

J. H. G. Slangen

*Afdeling Landbouwscheikunde, Landbouwhogeschool,
Wageningen*

Intermitterende voeding bij tarwe

With a summary
Intermittent nutrition in wheat



1971 *Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie*

Wageningen

2062929

Abstract

SLANGEN, J. H. G. (1971) *Intermitterende voeding bij tarwe (Intermittent nutrition in wheat)*. Versl. landbouwk. Onderz. (Agric. Res. Repts) 765, pp. (viii) + 130, tables 31, figs 51. Eng. summary. ISBN 90 220 0365 5

Also: Doctoral thesis, Wageningen.

Intermittent nutrition for N and K was studied in water culture and in soil culture (pots) to imitate split application of fertilizers in field trials. Wheat plants were harvested at different stages of development and separated into their organs. Values on grain and straw yield, number of culms, grains per ear and grain weight are given for main shoots and tillers, together with data on uptake of nutrients and their (re)distribution within the plant.

ISBN 90 220 0365 5

De auteur promoveerde op 5 november 1971 aan de Landbouwhogeschool te Wageningen op een gelijkkluidend proefschrift tot doctor in de landbouwwetenschappen.

© Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1971.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced or published in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Proeftechniek	3
2.1 Watercultures	3
2.1.1 Technische uitvoering	3
2.1.2 Proefschema's	6
2.2 Grondcultures	8
2.2.1 Technische uitvoering	8
2.2.2 Proefschema grondculture 1967	9
3 Ontwikkeling van het gewas, monsternamen, voorbehandeling en chemische analyse van de gewasmonsters	10
3.1 Inleiding	10
3.2 Ontwikkeling van het gewas	10
3.3 De ontwikkeling van de aren (hitteschade)	10
3.4 Het nemen en voorbehandelen van gewasmonsters	11
3.5 Chemische analyse van het gewasmateriaal	12
4 Verdeling van droge stof en voedingsstoffen bij continue voeding in watercultures	14
4.1 Inleiding	14
4.2 Drogestofproductie van hoofd- en zijspruiten	14
4.3 Verdeling van droge stof over plantedelen	16
4.4 Afrijpen van graanplanten	18
5 Intermitterende voeding in het jeugd stadium (watercultures 1966, 1967)	19
5.1 Inleiding	19
5.2 Ontwikkeling en drogestofproductie	19
5.3 Opname van voedingsstoffen	24
5.3.1 Inleiding	24
5.3.2 Gehalten der voedingsstoffen in de hoofdspruit	25
5.3.3 Gehalten der voedingsstoffen in delen van hoofdspruit en in zij-spruiten	27
5.3.4 Verdeling van voedingsstoffen in de plant bij continue voeding	30
5.3.5 Stikstofopname versus droog en vers gewicht van tarweplanten	34

6	Intermitterende voeding gedurende uitstoeling en strekking (watercultures 1966, 1967)	36
6.1	Inleiding	36
6.2	Drogestofproduktie van hoofd- en zijspuiten	36
6.3	Opname en verdeling der voedingsstoffen	42
6.3.1	Stikstof	42
6.3.2	Andere voedingsstoffen	45
7	Intermitterende voeding tijdens de bloei	51
7.1	Inleiding	51
7.2	Drogestofproduktie van hoofd- en zijspuiten	51
7.3	Opname en verdeling van voedingsstoffen.	53
8	Intermitterende voeding gedurende de afrijping	59
8.1	Inleiding	59
8.2	Drogestofproduktie en verdeling der droge stof	59
8.3	Opname en verdeling der voedingsstoffen	60
9	Samenvatting watercultures	62
10	Invloed van gedeelde bemesting op de opbrengst (grondculture 1967)	69
10.1	Inleiding	69
10.2	Ontwikkeling en drogestofproduktie	70
10.2.1	Groei en ontwikkeling der proefplanten	71
10.2.2	Opbrengst-bepalende factoren	76
10.2.2.1	Halmgetal	76
10.2.2.2	Aantal korrels per aar	79
10.2.2.3	1000-korrel-gewicht	80
10.2.2.4	Korrel- en stro-opbrengsten	81
10.3	Samenvatting	83
11	Invloed van gedeelde bemesting op de voedingsstoffen (grondculture 1967)	85
11.1	Inleiding	85
11.2	Opname en verdeling der voedingsstoffen, N-serie	87
11.2.1	Eenmalige stikstofgiften	87
11.2.2	Gedeelde stikstofgiften	92
11.3	Opname en verdeling der voedingsstoffen, K-serie	103
11.3.1	Eenmalige kaliumgiften	103
11.3.2	Gedeelde kaliumgiften	105
12	Samenvatting grondcultures	110
13	Conclusies	115

1 Inleiding

De opname van voedingsstoffen door graanplanten werd al door Liebscher (1887) en Remy (1931) onderzocht. Later werden gegevens van pot- en veldproeven samengevat door Heukeshoven (1936) en voor veldproeven door Van Itallie (1937).

Hierbij blijkt dat in het algemeen de opname van voedingsstoffen gedurende het groeiseizoen vóórloopt op de drogestofproduktie. Gedurende de afrijping neemt de totale hoeveelheid voedingsstoffen in de plant meestal af terwijl ook in meer of mindere mate droge stof verloren kan gaan.

Het onderzoek over de distributie en herdistributie van droge stof en voedingsstoffen in de plant is in dezelfde periode als het voorgaande begonnen: Willfahrt & Römer (1906), Knowles & Watkin (1931), Ballard (1933), Ballard & Petrie (1936), Petrie (1937), Williams (1936, 1938, 1955), Van de Sande Backhuysen (1937), Van Os (1966) en Van Dobben (1962) (Lit. samenvattingen in Loehwing, 1942, 1953).

Hierbij wordt door Petrie (1937) de levenscyclus van een éénjarige plant, al dan niet zaaddragend, verdeeld in de jeugdfase, het stadium van de volwassen plant en het stadium van de veroudering (afrijping, afsterven). Tijdens de jeugdfase neemt het gewicht van de plant toe en treedt differentiatie op, terwijl tijdens de volwassenheid de ontwikkeling voltooid is, maar nog gewichtsvermeerdering plaats heeft door de vorming van droge stof, terwijl ook de opname van voedingsionen nog doorgaat (Dilz, 1964).

In de laatste fase sterven bepaalde organen van de plant (blad, stengel) af waarbij eiwitten worden afgebroken en een deel der assimilaten naar de generatieve delen of naar reserve-organen getransporteerd wordt. Ook een deel der voedings-ionen neemt aan dit transport deel of gaat al dan niet via de wortels terug naar het groeimilieu (Deleano et al., 1936; Knowles & Watkin, 1931; De Wit, 1963).

De distributie en herdistributie van droge stof en voedingsstoffen hangt samen met de levenscyclus van de plant en is deels genetisch vastgelegd. Variatie in concentraties van de voedings-ionen (Petrie, 1937; Williams, 1938), en het al of niet aanwezig zijn van een bloemgestel (Petrie et al., 1939), hebben echter ook een duidelijke invloed op de herdistributie der voedingsstoffen.

Bij mijn onderzoek was het uitgangspunt de verdeling en herverdeling van voedingsstoffen in graanplanten (tarwe en haver) onder invloed van intermitterende voeding, d.w.z. periodieke verhoging of verlaging van de concentratie der voedings-ionen stikstof en kalium.

Het onderzoek werd uitgevoerd met behulp van water- en grondcultures onder kasomstandigheden en kan als model worden beschouwd voor praktijksituaties zoals:

1. deling van mestgiften, waarbij eveneens de voedingstoestand van een bepaald ele-

ment na een daling door een extra gift verhoogd wordt;

2. de veranderingen van de concentraties der voedingselementen in het wortelmilieu onder invloed van beregening (of een periode van neerslag) gevolgd door drogere omstandigheden.

In deze studie werd alleen aandacht geschonken aan punt 1, terwijl gedurende het onderzoek het onderscheid waterculture versus grondculture van belang bleek.

2 Proeftechniek

2.1 Watercultures

2.1.1 Technische uitvoering

Voor het uitvoeren van experimenten, waarbij de toevoer van voedingsstoffen voor kortere of langere tijd onderbroken wordt, is de techniek van de waterculture de meest geëigende. Immers men kan in dat geval op elk gewenst moment de samenstelling van de voedingsoplossing wijzigen en op eenvoudige wijze de samenstelling van de oplossing binnen redelijke grenzen constant houden.

In de experimenten met haver in 1964 en met haver en tarwe in 1965 werd gebruik gemaakt van de opstelling zoals in fig. 1 aangegeven. Voor de proeven met tarwe in 1966 en 1967 werd de techniek gewijzigd zoals aangegeven in fig. 2.

De proeven in 1964 en 1965 waren oriënterend: de opzet, uitwerking en de gegevens ervan blijven buiten beschouwing.

De technische bezwaren van de uitvoering in 1964 en 1965 volgen uit fig. 1. De

Fig. 1. Proefopstelling voor watercultures met haver en tarwe in 1964 en 1965.

