of nitrogen all spring cereals except barley responded with an increase in the yield of grain and especially in spring wheat and spring rye, with an increase in straw as well. At the nitrogen level which was optimal for oats at sowing, no further increase in grain yield was obtained either in spring wheat or spring rye.

In spring barley the topdressing led in both instances to basal regrowth unaccompanied by an increase in grain yield, possibly because the extra nitrogen was applied rather too late for this crop. The differences in response of the spring cereals investigated as regards the relationship between nitrogen nutrition and grain production seem to be merely of quantitative nature. It can therefore be assumed that results obtained with oats also hold good, albeit qualitatively, for other cereals.

In a trial (*chapter 8*) on the effect of number of plants per pot on dry-matter production and the course of nitrogen uptake it has been shown that when the number of plants per pot is low vigorous tillering takes place, which largely compensates for the

initial lag in dry-matter production (tables 29 and 30). The somewhat greater compensation at the highest nitrogen level was attributed to the prolonged nitrogen uptake. It may be concluded from this trial that dry matter production and the course of nitrogen uptake is mainly determined by the amount of nitrogen available to the plants and much less by the number of plants *per se*. This is, however, conditional on the developmental rhythm of the plants not being accelerated (e.g. by delayed sowing or by growing plants in the greenhouse).

In conclusion (*chapter 9*) the results from the pot trials are tested against field trial results borrowed from the literature. For this comparison the pot trials in 1959 and the field trials by VAN BURG and ARNOLD were chosen. The latter were carried out in the same year with partly the same spring cereal varieties. Since especially in oats the maximum grain yield occurred at nearly the same dry-matter production per unit of absorbed nitrogen, at roughly the same grain/straw ratio, with practically the same developmental rhythm and nearly the same pattern of nitrogen uptake, the maximum grain yield and its associated nitrogen uptake have been chosen as a basis for comparing field and pot trials. In the 1959 trials grain yields and nitrogen uptake per hectare for oats were roughly 70.000 times as great as in a Mitscherlich pot.

In comparing results from field and pot trials the most important conditions are that the crops should have the same developmental rhythm and the same pattern of nitrogen uptake. The "border effect" occurring in pots as a consequence of strong side-lighting and expressing itself in relatively vigorous tillering does not appear to disturb the comparison, since both the stem weight and the grain/straw ratio were markedly different neither in pot nor in field trials.

From field trial results of VAN BURG and ARNOLD and from the literature it may be concluded that to obtain maximum grain yields from a non-lodging crop the nitrogen uptake ought to be no higher than 120–150 kg N per ha. For pot trials (in the open) an optimum nitrogen uptake of 1800–3000 mg N per Mitscherlich pot was found.

With the aid of a few examples it was demonstrated that in many of the pot trials described in the literature the nitrogen level has sometimes been set far below the level generally used in farming practice. The explanation of these frequently too low nitrogen dressings has to do with the fact that account has hardly ever been taken of the pattern of nitrogen uptake and that the amount of soil, the soil surface area or the number of plants has been used as a basis of comparison.

Just as in pot trials, split applications of nitrogen may under certain circumstances lead to higher grain yields in field trials than application of all the nitrogen at once. The fact that JONKER in his trials in the IJsselmeerpolders obtained a very favourable result from split dressings of nitrogen on cereals whereas VAN BURG and ARNOLD in trials in N. Groningen obtained no effect, is mainly attributed to the great difference in the nitrogen supplying capacity of these soils and the consequent difference in the pattern of nitrogen uptake. The favourable results obtained by VAN DOBBEN with a split

dressing of nitrogen on winter rye probably need to be partially attributed to the drought resistance of this crop. It is pointed out that the effect of putting nitrogen in more than one application is to a large extent determined by the stage at which the late dressing is applied and further by the weather conditions especially during the final phase of development.

LITERATUUR

- ALLISON, R. M. AND R. H. BURRIS 1957 Kinetics of fixation of nitrogen by *Azotobacter vinelandii*. *J. biol. Chem.* 224, 351-364.
- ALBERDA, TH. 1957 The effect of cutting, light intensity and night temperature on growth and soluble carbohydrate content of *Lolium perenne* L. *Plant and Soil* 7, 199-230.
- ALBERDA, TH. 1960 The effect of nitrate nutrition on carbohydrate content in *Lolium perenne*. *Proc. 8th Intern. Grassl. Congr.* 612-617.
- ANSORGE, H. 1961 Kontinuierliche Stickstoffdüngung zu Getreide. *Z. f. landwirtsch. Versuchs- u. Untersuchungswesen* 7, 41-51.
- ARCHBOLD, H. K. AND C. DATTA 1944 Physiological studies in plant nutrition. XIV. Sugar metabolism in the barley stem in relation to ear development. *Ann. Bot. N.S.* 8, 363-386.
- ATANASIU, N. 1956 Studien über die Ertragswirkung von schwerlöslichen Stickstoffdüngemitteln. *Landw. Forschung* 7. Sonderh. 108-113.
- BALLARD, L. A. T. AND A. H. K. PETRIE 1936 Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. I. The effect of nitrogen supply on the growth of the plant and its parts. *Austr. J. Exp. Biol. Medic. Sci.* 14, 135-164.
- BATHURST, N. O. AND K. J. MITCHELL 1958 The effect of light and temperature on the chemical composition of pasture plants. *N.Z. J. agric. Res.* 1, 540-552.
- BOEKHOLT, N. O., P. W. KÜRTEEN UND W. SEIBEL 1962 Der Einfluss einer zusätzlichen Stickstoffspätdüngung auf Ertrag und Qualität von Winterweizen. *Z. f. Acker u. Pflanzenbau* 115, 273-296.
- BOGUSLAWSKI, E. VON, P. LIMBERG UND B. SCHNEIDER 1963 Grundfragen und Gesetzmässigkeiten der Ertragsbildung. *Z. f. Acker u. Pflanzenbau* 116, 231-256.
- BROUWER, R. 1959 De invloed van de temperatuur op de ontwikkelingscyclus van erwten. *Jaarb. I.B.S.* 1959, 17-26.
- 1962 Distribution of dry matter in the plant. *Neth. J. agric. Sci.* 10, 361-376.
- BRUINSMAN, J. 1962 Chemical control of crop growth and development. *Neth. J. Agric. Sci.* 10, 409-426.
- 1963 The effect of a spray with 4,6-dinitro-o-cresol (DNOC) on nitrogen nutrition and yield of winter rye (*Secale cereale* L.) *Plant and Soil* 18, 1-20.
- BURG, P. F. J. VAN 1959 De invloed van een stikstofoverbemesting op granen. 2. Het verdelen der totaal benodigde hoeveelheid stikstof over voorjaarsgift en late overbemesting. *Stikstof* 2, 338-341.
- BURG, P. F. J. VAN EN G. H. ARNOLD 1960 De invloed van een stikstofoverbemesting op de opbrengst van granen. 4. Vergelijking van het effect van een late overbemesting met dat van eenzelfde hoeveelheid stikstof in het voorjaar bij opklimmende basishoeveelheden stikstof in het voorjaar. *Proeven 1959. Stikstof* 3, 78-86.
- 1961 Late top dressing of nitrogen on cereals. *The National Acad. Sciences India. Sect. A.* 21, part I, 157-164.
- BURSTRÖM, H. 1942 Die Lichtabhängigkeit der Nitrataassimilation des Blattes. *Naturwissensch.* 30, 645-646.

- 1946 The nitrate nutrition of plants. *Lantbruks Högsk. Ann.* 11, 1-50.
- CARLES, J., L. SOUBIÈS ET R. GADET 1954 Sur la physiologie normale du blé et sa réaction sur la fertilisation azotée. *C.R. Acad. Agric. France.* 40, 282-287
- CHIBNALL, A. C. AND G. H. WILTSHIRE 1954 A study with isotopic nitrogen of protein metabolism in detached runner-bean leaves. *New Phytol.* 53, 38-43.
- CHIBNALL, A. C. 1954 Protein metabolism in rooted runner-bean leaves. *The New Phytol.* 53, 31-43.
- COFC, Y. 1960 Les bases physiologiques de la nutrition et de la fertilisation rationnelle du blé. *Progressive Wheat Production, Centre d'étude d'azote 4, Geneva*, 95-116.
- CONRAD, C. 1961 Über die Verteilung von Auxin im partiell mit Kinetin behandelten, isolierten Blatt. *Flora* 151, 345-350.
- CROWTHER, F. 1934 Studies in growth analysis of the cotton plant under irrigation in the Sudan. I. The effect of different combinations of nitrogen applications and water supply. *Ann. Bot. N.S.* 48, 877-913.
- DEMENT, J. D., C. M. HUNT AND G. STANFORD 1961 Hydrolysis, nitrification and nitrogen availability of oxamide as influenced by granule size. *J. Agr. Food Chem.* 9, 453-456.
- DILZ, K. 1956 Groeicurves van *Lolium perenne* en het verloop van het koolhydratengehalte in wortel en stengelbasis. *Landbk. Tijdschr.* 68, 947-951.
- DILZ, K. AND J. J. STEGGERDA 1962 Nitrogen availability of oxamide and ammonium nitrate limestone. *J. Agr. Food Chem.* 10, 338-340.
- DOBLEN, W. H. VAN 1955 De aanwendingsstijd van stikstof op wintergranen. *Stikstof 1*, 139-143.
- 1956 Proefnemingen in 1955 met extra stikstofverbemesting tijdens het in aar komen bij wintergranen. *Stikstof 1*, 271-275.
- 1957 De proefnemingen met late stikstofverbemesting op granen. De instituutspoeven van het C.I.L.O. met rogge in 1956. *Stikstof 2*, 43-48.
- 1958 De veldproeven met late stikstofverbemesting op winterrogge in 1957. *Stikstof 2*, 175-181.
- 1959 Resultaten van proefnemingen met late stikstofverbemesting bij granen. *Stikstof 2*, 327-337.
- 1960 De invloed van de weersomstandigheden op het rendement van late stikstofverbemesting bij winterrogge in de jaren 1956/1959. *Stikstof 3*, 71-77.
- 1961 De stikstofhuishouding van tarwe en maanzaad. *Jaarb. I.B.S.* 1961, 45-60.
- 1962a De verdeling van droge stof over de organen bij granen en gras in afhankelijkheid van de stikstofvoorziening. *Jaarb. I.B.S.* 1962, 77-90.
- 1962b Influence of temperature and light conditions on dry-matter distribution, development rate and yield in arable crops. *Neth. J. Agric. Sci.* 10, 377-389.
- DULAC, J. 1955 Diagnostic foliaire des céréales. I. Relation entre le rendement et la teneur en azote de chaque feuille chez le blé. *C.R. Acad. Agric. France* 41, 328-331.
- DIJKSHOORN, W. 1960 Het effect van de nitrificatie van een ammoniumverbemesting op de nitraataccumulatie en de kation-anionbalans in Engels raaigras. *Jaarb. I.B.S.* 1960, 123-134.
- ENGELBRECHT, L. 1961 Beiträge zum Problem der Akkumulation von Aminosäuren in Blattzellen. *Flora* 150, 73-86.

- ENGELBRECHT, L. UND
A. UNVERRICHT
FERRARI, TH. J.
- FAUST, H.
- FRANK, H.
- FRENZEL, B.
-
- GMELIG MEYLING, H. D.
- GOUWENTAK, C. A.
- GREGORY, F. G.
- GREGORY, F. G. AND P. K. SEN
- GROOTENHUIS, J. A.
- HARMSSEN, G. W. AND G. JAGER
- HYLMÖ, B.
-
-
- ITALIE, TH. B. VAN
- JANSSON, S. L., M. J. HALLAM
AND W. V. BARTHOLOMEW
- JACOBY, B. AND J. F. SUTCLIFFE
- JONKER, J. J.
-
- KOPETZ, L. M.
- LIEBSCHER, G.
- LINSER, H.
- 1957 Über den Einfluss von Starklicht auf den physiologischen Zustand isolierter Blätter. *Flora* 145, 236–255.
- 1959 Gedeelde stikstofbemesting bij haver? *Landbouwvoorlichting* 16, 237–242.
- 1960 Untersuchungen über die Mineralstoffabgabe einjähriger Pflanzen. *Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde* 90, 83–93.
- 1954 Über den Stickstoffverlust bei alternnden Pflanzen. *Planta* 44, 319–340.
- 1957 Zur Abgabe von Aminosäuren und Amiden an das Nährmedium durch die Wurzeln von *Helianthus annuus* L. *Planta* 49, 210–234.
- 1961 Modellversuche zur Klärung einiger Probleme der Abgabe von Aminverbindungen. *Planta* 57, 444–454.
- 1962 Bladoppervlak en droge-stofproductie van zomertarwe en haver. *Jaarb. I.B.S.* 1962, 91–106.
- 1929 Untersuchungen über den N-stoffwechsel bei *Helianthus annuus* L. *Rec. trav. bot. néerl.* 26, 19–96.
- 1953 The control of growth and reproduction by external factors. *Rept 13th Intern. Hortic. Congr. (Royal Horticultural Soc. London)* 96–105.
- 1937 Physiological studies in plant nutrition VI. The relation of respiration rate to the carbohydrate and nitrogen metabolism of the barley plant as determined by nitrogen and potassium deficiency. *Ann. Bot. N.S.* 1, 521–561.
- 1961 Invloed van gescheurde kunstweiden op het produktievermogen van zavelgronden. *Stikstof* 3, 242–252.
- 1962 Determination of the quantity of carbon and nitrogen in the rhizosphere of young plants. *Proc. Coll. Soil Fauna and Micro-flora (preprints p. 45)*, Oosterbeek.
- 1953 Transpiration and ion absorption. *Physiol. Plant.* 6, 333–405.
- 1955 Passive components in the ion absorption of the plant I. The zonal ion and water absorption in Brouwer's experiments. *Physiol. Plant.* 8, 433–449.
- 1958 Passive components in the ion absorption of the plant II. The zonal waterflow, ion passage and pore size in roots of *Vicia faba*. *Physiol. Plant.* 11, 382–400.
- 1937 Het verloop van de opname van stikstof, fosforzuur en kali door verschillende gewassen te velde. *Versl. Landbk. Onderz.* 43, 13–54.
- 1955 Preferential utilization of ammonium over nitrate by microorganisms in the decomposition of oat straw. *Plant and Soil* 6, 382–390.
- 1962 Connexion between protein synthesis and salt absorption in plant cells. *Nature* 195, 1014.
- 1958 Bewortelingsonderzoek en ondergrondsbewerking in de Noordoostpolder. *Van Zee tot Land. No.* 25.
- 1961 Over de invloed van de strooitijd van stikstof-meststof op de opbrengst van granen in de IJsselmeerpolders. *Flevobereichten A No. 26*. Directie van de IJsselmeerpolders. Zwolle.
- 1960 Die Kultur des Weizens. *Progressive Wheat Production, Centre d'étude d'azote* 4, Geneva, 67–94.
- 1887 Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre. *Journ. f. Landwirtschaft* 35, 335–518.
- 1955 Versuche mit hohen geteilten Stickstoffgaben. *Landw. Forschung* 6. Sonderh. 105–112.