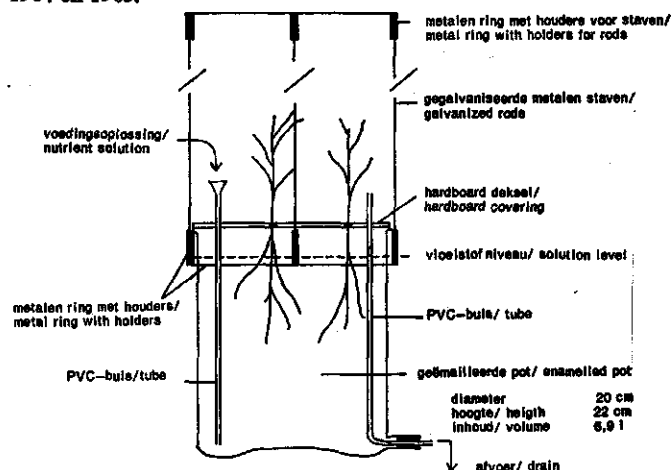


Fig. 1. Equipment for water cultures with oats and wheat in 1964 and 1965.

Fig. 2. Proefopstelling voor watercultures met tarwe in 1966 en 1967.

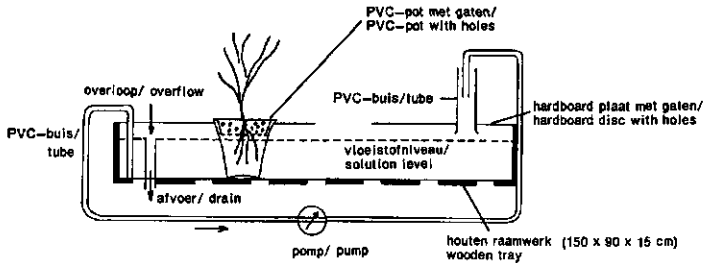


Fig. 2. Equipment for water cultures with wheat in 1966 and 1967.

ruimte in het 'plantgat' bleek te klein te zijn voor de sterk uitstoelende plant, terwijl de wortels die ontstaan op de eerste knoop van de stengel niet tot in de voedingsoplossing konden doordringen.

Bovendien bleek in beide proefjaren maar in het bijzonder bij tarwe in 1965 dat vlak na de bloei de wortels begonnen af te sterven en te verslijmen. Omdat dit verschijnsel zich niet meer voordeed bij de aëratietechniek (fig. 2) is aangenomen dat een tekort aan zuurstof de oorzaak was, ondanks de doorstromingsnelheid van 0,25–0,5 liter per uur dagelijks van 7.00–22.00 uur. Ook het steeds verplaatsen van de planten bij het wijzigen der oplossing moet als een bezwaar van deze techniek gezien worden.

De opstelling voor de proeven in 1966 en 1967 (fig. 2) bestaat uit een houten bak (150 × 90 × 15 cm) met latten waarop een hardboard bodemplaat ligt. Deze bak werd bekleed met plasticfolie (0,2 mm dik) en voorzien van een overloop om een bepaald vloeistofniveau te kunnen handhaven. De voedingsoplossing werd aan een kant uit de bak en aan de andere kant er weer in gepompt via een buis met spruitstuk zodat de oplossing intensief met de lucht in aanraking kwam. Hierdoor werd bereikt (Steiner, 1965) dat de oplossing in de bak, ook op afstand van de aanvoer, steeds met lucht verzadigd was en er geen wortels afstierven. Op de bak bevond zich een hardboard plaat met gaten voor de proefpotten. Deze proefpotten (maximaal 28 per bak en elk met 6 à 8 planten) van PVC-materiaal werden voorzien van gaten in de bodem en in de zijkant en werden afgedekt met een zeef met grind. In het vochtige grind werden de graankorrels te kiemen gelegd en bovendien diende het grind als standplaats voor de plant. De potten voorkwamen dat de wortels al te veel verward raakten met die van de omringende planten, terwijl de gaten in de potten doorstroming van de oplossing toelieten. Als steun voor de planten diende een raamwerk van latten waarbinnen met touw een net van vierkanten voor de planten van elke pot gespannen werd. Het geheel werd hoger gesteld naarmate de planten groter werden.

De voedingsoplossingen (samenstelling tabellen 1 en 2) werden één- en later tweemaal per week verversen en volgens de metingen (tabel 3) daalde de concentratie van geen der voedingselementen beneden 60% van de beginwaarde.

Tabel 1. De samenstelling van leidingwater¹ (meq/l) voor de experimenten in 1966 en 1967 / The composition of tap water (meq/l) for watercultures in 1966 and 1967.

1966				1967			
Ca	1,51	NO ₃	0,00	Ca	1,50	NO ₃	0,00
Mg	0,19	H ₂ PO ₄ ²	0,01	Mg	.	H ₂ PO ₄ ²	0,01
K	0,04	SO ₄	0,13	K	.	SO ₄	0,16
Na	0,20	Cl	0,13	Na	.	Cl	0,25
Fe	0,10			Fe	0,15		

1. Leidingwater was te verkiezen boven gedemineraliseerd water omdat Ca nodig is om de wortels intact te houden (Yoshida, 1964), de concentratie der andere voedingsstoffen laag zijn en het vormen van een voldoende voorraad gedemineraliseerd water duur en met de beschikbare apparatuur technisch moeilijk was.

2. Bedoeld wordt totaal fosfaat berekend als H₂PO₄⁻.

Tabel 2. De samenstelling van voedingsoplossingen (NPK, 0N en 0K) voor watercultures met tarwe in 1966 en 1967 / Composition of nutrient solutions (NPK, 0N and 0K) for water cultures with wheat in 1966 and in 1967.

NPK (meq/l)				0N (meq/l)				0K (meq/l)				NPK, 0N, 0K (mg/l)			
Ca	7	NO ₃	7	Ca	6	NO ₃	0	Ca	9	NO ₃	7	B	0,5	Mo	0,01
Mg	3	SO ₄	3	Mg	3	SO ₄	3	Mg	3	SO ₄	3	Mn	0,5	Fe	2,0
K	3	H ₂ PO ₄	1	K	3	H ₂ PO ₄	1	K	0	H ₂ PO ₄	1	Zn	0,05		
Na	1	Cl	3	Na	1	Cl	9	Na	1	Cl	2	Cu	0,02		

De oplossingen werden gemaakt in leidingwater (samenstelling tabel 1); door toevoegen van HCl (0,1 N) werd de pH verlaagd tot ongeveer 6,0 (zie tabel 3).

Tabel 3. Gehalten van voedingsstoffen (meq/l) en pH na (I) en voor (II) het verversen der voedingsoplossingen op verschillende tijdstippen in 1966 en 1967 / Concentration of nutrients (meq/l) and pH before (I) and after (II) renewal of the solutions at different times in 1966 en 1967.

Mei/Mai 1966			Juni/June 1966			Juli/July 1966			Mei/Mai 1967			Juli/July 1967		
I	II		I	II		I	II		I	II		I	II	
K	3,1	2,6	2,9	1,7		2,9	2,9		2,8	1,8		2,7	2,5	
NO ₃	7,1	6,5	7,0	5,9		6,8	5,3		6,0	4,6		6,0	5,7	
pH	6,3	6,7	.	.		.	.		6,0	7,0		6,1	6,5	

Fig. 3. Proefschema tarwe, watercultuur 1966.

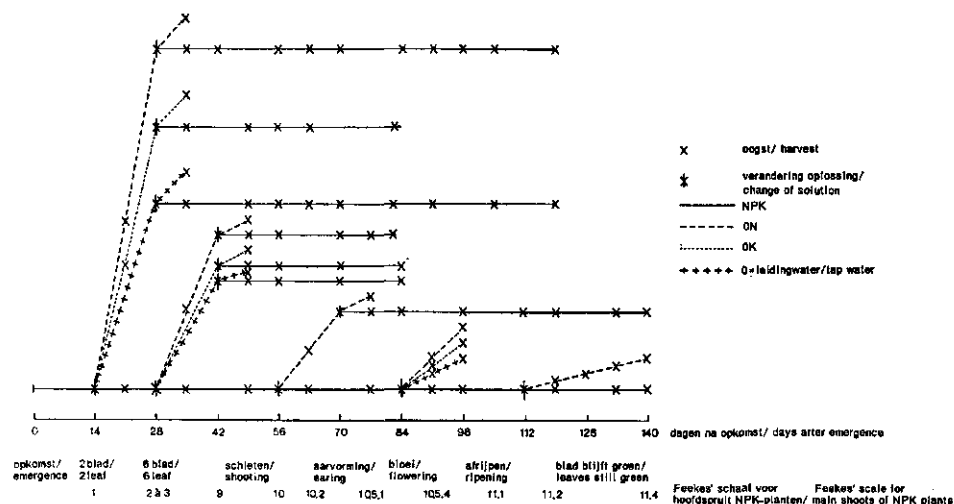


Fig. 3. Experimental lay out, wheat, water culture 1966.

Fig. 4. Proefschema tarwe, watercultuur 1967.

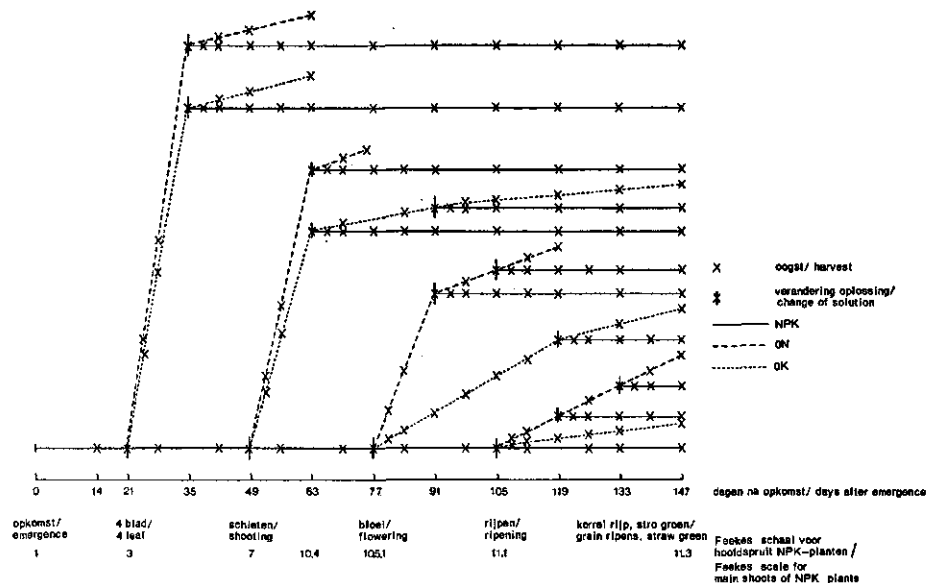


Fig. 4. Experimental lay out, wheat, water culture 1967.

2.1.2 Proefschema's

In de oriënterende proeven werden alleen de behandelingen met volledige voedings-oplossing (aangeduid als NPK) en die met leidingwater (aangeduid als 0) in de sche-

Fig. 5. Proefschema tarwe, zandcultuur 1966.

N-serie														
N 11	○	-	+	+	+	+	-	-	+	+	X	X	X	
N 12	○	-	+	-	-	-	-	-	+	+	X	X	X	
N 13	○	-	+	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	
N 21	○	+	-	-	+	+	+	-	-	+	X	X	X	
N 22	○	+	-	-	+	-	-	-	+	+	X	X	X	
N 23	○	+	-	-	+	-	-	-	-	-	X	X	X	
N 31	○	+	+	+	-	-	-	-	+	+	X	X	X	
N 32	○	+	+	+	-	-	-	-	+	-	X	X	X	
N 4	○	+	+	+	+	+	+	+	-	-	X	X	X	
N5K5	○	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X	X	X	
K-serie														
K 4	○	+	+	+	+	+	+	+	-	-	X	X	X	
K 32	○	+	+	+	-	-	-	-	+	-	X	X	X	
K 31	○	+	+	+	-	-	-	-	+	+	X	X	X	
K 23	○	+	-	-	+	-	-	-	-	-	X	X	X	
K 22	○	+	-	-	+	-	-	-	+	+	X	X	X	
K 21	○	+	-	-	+	+	+	-	-	+	X	X	X	
K 13	○	-	+	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	
K 12	○	-	+	-	-	-	-	-	+	+	X	X	X	
K 11	○	-	+	+	+	+	-	-	+	+	X	X	X	
		0	21	28	36	42	49	56	63	70	77	91	105	125
		dagen na zaai/ days after sowing												
zaai/ sowing	opkomst/ emergence	3b4 blad/ leaf	schieten/ shooting		aaryvorming/ earing		bloei/ flowering		rijpen/ ripening		Feekes' schaal voor hoofdspruit van object N5K5/ Feekes' scale for main shoots of treatment N5K5			
	1	2	6a7		8a9 10i		105i		11i		11.4			

- Tijdstip toedienen N- en K-basisoplossing voor het zaaien/time of application of N and K solution before sowing
 + Tijdstip toedienen N- of K-oplossing tevens oogsttijdstip/time of application N or K solution and also harvest time
 - Geen N- of K-oplossing toegediend/no N or K solution applied
 × Oogsttijdstip/harvest time

Fig. 5. Experimental lay out, wheat, sand culture 1966.

Tabel 4. Bemesting (mg/pot) voor tarwe gegeven bij het vullen der potten, zandcultuur 1966 / Dressings (mg/pot) for wheat given during filling of the pots, sand culture 1966.

N ¹ 105 als/as Ca(NO ₃) ₂ .xaq en/and KNO ₃	B 2,5 als H ₃ BO ₃	Cu 0,10 als/as CuSO ₄ .xaq
P 115 als/as NaH ₂ PO ₄ .xaq	Mn 2,5 als MnSO ₄ .xaq	Fe 2,00 als/as Fe-EDTA
K ² 78 als/as KNO ₃	Zn 0,25 als ZnSO ₄ .xaq	
Mg 240 als/as MgSO ₄ .xaq	Mo 0,05 als (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .xaq	

1. Op latere tijdstippen werd gegeven 105 mg N per pot als Ca(NO₃)₂.xaq
 2. Op latere tijdstippen werd gegeven 78 mg K per pot als KCl

ma's opgenomen. Uitgaande van de planten die steeds voldoende met voedingsstoffen voorzien werden, zgn. NPK-planten, werd de behandeling met leidingwater op bepaalde tijdstippen gedurende de groei uitgevoerd.

Voor de proeven van 1966 werden naast de voornoemde NPK- en 0-voeding objecten zonder stikstof (0N) en zonder kalium (0K) in de proef opgenomen (fig. 3). In 1967 werd 0 weggelaten en alleen NPK-, 0N-, en 0K-voeding toegepast (fig. 4). De onderbreking van NPK-voeding duurde in dit geval voor de 0N-behandeling meestal 2 weken, voor de 0K-behandeling variërend van 2 tot 12 weken. Ook werden een aantal behandelingen niet tot het einde van de proef voortgezet.

2.2 Grondcultures

2.2.1 Technische uitvoering

Indien men grond (of zand) als substraat gebruikt is het alleen door rigoureuze en waarschijnlijk schadelijke ingrepen, zoals spoelen met overmaat water, mogelijk het gehalte aan voedingsstoffen op een bepaald tijdstip te verlagen. Bovendien is een dergelijke behandeling niet selectief voor één bepaalde voedingsstof en zal de bewerking slecht reproduceerbaar zijn. Bij de nu volgende opzet werd voor de voedingselementen stikstof en kalium afzonderlijk of in combinatie uitgegaan van verschillende giften

Fig. 6. Proefschema tarwe, grondculture 1967.

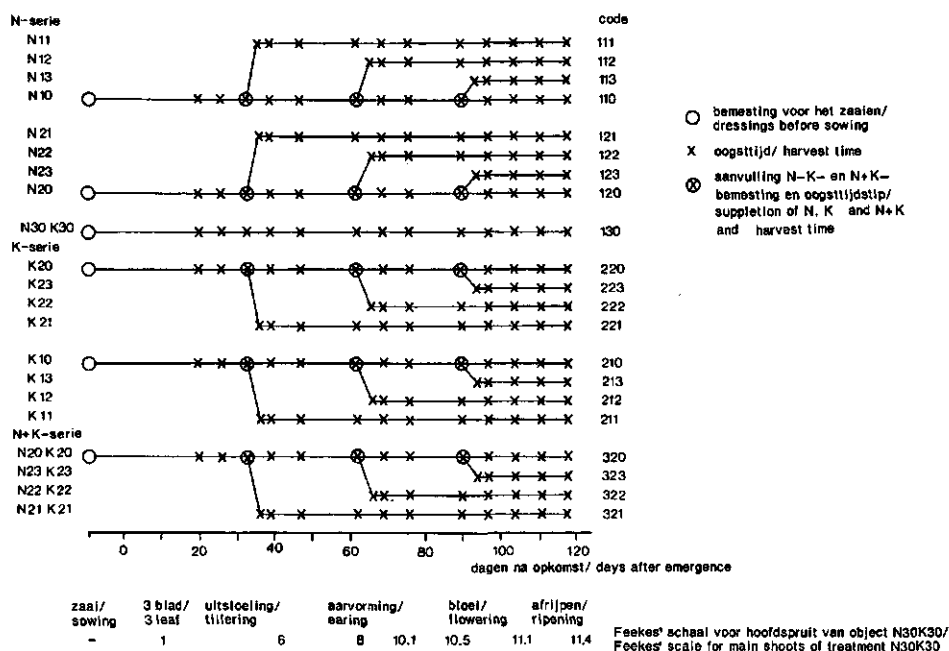


Fig. 6. Experimental lay out, soil culture 1967.

vóór of vlak na het zaaien. Bij de laagste giften daalde op een later tijdstip het voedingsniveau en gaf daardoor aanleiding tot tekorten voor de plant. Door een of meer giften van de betreffende voedingsstof toe te dienen werd het voedingsniveau weer verhoogd. Dit is de basis voor de kasproef in 1966 met tarwe in zandculture (fig. 5, tabel 4) en voor de kasproef in 1967 met tarwe op Enggrond (fig. 6). De resultaten van de proef met zand worden niet apart behandeld omdat de resultaten overeenkomen met die van de proef in 1967.