- LINSER, H. UND H. KÜHN 1962 Lagerungshemmende bzw. standfestigkeitsstärkende Düngemittel auf Basis von gibberellin antagonistischen Stoffen der Gruppe C.C.C. Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde, 96, 231-247.
- LINSER, H. UND E. PRIMOST 1953 Stickstoffdüngung mit hohen geteilten Gaben II. Feldversuche zu Winterweizen. Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde 63, 18-30.
- 1959 Stickstoffdüngung mit hohen geteilten Gaben III. Feldversuche zu Winterroggen. Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde 86, 97-111.
- LUNDEGÅRDH, H. 1955 Mechanisms of absorption, transport, accumulation and secretion of ions. Ann. Rev. Plant Physiol. 6, 1-24.
- MICHAEL, G. UND B. BLUME 1960 Über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Eiweisszusammensetzung des Gerstenkornes. Z.f. Pflanzenern. Düngg., Bodenkunde 88, 237-250.
- MICHAEL, G., H. FAUST UND B. BLUME 1960 Die Verteilung von spät gedüngtem ¹⁵N in der reifenden Gerstenpflanze unter besonderer Berücksichtigung der Korneiweisse. Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde 91, 158-169.
- 1961 Die Eiweissqualität von Körnern verschiedener Getreidearten in Abhängigkeit von Stickstoffversorgung und Entwicklungszustand. Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde 92, 106-116.
- MILLER, C. O. 1961 Kinetin and related substances in plant growth. Ann. Rev. Plant Physiol. 12, 395-408.
- MOTHES, K. 1926 Ein Beitrag zur Kenntnis des N-Stoffwechsels höherer Pflanzen. Planta 1, 472-552.
- 1931 Zur Kenntniss des N-Stoffwechsels höherer Pflanzen. Planta 12, 686-731.
- 1938 Stickstoffbilanz und Stickstoffverlust. Planta 28, 599-000.
- 1960 Über das Altern der Blätter und die Möglichkeit ihrer Wiederverjüngung. Naturwissensch. 47, 337-351.
- 1961 Der Beitrag der Kinetinforschung zum Verständnis pflanzlicher Korrelationen. Ber. dtsh. Bot. Gesellsch. 74, 24-42.
- MOTHES, K. UND L. ENGELBRECHT 1956 Über den Stickstoffumsatz in Blattstecklingen. Flora 143, 428-472.
- MOTHES, K. UND W. BAUDISCH 1958 Untersuchungen über die Reversibilität der Ausbleichung grüner Blätter. Flora 146, 521-531.
- MULDER, E. G. 1954 Effect of mineral nutrition on lodging of cereals. Plant and Soil 5, 246-306.
- OSBORNE, D. J. 1962 Effect of kinetin on protein and nucleic acid metabolism in Xanthium leaves during senescence. Plant Physiol. 37, 595-602.
- PAECH, K. 1940 Ursache und Verlauf des Alterns bei Pflanzen. Z.f. Altersforschung 2, 183-205.
- PAXINOS, S. A. 1933 Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus ständig sich erneuernder Nährlösung und Vorratsdüngung. Z.f. Pflanzenern. Düngg., Bodenkunde 28, 1-36.
- PEARSALL, W. H. AND M. C. BILLIMORIA 1937 Losses of nitrogen from green plants. Biochem. J. 31, 1743-1750.
- PAAUW, F. VAN DER 1962 Effect of winter rainfall on the amount of nitrogen available to crops. Plant and Soil 16, 361-380.
- 1962 Periodic fluctuations of soil fertility, crop yields and of responses to fertilization effected by alternating periods of low or high rainfall. Plant and Soil 17, 155-182.

- PETRIE, A. H. K. 1937 Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. 3. The effect of nitrogen supply on the drifting composition of the leaves. *Austr. J. Exp. Biol. Medic. Sci.* 15, 385-404.
- PETRIE, A. H. K., RUTH WATSON, 1939 Physiological ontogeny in the tobacco plant. 1. The drifts AND E. DOROTHY WARD in dry weight and leaf area in relation to phosphorus supply and topping. *Austr. J. Exp. Biol. Medic. Sci.* 17, 93-122.
- PLANK, J. E. VAN DER 1936 The estimation of sugars in the leaf of the mangold. *Biochem. J.* 30, 457-000.
- PORTER, H. K., N. PAL AND 1950 Physiological studies in plant nutrition. XV. Assimilation R. V. MARTIN of carbon by the ear of barley and its relation to the accumulation of dry matter in the grain. *Ann. Bot. N.S.* 14, 55-68.
- PRIMOST, E. 1952 Einjährige Feldversuche mit hohen geteilten Stickstoffgaben zu Winterweizen und Kartoffeln. *Die Bodenkultur* 6, 61-83.
- 1956 Über den Einfluss hoher Stickstoffgaben auf die Qualität verschiedener Winterweizensorten. *Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde* 74, 42-59.
- 1958a Die Bedeutung der morphologischen Ertragsanalyse für die Auswertung von Düngungsversuchen. *Z.f. Pflanzenern. Düngg., Bodenkunde* 82, 1-10.
- 1958b Der Einfluss steigender Stickstoffgaben auf den Ertragsaufbau von Winterweizen. *Z.f. Acker- u. Pflanzenbau* 107, 99-120.
- 1958c Der Einfluss steigender Stickstoffgaben auf den Ertragsaufbau von Roggen. *Z.f. Acker- u. Pflanzenbau* 107, 180-194.
- 1960 Die Wirkung steigender Stickstoffgaben auf die Backqualität von Weizen. *Qual. Plant. Mat. Veg.* VI, 355-365.
- 1961 Die Nährstoffaufnahme von Weizen und Roggen während der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. *Die Bodenkultur, Ausg. A, Biol.-Techn. Teil* 12, 123-163.
- RICHMOND, A. E. AND A. LANG 1957 Effect of kinetin on protein content and survival of detached *Xanthium* leaves. *Science* 125, 650-651.
- RINNO, G. 1960 Der Einfluss der Witterung auf den Haferertrag in Gefässen. *Albr. Thaer Arch.* 4, 469-478.
- RIPPEL, A. 1927 Über den Zusammenhang zwischen dem Aufnahmeverlauf der Bodennährstoffe bei höheren Pflanzen und der Beweglichkeit dieser Stoffe in der Pflanze. *Biochem. Z.* 187, 272-282.
- RIPPEL, A. UND O. LUDWIG 1926 Untersuchungen über physiologische Gleichgewichtszustände bei Pflanzen. I. Verlauf der Trockengewichtserzeugung und Stickstoffaufnahme bei *Helianthus annuus* L. unter verschiedener Höhe der Stickstoffversorgung. *Biochem. Z.* 177, 318-334.
- ROBERTSON, R. N. 1951 Mechanism of absorption and transport of inorganic ions in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 2, 1-24.
- ROON, E. VAN 1959 De toepassing van gedeelde stikstofgiften bij enkele zaadgewassen. *Public. no. 6, Proefsta. Akker- en Weideb. Wageningen.*
- ROVIRA, A. D. 1962 Plant-root exudates in relation to the rhizosphere microflora. *Soils and Fertilizers* 25, 167-172.
- RUINEN, J. 1964 Nitrogen fixation by the phyllosfere. *Plant and Soil.* to be submitted.

- RUSSELL, R. S. AND D. A. BARBER 1960 The relationship between transpiration and the absorption of water by intact plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* *11*, 127-140.
- RUSSELL, R. S. AND V. M. SHORROCKS 1959 The relationship between transpiration and the absorption of inorganic ions by intact plants. *J. exptl. Bot.* *10*, 301-316.
- SANDE BAKHUYZEN, H. L. VAN DE 1937 Studies on wheat grown under constant conditions. A monograph on growth. Food Res. Inst. Stanford Univ. Calif., Miscell. Publ. 8.
- SCHUFFELEN, A. C., J. J. LEHR AND M. ROSANOW 1952 The technique of pot experiments. *Trans. Intern. Soc. Soil Sci.* vol. II.
- SCHROPP, W. 1951 *Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs u. Untersuchungsmethodik.* Band VIII, Der Vegetationsversuch.
- SELKE, W. 1938 Neue Möglichkeiten einer verstärkten Stickstoffdüngung zu Getreide. *Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde* *9/10*, 506-535.
- SNELL, F. D. AND C. T. SNELL 1949 *Colorimetric methods of Analysis.* Vol. II, D. van Nostrand Company Inc. New York.
- SMIRNOW, A. I. 1928 Über die biochemischen Eigentümlichkeiten des Alterns der Laubblätter. *Planta* *6*, 687-766.
- STARKEY, R. L. 1958 Interrelationships between microorganisms and plant roots in the rhizosphere. *Bacteriol. Reviews* *22*, 154-176.
- TAVENIER, R. 1960 Het uiteindelijk producerend vermogen van gronden. Voordr. Ned. Bodenk. Ver. gebundeld in "Bodem en maatschappij".
- THORNE, GILLIAN, N. 1959 Photosynthesis of lamina and sheath of barley leaves. *Ann. Bot. N.S.* *23*, 365-370.
- 1962a Survival of tillers and distribution of dry matter between ear and shoot of barley varieties. *Ann. Bot. N.S.* *26*, 37-54.
- 1962b Effect of applying nitrogen to cereals in the spring or at ear emergence. *J. Agric. Sci.* *58*, 89-96.
- 1963a Varietal differences in photosynthesis of ears and leaves of barley. *Ann. Bot. N.S.* *27*, 155-174.
- 1963b Distribution of dry matter between ear and shoot of Plumage Archer and Proctor barley grown in the field. *Ann. Bot. N.S.* *27*, 245-252.
- THORNE, GILLIAN N. AND D. J. WATSON 1955 The effect on yield and leaf area of wheat of applying N as a top dressing in April or in sprays at ear emergence. *J. Agric. Sci.* *46*, 449-456.
- UNGERER, E. 1934 Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus durchfließender und stehender Nährlösung dargestellt an Mais und Senf. *Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde* *36*, 15-26.
- 1935 Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus durchfließender und stehender Nährlösung. *Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde* *39*, 15-28.
- VERVELDE, G. J. 1961 *Algemene Plantenteelt.* J. B. Wolters, Groningen.
- VICKERY, H. B., G. W. PUCHER, R. SCHOENHEIMER AND D. RITTENBERG 1940 The assimilation of ammonia nitrogen by the tobacco plant: a preliminary study with isotopic nitrogen. *J. biol. Chem.* *135*, 531-539.
- WAGNER, H. 1932 Wachstumsverlauf verschiedener Getreidearten ins besondere von Hafer. *Z.f. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde* *25*, 48-102.
- WAITE, R. AND A. R. N. GORRÓD 1959 The comprehensive analysis of grasses. *J. Sci. Food Agric.* *10*, 317-326.
- WALKLEY, J. AND A. H. K. PETRIE 1941 Studies on the nitrogen metabolism of plants. IV. On the changing nature of the relation between proteins and amino acids. *Ann. Bot. N.S.* *5*, 661-672.