2.2.2 Proefschema grondculture 1967

Voor deze proef werden glazen of plastic cylinders (inh. 2,5 liter) gevuld met Enggrond zoals aangegeven door Schuffelen et al. (1952). Als basisbemesting werd per pot toegevoegd 1,0 g Emkal (hierdoor werd de pH-KCl op 5,0 gebracht), 1,5 g superfosfaat en 0,5 g kiesriet, terwijl de vochttoestand dagelijks op 60% van de maximale watercapaciteit werd gebracht. De proef kan verder onderscheiden worden in:

1. N-serie waarbij bemest werd met resp. 105 (N1), 420 (N2) en 840 (N3) mg N per pot als NH_4NO_3 en 400 mg K_2O per pot als KCl bij het zaaien.
2. K-serie waarbij bemest werd met resp. 100 (K1), 200 (K2) en 400 (K3) mg K_2O per pot en 840 mg N als NH_4NO_3 bij het zaaien.
3. N + K-serie waarbij bemest werd met 420 mg N als NH_4NO_3 en 200 mg K_2O als KCl (N2K2) bij het zaaien.

Op drie tijdstippen gedurende de groei (zie fig. 6) werden de N-, K- en N + K-giften aangevuld tot de waarden die als optimaal (N3 resp. K3) beschouwd werden.

3 Ontwikkeling van het gewas, monsternamen, voorbehandeling en chemische analyse van de gewasmonsters

3.1 Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk werden de technieken besproken die gebruikt werden om planten volgens een bepaald schema te laten groeien. In dit hoofdstuk komt het gewas ter sprake en wel wat betreft de ontwikkeling der planten (3.2), de ontwikkeling van tarwe-aren in de kas (3.3), het nemen en behandelen van gewasmonsters (3.4) en de chemische analyse van deze monsters (3.5).

3.2 Ontwikkeling van het gewas

De graanplant kan, o.a. afhankelijk van de voeding, naast de hoofdspruit een groter of kleiner aantal zijspuiten (scheuten) vormen die groeien uit de okselknoppen van het coleoptiel en de opeenvolgende bladeren. Deze zijspuiten vormen op hun beurt, zeker in langdurende experimenten met voedingsoplossingen, weer zijspuiten van lagere orde. De ontwikkeling van deze verschillende spruiten loopt onderling en met die van de hoofdspruit niet parallel.

Voor zover in het volgende een beschrijving van de ontwikkeling van de plant nodig was, werd gebruik gemaakt van de schaal van Feekes (Feekes, 1941, details en figuren Large (1954), Keller & Baggiolini (1954)). Hoewel deze schaal oorspronkelijk bedoeld was voor waarnemingen aan hoofdspruiten onder veldomstandigheden, kan de ontwikkeling van zijspuiten er zonder bezwaar mee beschreven worden. Als vergelijkingsobject werden in alle experimenten gekozen de planten die steeds met voedingsstoffen voorzien werden (waterculture) of die waaraan bij het zaaien de hoogste gift werd toegediend (grondculture). De ontwikkeling van de hoofdspruit van deze planten werd bij de proefschema's (fig. 3, 4, 5 en 6) aangegeven.

3.3 De ontwikkeling van de aren (hitteschade)

Kort na de bloei bleken de bovenste pakjes van een aantal aren van tarwe (ras Orca) in de proeven van 1966 en 1967 niet gevuld te zijn. De aren liepen naar de top spits toe en tevens bleek deze top eerder af te rijpen dan de rest van de aar. Dit verschijnsel trad alleen op bij de tarwe op watercultures en wel uitsluitend bij die aren welke enigszins boven de andere uitstaken. Hoewel in eerste instantie gedacht werd aan hitteschade tijdens de bloei als gevolg van periodiek hoge temperatuur en lage luchtvochtigheid in de kas (Feekes, 1941; Van Dobben, 1958; Hartman, 1959) kwamen

de symptomen niet volledig overeen met die welke door genoemde auteurs werden beschreven. Volgens Hartman (persoonlijke mededeling) kan directe zonnestraling de oorzaak zijn van verdroging der bloempjes in de bovenste pakjes, ondanks de optimale voorziening met water. In hoeverre dit verschijnsel nadelige invloed gehad heeft op het aantal korrels per aar en op het 1000-korrel-gewicht werd niet nagegaan. Wel bleek het aantal aren, dat de afwijking vertoonde, voor alle potten nagenoeg gelijk te zijn, zodat de verschillen tussen behandelingen er waarschijnlijk niet door werden beïnvloed. De tarweplanten op zand- en grondculture, die overdag buiten de kas in de open lucht gezet werden, vertoonden geen zichtbare schade van straling of hitte.

3.4 Het nemen en voorbehandelen van gewasmonsters

Zoals uit de proefschema's blijkt werden op bepaalde tijdstippen gedurende de groeiperiode monsters genomen van het gewas. In dat geval werden per behandeling de planten van twee (soms drie of één) potten geoogst. De bovengrondse delen werden daarbij afgesneden bij de stengelvoet (wortelbasis) en daarna gesplitst in een aantal delen die verder afzonderlijk werden behandeld. De wijze van opsplitsen is niet bij alle proeven dezelfde geweest maar de meest gedetailleerde werd toegepast in 1966 en 1967 en wel: hoofdspruiten, gescheiden naar stengel (inclusief schede), blad, korrel en kaf (= aar minus korrel), en zijspruiten onderverdeeld naar zijspruiten met aar en zijspruiten zonder aar. De zijspruiten met aar werden gesplitst in blad + stengels, korrel en kaf. Korrel en kaf werden gescheiden nadat de aren gedroogd waren zodat van korrel en kaf alleen het droog gewicht gemeten kon worden. Het onderscheid zijstengels met en zonder aar werd gelegd bij het punt waarop de aar tevoorschijn komt (stadium 10.1). Bovengenoemde opsplitsing gold voor planten in de laatste fase van hun ontwikkeling. Bij jongere planten konden uiteraard eerst vanaf stadium 3 zijspruiten (zonder aar) worden onderscheiden. In alle monsters werd het aantal planten of plantdelen geteld, waarna de monsters werden gewogen (vers gewicht), gedurende 24 uur werden gedroogd bij 70°C en weer werden gewogen voor de droog-gewichtbepaling.

De wortels van planten gekweekt in grond of zand werden schoongespoeld met leidingwater. In 1964 en 1965 werd het spoelwater uit de wortels verwijderd door deze met de hand uit te knijpen of tussen filtreerpapier te leggen. In de latere jaren werden de wortelmonsters gelegd in een ronde bak (diameter 33 cm) met deksel en geperforeerd aan de zijkant. De bak kon op de as van een centrifuge geplaatst worden. Na het centrifugeren (5 min bij 2000 rpm) werden de wortels gewogen (vers gewicht) en verder behandeld als de bovengrondse delen. Door te centrifugeren werd meer water verwijderd en bovendien was de behandeling beter reproduceerbaar en minder bewerkelijk. De bepaling van vers gewicht van wortels door het materiaal boven en onder water te bewegen (Brouwer, 1961) had in dit geval geen voordelen omdat er correcties t.o.v. de directe weeg-methode toegepast moesten worden en bovendien de wortels na het wegen niet zoals bij Brouwer teruggezet werden op de voedingsoplossingen. Alle materiaal van de monsters van wortels en bovengrondse delen werd na het drogen ge-

malen en geheel of voor een deel bewaard in luchtdicht afgesloten buisjes of in PVC-zakjes en later gebruikt voor de chemische analyse.

3.5 Chemische analyse van het gewasmateriaal

De bepalingen die bij dit onderzoek uitgevoerd werden kunnen samengevat worden als dienende ter berekening van het $(C-A) - =$ kationen minus anorganische anionen gehalte (De Wit et al., 1963). Hiertoe diende voor C (= kationen), Na, K, Ca en Mg en voor A (= anorganische anionen), $P(H_2PO_4)$, NO_3 , Cl en SO_4 geanalyseerd te worden. Daarnaast werd ook N-totaal bepaald. De bepaling van het $(C-A) - =$ organische anionen gehalte via de zgn. as-alkaliniteit en bepaling van NO_3 (Van Tuil, 1964, 1965; Jungk, 1968) is in dit geval niet toegepast omdat ook veranderingen in opname en transport van de afzonderlijke elementen onderzocht werden. Ook de methode van bovengenoemde auteurs waarbij het SO_4 -gehalte berekend wordt uit het verschil van S-tot. en S-org. (dit laatste uit de verhouding N-org.: S-org., N-org. = N-tot. — $N-NO_3$) bleek niet goed bruikbaar omdat de S-tot.-bepaling in vergelijking met de andere technieken tijdrovend is en relatief veel materiaal vergt.