- WATSON, D. J. 1936 The effect of applying a nitrogenous fertilizer to wheat at different stages of growth. *J. Agric. Sci.* 26, 391-414.
- 1939 Field experiments on the effect of applying a nitrogenous fertilizer to wheat at different stages of growth. *J. Agric. Sci.* 29, 379-398.
- 1952 The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agronomy* 4, 101-145.
- WATSON, D. J. AND A. G. NORMAN 1939 Photosynthesis in the ear of barley and the movement of nitrogen into the ear. *J. Agric. Sci.* 29, 321-346.
- WATSON, D. J., GILLIAN N. THORNE AND S. A. W. FRENCH 1958 Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Ann. Bot. N.S.* 22, 321-352.
- 1963 Analysis of growth and yield of winter and spring wheats. *Ann. Bot. N.S.* 27, 1-22.
- WATSON, R. AND A. H. K. PETRIE 1940 Physiological ontogeny in the tobacco plant. 4. The drift in nitrogen content of the parts in relation to phosphorus supply and topping with an analysis of the determination of ontogenetic changes. *Austr. J. Exp. Biol. Medic. Sci.* 18, 313-340.
- WEBSTER, G. C. 1958 Nitrogen metabolism in plants. Row, Peterson and Cy.
- WILLIAMS, R. F. 1955 Redistribution of mineral elements during development. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 6, 25-42.
- WOLDENDORP, J. W. 1963 The influence of living plants on denitrification. *Mededel. Landb. Hogesch. Wageningen* 63, 1-100.
- WOLLGIEHN, R. 1961 Untersuchungen über den Einfluss des Kinetins auf den Nucleinsäure- und Proteinstoffwechsel isolierter Blätter. *Flora* 151, 411-437.
- YEMM, E. W. AND B. F. FOLKES 1958 The metabolism of amino acids and proteins in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 9, 245-280.

BIJLAGEN/*APPENDICES*

Bijlage I. Het waterverbruik en opneming van zouten van week tot week door haver uit voedingsoplossingen voor N: bijlage Ia

voor P₂O₅: bijlage Ib

voor K: bijlage Ic

Vanaf 18 juni werden de bloeiwijzen van de haver op de cilinders C en D regelmatig verwijderd

Appendix I. *Water use and salt uptake by oats from nutrient solutions weekly*

for N: *appendix Ia*

for P₂O₅: *appendix Ib*

for K: *appendix Ic*

From 18 June the inflorescences of the plants on cylinders C en D were constantly removed

Bijlage Ia/Appendix Ia

Proefperiode <i>Experimental period</i>	Waterverbruik <i>Water use</i>				Beginconcentratie <i>Initial concentration</i> mg/liter	Eindconcentratie <i>Final concentration</i> mg/liter			
	A	B	C	D		A	B	C	D
17 —24/5	680	600	580	590	107	52 78	50 82	52 82	49 ¹ 82 ²
24 —31/5	970	1020	830	1310	107	24 68	19 68	23 74	25 58
31/5 — 7/6	1970	1850	1780	1890	122	22 49	17 52	11 54	17 51
7 —14/6	2560	—	2000	2340	107	1,3 33	—	0,2 43	1,8 38
14 —21/6	2320	2090	1860	2320		0	0	0	0
21 —28/6	4000	3570	3150	3710		0	0	0	0
28/6 — 5/7	3500	3240	2250	2760		0	0	0	0
5 —12/7	5220	4680	3230	3880		0	0	0	0
12 —19/7	—	3540	2950	3180		0	0	0	0
19 —26/7	4210	3520	3130	3900		0	0	0	0
26/7 — 2/8	4000	3530	3480	4190		0	0	0	0
2 — 9/8	3290	3220	3610	4180		0	0	0	0
9 —16/8	2270	2125	2680	3110		0	0	0	0
16 —23/8	2000	1800	2280	2660		0	0	0	0
23 —30/8	2500	2080	2830	3210		0	0	0	0
30/8 — 6/9	2200	1240	—	2460		0	0	0	0
6/9 —13/9	1780	770	2000	2180	90	0 40	25,8 62	12,3 36	0 33
13 —20/9	2030	790	2160	2360	92	0 37	44 64	26 34	0 31
20 —27/9	1910	640	2150	2290	93	0,2 39,2	51,3 71	20,2 34	3,1 32
	B	A	D	C		B	A	D	C
27/9 — 4/10	420	1150	1130	1130	89	36,1 74	25,9 52	37,3 54	49,8 54
4/10—11/10	210	700	470	640	86	71,1 78	51,1 63	67,0 68	66,3 66

¹ Gemeten (romein) / *measured (roman)*

² Berekend voor passieve opneming (cursief) / *calculated for passive uptake (italics)*

Bijlage Ib/Appendix Ib

Proefperiode <i>Experimental period</i>	Waterverbruik <i>Water use</i>				Begin- concentratie <i>Initial concentration</i> mg/liter	Eindconcentratie <i>Final concentration</i> mg/liter			
	A	B	C	D		A	B	C	D
17 —24/5	680	600	580	590	34,6	11,6	15,6	10,0	10,8 ¹
24 —31/5	970	1020	830	1310	34,6	25,3	26,5	26,5	26,5 ²
						1,7	3,9	2,4	4,2
						22,0	22,0	24,0	19,2
31/5 — 7/6	1970	1850	1780	1890	34,7	1,0	0,7	1,4	1,0
7 —14/6	1560	—	2000	2340		10,4	14,6	15,4	14,6
14 —21/6	2320	2090	1860	2320		0	0	0	0
21 —28/6	4000	3570	3150	3710		0	0	0	0
28/6 —5/7	3500	3240	2250	2760		0	0	0	0
5 —12/7	5220	4680	3230	3880		0	0	0	0
12 —19/7	—	3540	2950	3180		0	0	0	0
19 —26/7	4210	3520	3130	3900		0	0	0	0
26/7 —2/8	4000	3530	3480	4190		0	0	0	0
2 —9/8	3290	3220	3610	4180		0	0	0	0
9 —16/8	2270	2125	2680	3110	22,4	0	3	5	0
16 —23/8	2000	1800	2280	2660	35,2	7,8	8,6	6,6	5,5
						7,9	9,5	6,8	4,0
23 —30/8	2500	2080	2830	3210	34	14,1	15,6	12,8	10,3
						10,0	20,7	6,4	3,0
						10,9	13,0	9,5	7,9
30/8 —6/9	2200	1240	—	2460	32,4	11,5	15,0	—	4,8
6 —13/9	1780	770	2000	2180	34,8	11,9	18,8	—	10,2
						14,4	18,8	8,8	8,4
13 —20/9	2030	790	2160	2360	32,2	15,4	24,2	14,0	12,8
						14,8	19,9	7,9	7,6
20 —27/9	1910	640	2150	2290	34,3	13,0	22,4	11,7	10,8
						15,0	20,8	13,6	10,6
						14,4	26,1	12,6	12,0
	B	A	D	C		B	A	D	C
27/9 —4/10	420	1150	1130	1130	31,4	14,4	12,7	17,8	21,6
4/10—11/10	210	700	470	640	34,4	26,2	18,2	19,0	19,0
						22,4	14,4	26,2	25,4
						31,3	25,0	27,3	26,1

1,2 Zie Bijlage Ia / see Appendix Ia

Bijlage Ic/Appendix Ic

Proefperiode <i>Experimental period</i>	Waternverbruik <i>Water use</i>				Begin- concentratie <i>Initial concentration</i> mg/liter	Eindconcentratie <i>Final concentration</i> mg/liter			
	A	B	C	D		A	B	C	D
17 —24/5	680	600	580	590	114	50 83	52 87	45 87	42 ¹ 87 ²
24 —31/5	970	1020	830	1310	114	20 72	25 72	26 78	28 63
31/5 —7/6	1970	1850	1780	1890	108	0 44	0 46	0 48	0 46
7 —14/6	2560	—	2000	2340	114	0	0	0	0
14 —21/6	2320	2090	1860	2320		0	0	0	0
21 —28/6	4000	3570	3150	3710		0	0	0	0
28/6 —5/7	3500	3240	2250	2760		0	0	0	0
5 —12/7	5220	4680	3230	3880		0	0	0	0
12 —19/7	—	3540	2950	3180	105	—	0,6	0,6	0
19 —26/7	4210	3520	3130	3900	112	—	21	27	25
26/7 —2/8	4000	3530	3480	4190	104	5,2 17	27,6 21,6	1,0 22	0 15
2 —9/8	3290	3220	3610	4180	103	25 23	38 24	11 20	7 15
9 —16/8	2270	2125	2680	3110	107	58 38	66 41	33 31	18 26
16 —23/8	2000	1800	2280	2660	116	82,5 47	82,5 51	37 42	28 34
23 —30/8	2500	2080	2830	3210	111	72 36	92 48	51 31	30 26
30/8 —6/9	2200	1240	—	2460	112	73 42	86 65	—	45 36
6/9 —13/9	1780	770	2000	2180	106	76 47	84 74	64 43	64 39
13 —20/9	2030	790	2160	2360	107	71 43	81 73	66 39	62 36
20 —27/9	1910	640	2150	2290	112	58 47	84 85	84 41	68 39
27/9 —4/10	B 420	A 1150	D 1130	C 1130	109	72 91	55 63	98 66	97 66
4 —11/10	210	700	470	640	107	84 97	70 78	94 85	84 82

^{1,2} Zie Bijlage Ia / see Appendix Ia

Bijlage IIa. Watercultuur haver 1958. Oogstanalyse en stikstofverdeling op 29 juli.

Appendix IIa. Waterculture oats 1958. Yield analysis and nitrogen distribution on 29 July

	D.S. D.M. g/pot	% N	%N-15 overmaat excess	tot. N mg/pot	tot. N-15 mg/pot
POT 1					
blad 1/leaf 1	2,27	2,75	0,73	62,43	0,456
blad 2/leaf 2	1,86	2,36	1,00	43,90	0,439
blad 3/leaf 3	1,35	1,87	1,52	25,25	0,384
oudere bladeren/elder leaves	1,35	1,07	2,00	14,39	0,288
zijspuiten/veget. tillers	1,58	2,32	0,73	36,58	0,267
stengels/stems	4,01	1,32	0,59	52,93	0,312
korrel/grain	2,35	1,72	0,75	40,42	0,303
kaf/chaff	1,48	2,44	0,72	36,12	0,260
totaal/total	16,25	—	—	312,02	2,709
POT 2					
blad 1/leaf 1	3,50	2,29	0,79	80,15	0,633
blad 2/leaf 2	2,19	2,40	0,68	52,56	0,357
blad 3/leaf 3	1,28	1,92	0,55	24,58	0,135
oudere bladeren/elder leaves	0,85	1,45	0,33	12,29	0,041
zijspuiten/veget. tillers	3,05	2,48	0,41	75,65	0,310
stengels/stems	4,43	1,15	0,54	50,95	0,275
korrel/grain	2,95	1,85	0,71	54,43	0,386
kaf/chaff	1,66	2,00	0,72	33,20	0,239
totaal/total	19,91	—	—	383,81	2,376
POT 3					
blad 1/leaf 1	2,94	2,63	1,01	77,33	0,781
blad 2/leaf 2	2,15	2,60	0,68	55,80	0,379
blad 3/leaf 3	1,14	2,14	0,47	24,34	0,114
oudere bladeren/elder leaves	0,83	1,76	0,42	14,57	0,061
zijspuiten/veget. tillers	1,81	2,56	0,66	46,33	0,306
stengels/stems	3,92	1,30	0,98	50,96	0,499
korrel/grain	2,49	1,85	0,98	46,07	0,451
kaf/chaff	1,38	2,35	0,74	32,36	0,239
totaal/total	16,66	—	—	347,76	2,830
POT 4					
blad 1/leaf 1	3,43	2,66	0,65	91,07	0,592
blad 2/leaf 2	2,55	2,42	0,48	61,59	0,296
blad 3/leaf 3	1,47	1,96	0,51	28,82	0,147
oudere bladeren/elder leaves	1,15	1,55	0,39	17,83	0,070
zijspuiten/veget. tillers	0,67	2,54	0,86	16,99	0,146
stengels/stems	4,78	1,13	0,61	54,01	0,329
korrel/grain	3,23	1,76	0,67	56,58	0,379
kaf/chaff	1,61	2,41	0,97	38,72	0,376
totaal/total	18,89	—	—	365,61	2,335
POT 5					
blad 1/leaf 1	2,94	2,81	0,42	82,61	0,347
blad 2/leaf 2	2,11	2,38	0,52	50,31	0,262
blad 3/leaf 3	1,25	1,77	0,44	22,07	0,097
oudere bladeren/elder leaves	1,18	1,62	0,23	19,06	0,043
zijspuiten/veget. tillers	—	—	—	—	—
stengels/stems	5,05	1,16	0,92	58,58	0,539
korrel/grain	3,46	1,68	0,39	57,96	0,226
kaf/chaff	1,67	2,42	0,42	40,33	0,169
totaal/total	17,66	—	—	330,92	1,683

Bijlage IIb. Watercultuur haver 1958. Oogstanalyse en stikstofverdeling op 28 augustus

Appendix IIb. Waterculture oats 1958. Yield analysis and nitrogen distribution on 28 August