De uitvoering van de analyses van Na, K, Ca, Mg, PO_4 en N-tot. werd voorafgegaan door een destructie van het gewasmateriaal met zwavelzuur + salicylzuur en perhydrol (Lindner & Harley, 1942). De extractie voor NO_3 , Cl en SO_4 werd uitgevoerd met 0,5 N azijnzuur of met aq. dest. (0,500 g gewas en 25 ml extractiemiddel). In het destruaat werden de Na-, K- en Ca-concentraties vlamfotometrisch (Eppendorf) en de Mg-concentraties met de atoom-absorptie-spectrofotometer (Techtron AA100) gemeten. Fosfaat werd na blauwkleuring met molybdaat, antimonyltartraat als reagens en ascorbinezuur als reductiemiddel gemeten met een Beckman-C (vanaf 1968 met een Vitatron) colorimeter. Voor de stikstofbepaling werd de ammoniak uit een monster van het destruaat uit alkalisch milieu overgedestilleerd, opgevangen in boorzuur en getitreerd met kalium-bijodaat.

Na de extractie werd een deel van het extract gebruikt voor de coulometrische Cl-bepaling, een ander deel voor de NO_3 -bepaling en een derde deel werd na schudden met noriet gebruikt voor de SO_4 -bepaling. Voor de Cl-bepaling werd gebruik gemaakt van een chlorocounter (Marius), waarbij het toegevoegde chloride wordt getitreerd met behulp van Ag-ionen die electrochemisch uit een zilveranode gegenereerd worden met een constante stroom. Na de titratie geeft de overmaat Ag-ionen een signaal (door depolarisatie van twee zilver-electroden) waardoor het genereren automatisch stopt. Een teller geeft de verbruikte hoeveelheid elektrische lading aan, die evenredig is met de hoeveelheid chloride.

De nitraatbepaling werd aanvankelijk uitgevoerd door het nitreren van *o*-xylenol tot nitro-xylenol in zuur milieu en het overdestilleren daarvan (met toevoegen van ethanol) in natriumhydroxyde waarbij de kleuring optreedt. Deze kleur werd gemeten met de eerder genoemde Beckman-C of Vitatron colorimeter. Vanaf 1969 werd nitraat gemeten met een nitraat-electrode (Orion) in combinatie met een mV-meter (Van der Wey, 1969).

Sulfaat werd met bariumchloride neergeslagen en met behulp van Tween 80 in suspensie gehouden. De troebeling is enige tijd stabiel en kan gemeten worden met een colorimeter.

Voor de analysevoorschriften en de uitvoering daarvan wordt verwezen naar interne rapporten van het Laboratorium voor Landbouwscheikunde. Alle waarnemingen werden berekend op bij 105°C gedroogd materiaal, zodat, uitgaande van bij 70°C gedroogd gewas, een vochtbepaling noodzakelijk was. Ter controle van de juistheid en de reproduceerbaarheid van de analyse-resultaten werd bij elke serie (van 47 monsters) één standaardmonster geanalyseerd, terwijl op regelmatige tijden monsters van een uitwisselingsonderzoek, waaraan ook andere laboratoria deelnemen, geanalyseerd werden. De resultaten van deze analyse werden vergeleken met die van het controlelaboratorium. (Schuffelen et al., 1961).

Als algemene eis voor de reproduceerbaarheid werd gesteld dat de variatiecoëfficiënt

$$\left(\frac{\frac{1}{2} d \sqrt{2}}{\bar{x}} \times 100; d = |x_1 - x_2|; \bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2} \right)$$

niet groter dan 10% mag zijn, waarbij door het invoeren van een correctiefactor de eis voor monsters met lage gehalten wat minder 'zwaar' werd. Aan deze eis bleek, afhankelijk van de bepaling, 90-95% van het aantal monsters te voldoen.

4 Verdeling van droge stof en voedingsstoffen bij continue voeding in watercultures

4.1 Inleiding

De steeds met voedingsstoffen voorziene planten zijn als vergelijkingsobject gebruikt voor alle andere behandelingen die in de volgende hoofdstukken ter sprake zullen komen. De beschrijving en verklaring van de resultaten van de experimenten, in het bijzonder die der proefjaren 1966 en 1967 en de daaruit voortvloeiende indeling in hoofdstukken, is gebaseerd op de tijdstippen waarop veranderingen in het voedingsmilieu toegepast zijn (zie proefschema's). Zodoende handelt hoofdstuk 5 over de veranderingen in drogestofproductie en de verdeling der voedingsstoffen over de onderscheiden plantedelen wanneer in een vroeg stadium (vóór of bij het begin der uitstoeling) de samenstelling van de voedingsoplossing gewijzigd wordt. In de volgende hoofdstukken komen dan de wijzigingen gedurende uitstoeling en strekking (hoofdstuk 6), tijdens de bloei (hoofdstuk 7) of tijdens de afrijping (hoofdstuk 8) ter sprake.

Deze indeling is gekozen in plaats van een gebaseerd op een indeling naar voedings-element (N, P, K, etc.) omdat niet alle behandelingen op elk tijdstip toegepast zijn en bovendien de behandelingen niet steeds gedurende hetzelfde tijdsbestek voortgezet zijn.

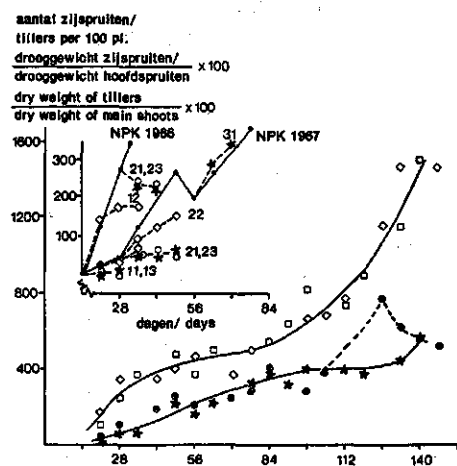
In dit hoofdstuk wordt onder 4.2 t/m 4.4 slechts gesproken over de ontwikkeling en drogestofproductie van het vergelijkingsobject omdat deze gegevens van algemene aard zijn en samenhangen met de teelt op voedingsoplossingen. De chemische samenstelling van de NPK-planten zal in de onderscheiden hoofdstukken behandeld worden.

4.2 Drogestofproductie van hoofd- en zijspuiten

De totale drogestofproductie is in de proefjaren 1966 en 1967 vrijwel gelijk geweest. (fig. 7B). Ook het aantal zijspuiten vertoonde grote overeenkomst in genoemde jaren. Dit hangt ongetwijfelt samen met de overeenkomst in weersomstandigheden en voor deze kasproeven in het bijzonder met de hoeveelheid energie die instraalt. Weliswaar zijn hierin duidelijke verschillen tussen de beide jaren maar zodanig dat een minimum (april 1966) gecompenseerd werd door hogere waarden in een volgende periode (mei, juni 1966). De gesommeerde hoeveelheid energie is zodoende in de belangrijkste groei-periode voor beide jaren nagenoeg gelijk geweest.

De ontwikkeling van de zijspuiten van de goed gevoede planten (fig. 7A) vertoont enige vertraging nadat de eerste 4 à 5 per plant ontwikkeld zijn. De verhouding gewicht zijspuiten: gewicht hoofdspuiten (fig. 7A) is eveneens afhankelijk van het tijd-

Fig. 7A. Aantal zijspuiten, verhouding droge stof zijspuiten: droge stof hoofdspuiten $\times$ 100 bij continue voeding, watercultures 1966 en 1967. Inzet: Aantal zijspuiten bij 0N-, 0K- en 0-voeding.



- Zijspuiten per 100 planten/tillers per 100 plants 1966.
- ◇ Zijspuiten per 100 planten/tillers per 100 plants 1967.
- ★ Verhouding droge stof zijspuiten: hoofdspuiten/ratio dry matter tillers: main shoots 1966.
- Verhouding droge stof zijspuiten: hoofdspuiten/ratio dry matter tillers: main shoots 1967.
- NPK
- ★---★ 0N (11, 21, 31)
- 0 (kraanwater/tap water) 13, 23
- ◇---◇ 0K (12, 22)
- 1966
- ◇ 1967

Fig. 7A. Number of tillers, ratio dry matter of tillers: dry matter of main shoot $\times$ 100 with continuous nutrition, water cultures 1966 and 1967. Inset: Number of tillers with 0N, 0K and 0 nutrition.

Fig. 7B. Droge stof (g/100 planten) van hoofd- en zijspuiten bij continue voeding, watercultures 1966 en 1967. Inzet: droge stof (g/100 planten) bij 0N-, 0K- en 0-voeding.

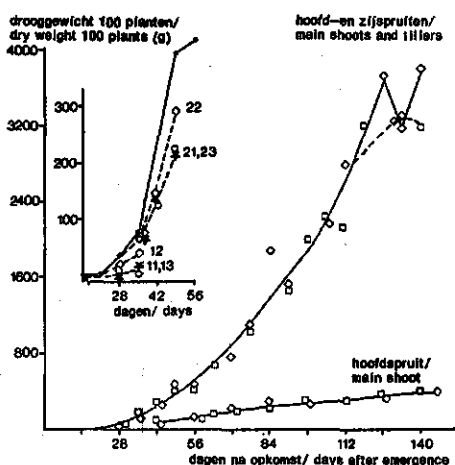


Fig. 7B. Dry matter (g/100 plants) of main shoot and tillers with continuous nutrition, water cultures 1966 and 1967. Inset: dry matter (g/100 plants) with 0N, 0K and 0 nutrition.

stip gedurende de ontwikkeling. Na de ontwikkeling van 4 à 5 zijspuiten die te voorschijn komen uit knoppen in de oksels van het coleoptiel en de eerste vier bladeren, blijft het aantal zijspuiten nagenoeg constant. Eerst wanneer, na ongeveer 70 dagen na opkomst, deze zijspuiten van de eerste orde zijspuiten van lagere orde vormen neemt het aantal toe en stijgt ook de verhouding gewicht zijspuiten: gewicht hoofdspuiten. Het zal duidelijk zijn dat deze vrijwel ongelimiteerde (zij-) spruitontwikkeling leidt tot een drogestofproductie (fig. 7B) die veel groter is dan die der hoofdspuiten.

Volgens Aspinall (1961, 1963) neemt bij gerst onder optimaal aanbod van voedingsstoffen het aantal zijspuiten aanvankelijk exponentieel en later lineair met de tijd toe. Stagnatie treedt slechts op wanneer de voorraad stikstof uitgeput raakt en komt weer op gang na hernieuwd aanbod van stikstof, ongeacht het tijdstip gedurende de ont-

wikkeling waarop het tekort resp. het hernieuwde aanbod plaats vindt. Daarentegen veronderstellen Leopold (1949, 1955) en Thorne (1962) dat onder invloed van auxinen in de aren van de graanplant een systeem van apicale dominantie werkzaam is, waardoor gedurende de ontwikkeling van de aar de zijspuitvorming stagneert. Na het ouder worden van het blad en na de korrelvorming kan de zijspuitvorming weer op gang komen. De stikstof uit het verouderde blad komt dan ten goede aan de jonge spruiten (Thorne, 1962).

De vertraging in de zijspuitvorming in de eigen experimenten kan niet verklaard worden door een tekort aan voedingsstoffen (zeker niet aan stikstof), terwijl ook de invloed van de aarvorming door het vroege tijdstip (28 dagen na opkomst) waarop de vertraging optrad, niet aannemelijk is. Omdat bovendien bleek dat de middelste planten op de proefpotten een kleiner aantal zijspruiten bezat dan die welke aan de rand van de pot stonden, is het waarschijnlijk dat daardoor, gemeten voor de hele pot, minder zijspruiten tot ontwikkeling zijn gekomen dan wanneer elke plant apart gegroeid zou zijn. Zodoende mag ook voor tarwe aangenomen worden dat wanneer voedingsstoffen en met name stikstof in ruime mate aangeboden worden, de zijspuitvorming zonder onderbreking voortgaat.

Het weglaten van alle voedingsstoffen (object 0) of van alleen stikstof c.q. kalium (objecten 0N c.q. 0K) leidde tot een daling van het aantal zijspruiten, tot verlaging van de bovengenoemde verhoudingen en tot veranderingen in de drogestofproductie (fig. 7A en B inzetten). Dit betekent dat, hoewel in de volgende hoofdstukken de nadruk gelegd zal worden op de gedragingen van de hoofdspruit, voor een juist totaalbeeld ook de zijspuitvorming en de drogestofproductie van deze in beschouwing genomen dient te worden.

4.3 Verdeling van droge stof over plantdelen

De verdeling van droge stof over de aanwezige organen (delen) van de plant is volgens Van de Sande Backhuysen (1937) gedurende een bepaalde periode (fase) van de ontwikkeling constant. Volgens later onderzoek van Wittenrood (1957) zou men bij tarwe 5 fasen kunnen onderscheiden gedurende welke de distributie constant is en welke samengaan met morfologische veranderingen in de plant. Een aantal van deze fasen kan men, althans bij zomerrogge, ook onderscheiden wanneer, in tegenstelling tot voornoemde onderzoekers, gewerkt wordt met planten waarbij de zijspuitvorming niet belemmerd wordt (Van Os, 1966). Ook bij de experimenten die hier ter sprake komen treedt deze constante distributie bij de hoofdspruit op (fig. 8).

De fasen vegetatief stadium en aaraanleg (Wittenrood, 1957) zijn in dit geval echter niet te onderscheiden, vermoedelijk omdat het tijdsinterval tussen de oogsten (1 week) te lang is geweest en omdat in deze periode snelle groei optrad. De tweede fase (II) omvat het strekken van de aar, samengaand met een langzamere blad- en stengelgroei dan in de fase I. Na de bloei (rond 75 dagen na opkomst) komt de groei van blad en stengel tot stilstand en ontwikkelt zich de korrel (fase III). In de laatste fase (IV) rijpt de korrel waarbij echter, in tegenstelling tot de bevindingen van voornoemde onder-

Fig. 8. Verdeling van droge stof over de delen van tarweplanten bij continue voeding, watercultuur 1966.

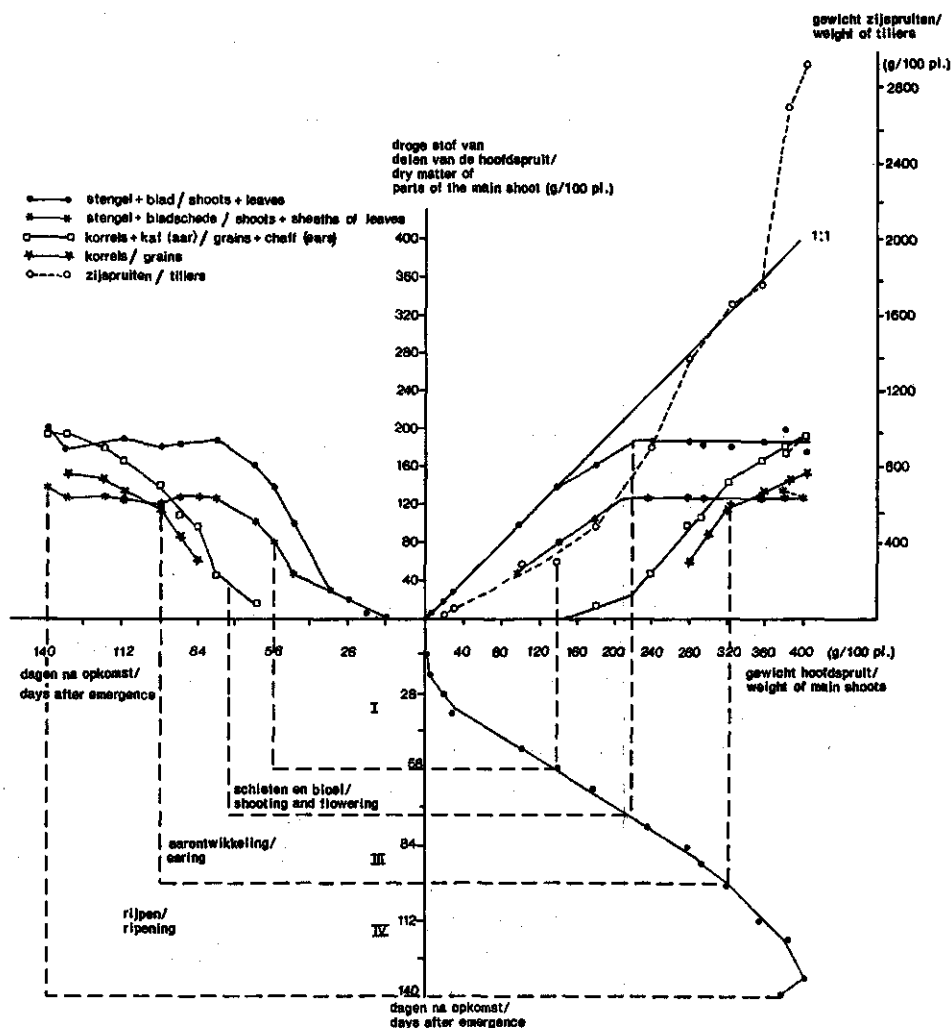


Fig. 8. Distribution of dry matter in wheat plants with continuous nutrition, water culture 1966.

zoekers, de distributielijnen (fig. 8 eerste kwadrant) van stengel en blad horizontaal blijven. Dit betekent dat de afvoer van assimilaten naar de generatieve delen gecompenseerd wordt door productie van nieuw materiaal in het blad. Dat dit mogelijk is blijkt uit de manier waarop de planten onder de omstandigheden van constante aanvoer van water en voedingsstoffen afrijpen (4.4.)