	D.S. D.M. g/pot	% N	%N-15 overmaat excess	tot. N mg/pot	tot. N-15 mg/pot
POT 1					
blad 1/leaf 1	2,64	1,58	0,73	41,71	0,304
blad 2/leaf 2	2,35	1,54	0,92	36,08	0,331
blad 3/leaf 3	1,69	1,42	1,14	24,00	0,273
oudere bladeren/elder leaves	1,34	1,29	1,58	17,29	0,273
zijspruiten/veget. tillers	—	—	—	—	—
stengels/stems	6,91	0,60	0,64	41,11	0,263
korrel/grain	9,24	2,15	0,70	198,16	1,388
kaf/chaff	1,90	1,82	0,72	34,50	0,248
totaal/total	26,07	—	—	392,85	3,080
POT 2					
blad 1/leaf 1	3,55	1,41	0,57	49,88	0,284
blad 2/leaf 2	2,02	1,51	0,52	30,50	0,159
blad 3/leaf 3	1,12	1,34	0,44	15,00	0,066
oudere bladeren/elder leaves	0,94	1,54	0,33	14,48	0,048
zijspruiten/veget. tillers	0,25	1,43	0,52	3,58	0,019
stengels/stems	6,63	0,53	0,47	34,81	0,168
korrel/grain	10,66	2,09	0,53	217,25	1,151
kaf/chaff	2,05	1,63	0,55	33,50	0,186
totaal/total	27,22	—	—	399,00	2,081
POT 3					
blad 1/leaf 1	3,68	1,48	0,88	54,46	0,479
blad 2/leaf 2	2,17	1,41	0,72	35,60	0,256
blad 3/leaf 3	1,66	1,41	0,50	23,33	0,116
oudere bladeren/elder leaves	1,10	1,59	0,46	17,44	0,080
zijspruiten/veget. tillers	0,72	1,64	0,65	11,81	0,077
stengels/stems	6,74	0,69	0,69	46,51	0,327
korrel/grain	8,54	2,38	0,78	203,25	1,585
kaf/chaff	2,04	1,97	0,84	40,10	0,336
totaal/total	26,65	—	—	432,50	3,256
POT 4					
blad 1/leaf 1	3,58	1,35	0,72	48,33	0,348
blad 2/leaf 2	2,30	1,36	0,52	31,33	0,157
blad 3/leaf 3	1,30	1,26	0,42	16,32	0,069
oudere bladeren/elder leaves	0,87	1,41	0,33	12,23	0,040
zijspruiten/veget. tillers	0,55	1,51	0,86	8,31	0,072
stengels/stems	6,90	0,58	0,93	39,68	0,369
korrel/grain	10,40	2,06	0,69	214,24	1,480
kaf/chaff	2,06	1,61	0,63	33,17	0,209
totaal/total	27,96	—	—	403,61	2,744
POT 5					
blad 1/leaf 1	3,56	1,62	0,70	57,67	0,404
blad 2/leaf 2	2,34	1,53	0,57	35,82	0,204
blad 3/leaf 3	1,34	1,46	0,46	19,50	0,090
oudere bladeren/elder leaves	1,36	1,62	0,23	22,03	0,050
zijspruiten/veget. tillers	0,30	1,45	0,69	4,35	0,030
stengels/stems	5,99	0,65	1,07	39,24	0,402
korrel/grain	8,72	2,12	0,71	184,43	1,310
kaf/chaff	2,15	1,47	0,66	31,50	0,204
totaal/total	25,76	—	—	394,54	2,694

Bijlage IIIa. Watercultuur haver 1958. Verdeling van de gemerkte stikstof over de verschillende delen van de haverplant in verband met het tijdstip van toediening (oogstdatum 29 juli)

Appendix IIIa. Water culture oats 1958. Distribution of labelled nitrogen between different parts of the oat plant as related to time of application (harvested on 29 July)

	tot. N mg/pot	gemerkte N labelled N		niet-uitwisselbare N non-exchangeable N
		mg/pot	percentage	mg/pot
POT 1				
blad 1/leaf 1 ¹	62,4	9,3	14,9	-10 ²
blad 2/leaf 2	43,9	9,0	20,5	+ 7
blad 3/leaf 3	25,3	7,8	31,0	+19
oudere bladeren/elder leaves	14,4	5,9	40,9	+19
zijspruiten/veget. tillers	36,6	5,5	14,9	- 6
stengels/stems	52,9	6,4	12,0	-17
korrel/grain	40,4	6,2	15,3	- 6
kaf/chaff	36,1	5,3	14,7	- 6
totaal/total	312,0	55,4	17,8	
POT 2				
blad 1/leaf 1	80,2	12,9	16,1	+22
blad 2/leaf 2	52,5	7,3	13,9	+ 5
blad 3/leaf 3	24,6	2,8	11,2	- 3
oudere bladeren/elder leaves	12,3	0,8	6,8	- 5
zijspruiten/veget. tillers	75,6	6,3	8,4	-26
stengels/stems	51,0	5,6	11,0	- 6
korrel/grain	54,5	7,9	14,5	+ 8
kaf/chaff	33,2	4,9	14,7	+ 5
totaal/total	383,8	48,5	12,7	
POT 3				
blad 1/leaf 1	77,3	16,0	20,7	+19
blad 2/leaf 2	55,8	7,8	13,9	-10
blad 3/leaf 3	24,3	2,3	9,6	-10
oudere bladeren/elder leaves	14,6	1,2	8,6	- 7
zijspruiten/veget. tillers	46,3	6,3	13,5	- 9
stengels/stems	51,0	10,2	20,0	+11
korrel/grain	46,1	9,2	20,0	+ 9
kaf/chaff	32,4	4,9	15,1	- 3
totaal/total	347,8	57,9	16,6	
POT 4				
blad 1/leaf 1	91,1	12,1	13,3	+ 2
blad 2/leaf 2	61,6	6,0	9,8	-15
blad 3/leaf 3	28,8	3,0	10,4	- 5
oudere bladeren/elder leaves	17,8	1,4	8,0	- 7
zijspruiten/veget. tillers	17,0	3,0	17,6	+ 6
stengels/stems	54,0	6,7	12,5	- 3
korrel/grain	56,6	7,8	13,7	+ 3
kaf/chaff	38,7	7,7	19,8	+20
totaal/total	365,6	47,7	13,1	
POT 5				
blad 1/leaf 1	82,6	7,1	8,6	-14
blad 2/leaf 2	50,3	5,4	10,7	+ 1
blad 3/leaf 3	22,1	2,0	9,0	- 3
oudere bladeren/elder leaves	19,0	0,9	4,6	-11
zijspruiten/veget. tillers	—	—	—	—
stengels/stems	58,6	11,0	18,8	+48
korrel/grain	58,0	4,6	4,0	-13
kaf/chaff	40,3	3,4	8,6	- 7
totaal/total	330,9	34,4	10,4	

¹ blad 1: jongste blad / leaf 1: flag leaf

² (+) surplus, (-) deficit van gemerkte N / (+) surplus, (-) deficit of labelled N

Bijlage IIIb. Watercultuur haver 1958. Verdeling van de gemerkte stikstof over de verschillende delen van de haverplant in verband met het tijdstip van toediening (oogstdatum 28 augustus)

Appendix IIIb. Waterculture oats 1958. Distribution of labelled nitrogen between different parts of the oat plant as related to time of application (harvested on 28 August)

	tot. N mg/pot	gemerkte N labelled N mg/pot	percentage	niet-uitwisselbare N non-exchangeable N mg/pot
POT 1				
blad 1/leaf 1 ¹	41,7	6,2	14,9	— 3 ²
blad 2/leaf 2	36,1	6,8	18,8	+ 6
blad 3/leaf 3	24,0	5,6	23,3	+11
oudere bladeren/elder leaves	17,3	5,6	32,8	+17
zijspruiten/veget. tillers	—	—	—	—
stengels/stems	41,1	5,4	13,1	— 8
korrel/grain	198,2	28,4	14,3	—21
kaf/chaff	34,5	5,0	14,7	— 3
totaal/total	392,9	63,0	16,0	
POT 2				
blad 1/leaf 1	49,9	5,8	11,7	+ 4
blad 2/leaf 2	30,5	3,3	10,7	0
blad 3/leaf 3	15,0	1,4	9,0	— 3
oudere bladeren/elder leaves	14,5	1,0	6,8	— 5
zijspruiten/veget. tillers	3,6	0,4	10,9	0
stengels/stems	34,8	3,4	9,9	— 3
korrel/grain	217,3	23,5	10,8	+ 1
kaf/chaff	33,5	3,8	11,3	+ 2
totaal/total	399,1	42,6	10,7	
POT 3				
blad 1/leaf 1	54,5	9,8	18,0	+ 9
blad 2/leaf 2	35,6	5,2	14,7	— 2
blad 3/leaf 3	23,3	2,4	10,2	— 8
oudere bladeren/elder leaves	17,4	1,6	9,4	— 7
zijspruiten/veget. tillers	11,8	1,6	13,3	— 1
stengels/stems	46,5	6,7	14,4	— 3
korrel/grain	203,3	32,4	15,9	+ 8
kaf/chaff	40,1	6,9	17,1	+ 4
totaal/total	432,5	66,6	15,4	
POT 4				
blad 1/leaf 1	48,3	7,1	14,7	+ 3
blad 2/leaf 2	31,3	3,2	10,3	— 8
blad 3/leaf 3	16,3	1,4	8,6	— 6
oudere bladeren/elder leaves	12,2	0,8	6,7	— 7
zijspruiten/veget. tillers	8,3	1,5	17,7	+ 2
stengels/stems	39,7	7,6	19,0	+15
korrel/grain	214,3	30,3	14,1	+ 4
kaf/chaff	33,2	4,2	12,9	— 3
totaal/total	403,6	56,1	13,9	
POT 5				
blad 1/leaf 1	57,7	8,3	14,3	+ 1
blad 2/leaf 2	35,8	4,2	11,6	— 6
blad 3/leaf 3	19,5	1,8	9,4	— 6
oudere bladeren/elder leaves	22,0	1,0	4,6	—15
zijspruiten/veget. tillers	4,4	0,6	14,0	0
stengels/stems	39,2	8,2	20,9	+19
korrel/grain	184,4	26,8	14,5	+ 8
kaf/chaff	31,5	4,2	13,2	— 2
totaal/total	394,5	55,1	14,0	

¹ blad 1: jongste blad / leaf 1: flag leaf

² (+) surplus, (—) deficit van gemerkte N / (+) surplus, (—) deficit of labelled N

Bijlage IV. Veldproef 1962. Het effect van toenemende hoeveelheden stikstof in het voorjaar en van late overbemesting op het totaal-N- en NO₃-gehalte van de verschillende plantendelen van zomertarwe (var. Peko) bij het tevoorschijn komen van de aar (VAN BURG, 1962)

Appendix IV. Field experiment 1962. The effect of increasing rates of nitrogen application in spring and of a topdressing on total-N and NO₃-content of different parts of spring wheat (var. Peko) at ear appearance (VAN BURG, 1962)

vroeg/early	kg N/ha	blad 1/leaf 1		blad 2/leaf 2		blad 3/leaf 3		blad 4/leaf 4		aren/ears		stengel/stalk	
		N	NO ₃	N	NO ₃	N	NO ₃	N	NO ₃	N	NO ₃	N	NO ₃
0	0	2,53	0,01	2,32	0,10	1,81	0,02	1,62	0,04	2,43	0,02	0,65	0,02
20	0	2,61	0,02	2,11	0,02	1,68	0,01	1,18	0,08	1,89	0,02	0,58	0,02
40	0	2,94	0,01	2,50	0,01	2,24	0,03	1,33	0,03	1,55	0,01	0,56	0,02
60	0	3,15	0,01	2,98	0,02	2,34	0,02	1,42	0,02	1,55	0,01	0,62	0,03
80	0	3,17	0,02	3,07	0,03	2,98	0,10	1,63	0,08	1,57	0,01	0,71	0,04
100	0	3,55	0,01	3,73	0,03	3,14	0,07	2,03	0,16	1,60	0,03	0,84	0,06
120	0	4,05	0,01	3,98	0,04	3,20	0,12	2,14	0,27	1,68	0,02	0,68	0,15
140	0	4,43	0,02	4,39	0,06	3,50	0,30	2,24	0,61	1,76	0,02	1,09	0,16
160	0	4,40	0,02	4,58	0,10	3,74	0,35	2,75	0,94	1,74	0,02	1,22	0,33
180	0	4,69	0,02	4,18	0,15	3,90	0,64	2,67	1,46	1,71	0,02	1,26	0,47
200	0	4,45	0,02	4,71	0,22	4,02	0,85	2,80	2,12	2,38	0,02	1,31	0,60
0	40	3,23	0,01	3,01	0,12	2,64	0,09	1,79	0,20	2,35	0,03	0,80	0,10
20	40	2,94	0,02	2,34	0,10	2,13	0,07	1,63	0,09	1,78	0,01	0,69	0,09
40	40	3,36	0,01	3,20	0,07	2,43	0,09	1,76	0,12	1,54	0,01	0,72	0,11
60	40	3,44	0,01	3,09	0,07	2,59	0,10	1,92	0,06	1,49	0,02	0,76	0,11
80	40	3,54	0,01	3,47	0,06	2,80	0,10	1,85	0,08	1,57	0,02	0,83	0,10
100	40	3,70	0,01	3,75	0,07	3,10	0,10	2,00	0,17	1,55	0,00	0,84	0,11
120	40	4,24	0,01	3,89	0,09	3,42	0,22	2,42	0,43	1,63	0,02	1,02	0,17
140	40	4,22	0,02	4,43	0,20	3,79	0,67	2,62	0,94	1,57	0,02	1,26	0,48
160	40	4,35	0,02	4,19	0,15	3,65	0,52	2,27	0,78	1,81	0,01	1,25	0,37