Tabel 5. Vochtgehalte (%) in delen van de hoofdspruiten van tarwe op water-, zand- en grond-culture 1966, 1967) / Moisture content (%) in parts of main stems of wheat grown by water, sand and soil culture (1966, 1967).

	Waterculture		Grond (soil) culture	Zand (sand) culture
	1966	1967	1967	1966
Blad/leaves	33,6	21,3	5,4	17,6
Stengel/stems	68,7	38,1	37,4	51,4
Aar/ears	7,9	11,3	14,7	8,8

4.4 Afrijpen van graanplanten

De afrijping van graanplanten op voedingsoplossingen wijkt qua tijdsduur en wijze sterk af van die van grondcultures of van planten in het veld. Vanaf ongeveer 100 dagen na opkomst worden allereerst de aren van de hoofdspruiten witgeel, terwijl de stengels en de bladeren van deze en ook de gehele zijspruiten inclusief hun aren nog overwegend groen blijven. Op een later tijdstip, 120-130 dagen na opkomst, worden ook de bladeren en de stengels van de hoofdspruiten rijp (geel van kleur). Wordt de proef nog langer voortgezet (1967) dan komt de situatie weer overeen met die in het veld of die op potten en zijn de halmen van de hoofdspruiten doodrijp (stengels breken gemakkelijk en de korrels zitten los in de aar). De zijspruiten maken dezelfde ontwikkeling door als de hoofdspruit maar omdat deze niet van gelijke ouderdom zijn (fysiologisch en qua leeftijd) en omdat er nog steeds jonge zijspruiten gevormd worden ziet men aan de plant als geheel nog steeds groene delen. Wanneer stikstof onthouden wordt gedurende de laatste ontwikkelingsfase heeft de afrijping op de normale wijze en in korter tijdsbestek plaats.

Deze wijze van afrijpen dwz. een rijpe korrel bij een betrekkelijk groen blad en stengel kan als kenmerkend beschouwd worden voor planten onder omstandigheden van continue aanvoer van water en voedingsstoffen (met name stikstof), en werd ook gevonden door Paxinos (1933) bij doorstroomcultures en door Dilz (1964) bij regelmatig ververst watercultures. Het verschijnsel kan zich ook voordoen onder veldomstandigheden bij koel somber weer en hoge N-bemesting (Van Burg & Arnold geciteerd door Dilz, 1964).

Uit tabel 5 blijkt dat het vochtgehalte van de aar bij de eindogst in alle cultures reeds tot lage waarden is gedaald. Bij de watercultures 1966 was het vochtgehalte in blad en stengel op dat tijdstip nog beduidend hoger dan voor grond en zandculture. Bij de langer voortgezette waterculture in 1967 was op dat moment alleen het gehalte in het blad nog hoger.

5 Intermitterende voeding in het jeugd stadium (watercultures 1966, 1967)

5.1 Inleiding

Het jeugd stadium waarover hier sprake is betekent voor het experiment in 1966 het 2 à 3 blad stadium en voor de proef in 1967 het 4-blad stadium (het begin van de uitstoeeling). In beide proeffjaren werd de toevoer van alle voedingsstoffen of die van een der voedingscomponenten onderbroken gedurende een periode van 14 dagen. Daarna werd een deel der planten weer overgezet op de volledige oplossing. In 1966 werden de objecten 0N, 0 en 0K nog gedurende één week en in 1967 (0N en 0K) nog gedurende 4 weken na dit tijdstip voortgezet (proefschema's figuren 3 en 4). Het verschil in ontwikkeling van de planten op het begintijdstip van dit deel van de proef tussen de beide proeffjaren komt deels door de gunstiger voorjaarsontwikkeling in 1967.

5.2 Ontwikkeling en drogestofproductie

Drie dagen na het vervangen van de volledige voedingsoplossing door de 0N- en 0-oplossingen werden de planten lichtgroen van kleur als gevolg van stikstofgebrek. De vorming van zijspuiten kwam niet op gang (1966) of stagneerde (1967, tabel 6). De drogestofproductie van de hoofdspruit was in 1966 (fig. 8A) lager voor zowel de 0N- en 0-planten alsook voor de planten op de 0K-oplossing. De planten zonder kalium vertoonden minder steilstaande bladeren maar geen symptomen van K-gebrek. Het verschil tussen de NPK- en de 'minus'-planten in 1967 (fig. 8B) was voor de hoofdspruit gering. Daarentegen was er wel verschil in gewicht van de hele plant. De zij-scheuten (fig. 8B, object 0N) van de 'minus'-planten groeiden nauwelijks meer in vergelijking met die der NPK-planten.

Het wortelgewicht nam niet alleen relatief toe t.o.v. de spruit maar gedurende een bepaalde periode waren ook de absolute wortelgewichten bij de 0N- en 0-planten hoger¹ dan bij de NPK-planten (fig. 8A,B rechts). De verhouding spruit: wortel daalde voor de 0N-planten (fig. 8A,B rechts) onmiddellijk na het overzetten op de 0N- resp. 0-oplossing en bleef constant gedurende de onderzochte periode. Ook onthouden van kalium leidde in 1966 na enige tijd (± 1 week) tot daling van de verhouding spruit: wortel. (De gegevens over de 0K-planten uit het proefjaar 1967 waren niet bruikbaar en

1. Verschillen tussen behandelingen of veranderingen met de tijd zijn alleen getoetst (F- of t-toets) als in de tekst de aanduidingen significant (of duidelijk) en niet significant (of niet duidelijk) zijn gebruikt. De grens voor significantie werd gelegd bij 5% risico.

Tabel 6. Aantal zijspuiten per 100 planten bij intermitterende N- en K-voeding vóór (1966) of in het begin (1967) der uitstoeiing. Waterculture 1966 en 1967 / Number of tillers per 100 plants at intermittent N and K nutrition before (1966) or during (1967) tillering. Water culture 1966, 1967.

Dagen na op- komst / Days after- emergence	1966							1967				
	NPK	ON	0	OK	ON	0	OK	NPK	ON	OK	ON	OK
					→	→	→				→	→
					NPK	NPK	NPK				NPK	NPK
21	129	0	0	161				219				
24	.	.	.	.				.	284	290		
28	330	0	0	235				457	274	237 ¹		
35	453	0	0	222	309	402	281	.	269	306 ¹		
38	.				.	.		.	.	.	271	271
42	.				585	608	600	436	308	267 ¹	823	345
49	589				.	.	.	530	302	296 ¹	1074	347
56	489				584	588	513	493	.	.	1313	419
63	589				579	635	.	.	236	608	1115	444
70	.				713	725	.	507			.	.
77	.				.	.	.	638			1713	794

1. Tijdelijke stagnatie door gebruik van onjuiste voedingsoplossing / Temporary stagnation because of using an incorrect nutrient solution.

Tabel 7. Verhouding stikstof in bovengrondse delen en in wortels van tarwe op NPK-, ON- en 0-oplossingen. Watercultures 1966, 1967 / Ratio of nitrogen in tops to that in roots of wheat in NPK, ON and 0 solutions. Water culture, 1966, 1967.

		Dagen na opkomst / Days after emergence						
		14	21	24	28	35	42	49
1966	NPK	1,13	2,42					
	0				2,14	1,57		
1967	NPK	3,56	5,01					
	ON			4,35	4,62	3,13	3,46	2,48

werden daarom niet getekend in fig. 8B daar, door het gebruik van onjuiste zuurconcentraties in een deel der OK-oplossingen, de groei van de planten stagneerde).

Ook de morfologie van de wortels veranderde en wel zodanig dat de oorspronkelijk korte en dikke, weinig vertakte (NPK) wortels na het overzetten, vooral op de ON-oplossing, overgingen in lange en dunne, zeer sterk vertakte wortels. De resultaten t.a.v. de minus N-planten komen overeen met het werk van Brouwer et al. (1961). De verhouding spruit:wortel voor stikstof (tabel 7) daalde in tegenstelling tot de bevindingen van Van Dobben (1961). De conclusie van Curtis & Black (1950) en Meyer &

Fig. 8A. Droge stof (g/100 planten) van hoofdspruit en wortels van tarwe bij intermitterende voeding vóór de uitstoeiing, waterculture 1966.

Fig. 8B. Droge stof (g/100 planten) van hoofdspruit, hele plant en wortels, verhouding spruit: wortel van tarwe bij intermitterende voeding bij het begin der uitstoeiing, waterculture 1967.

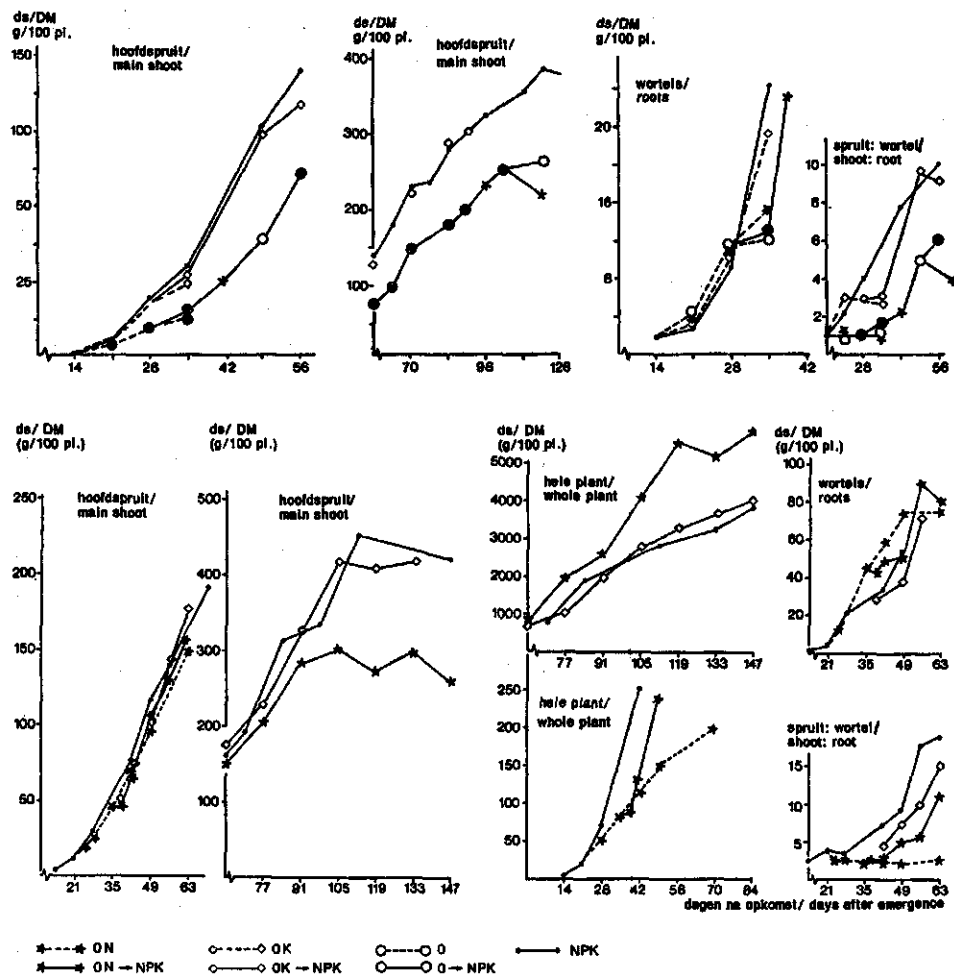


Fig. 8A. Dry matter (g/100 plants) of main shoot and roots of wheat with intermittent nutrition before tillering, water culture 1966.

Fig. 8B. Dry matter (g/100 plants) of main shoot, whole plant and roots, and ratio shoot: root of wheat with intermittent nutrition during tillering, water culture 1967.

Anderson (1956) dat de wortel bij sub-optimaal N-aanbod (in dit geval NO_3 of NH_4 als verontreiniging in de 0N-oplossing) het grootste deel van de stikstof verbruikt en daardoor relatief het meeste groeit, ligt voor de hand. Dit sluit evenwel de mogelijkheid van verplaatsing van stikstof-arm materiaal (koolhydraten) van de bovengrondse delen naar de wortel als verklaring voor de gewichtsverhoudingen niet uit (Brouwer,

1961). In hoeverre de werking van auxinen invloed heeft op de morfologie van de wortel en de verdeling van droge stof en stikstof over spruit en wortel beïnvloedt (Söding, 1952) bij optimaal en suboptimaal N-aanbod is met de ter beschikking staande gegevens niet na te gaan.

Wanneer de 'gebreks'-planten (0N en 0) na 14 dagen weer voorzien werden van de volledige voedingsoplossing werd de kleur na ongeveer 7 dagen weer normaal groen, terwijl de vorming van zijspuiten in versneld tempo plaats had of verder ging (tabel 6). De door de N-stagnatie klein gebleven plantedelen groeien niet meer uit tot normale

Fig. 9. Verdeling van droge stof in bovengrondse delen (links) en in de hoofdspuit (rechts) van tarwe, watercultures, 1966 (boven) en 1967 (beneden). (h) hoofdspuit, (z) zijspuiten, (b) blad hoofdspuit, (s) stengel hoofdspuit, (a) aar hoofdspuit, (a₁) korrel, (a₂) kaf (= aar minus korrel).

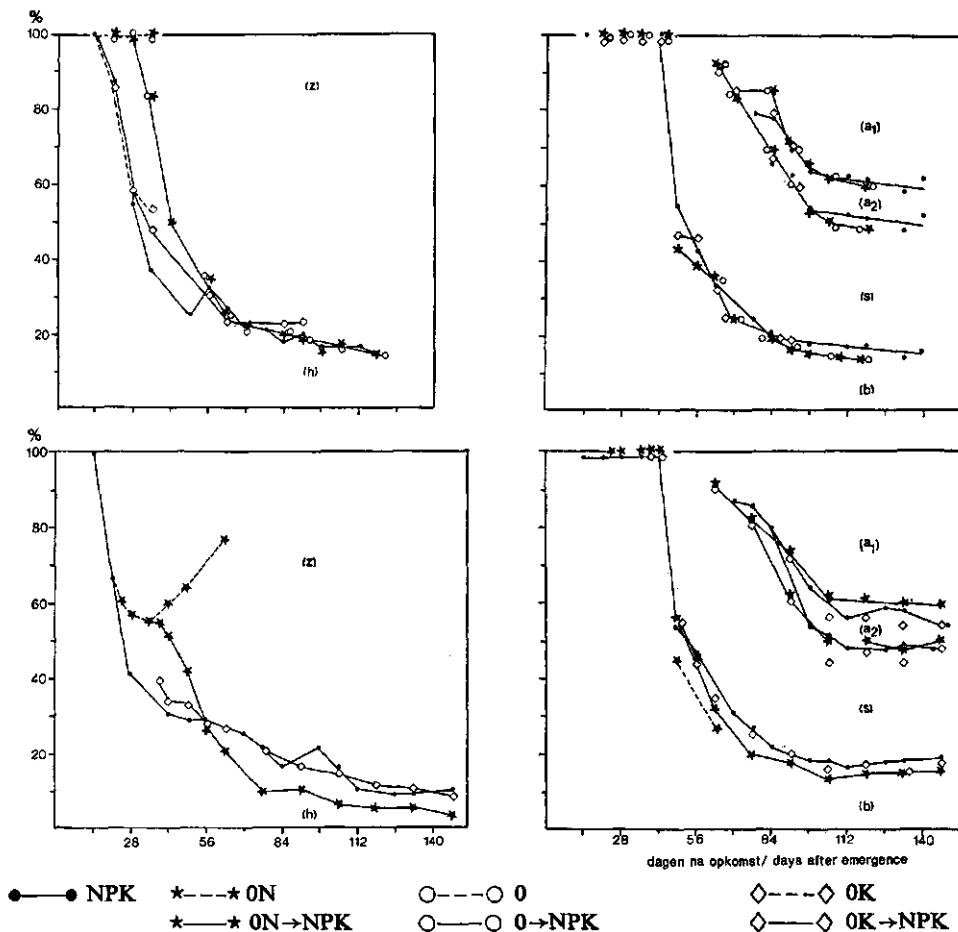


Fig. 9. Distribution of dry matter in aerial parts (left) and in the main shoot (right) of wheat, water cultures, 1967 (above) and 1966 (below). (h) main shoot, (z) tillers, (b) leaf of main shoot, (s) stalk of main shoot, (a) ear of main shoot, (a₁) grains, (a₂) chaff (= ear minus grains).

grootte (Van Dobben, 1959). Nadat de planten, afgezien van de steeds doorgaande zij-spruitvorming, volledig ontwikkeld zijn, zijn de ON→NPK-planten ± 25 cm kleiner dan de NPK-planten terwijl de hoofdspruiten even groot en even zwaar zijn als de aar-dragende zijspruiten. Bij de NPK-planten zijn de hoofdspruiten groter en zwaarder dan de zijspruiten. Uit de verdeling van droge stof over de plantdelen (fig. 9) blijkt uit de gegevens van 1967 het grote aandeel van de zijspruiten bij de objecten die eerst N-tekort hadden (ON → NPK). In hoeverre het niet optreden van deze situatie in 1966 samen-hangt met het reeds aanwezig zijn (in 1967) van zijspruiten vóór en na de onderbreking van de N-toevoer, of samenhangt met de minder gunstige weersomstandigheden in juli en augustus is niet met zekerheid te zeggen.

Bij de verdeling van de droge stof over de delen van de hoofdspruit (fig. 9 rechts) vermindert het aandeel van blad en korrel ten gunste van dat van de stengel (incl. blad-schede) en kaf (aar minus korrel) bij ON en ON → NPK in vergelijking met de steeds

Tabel 8. Korrelopbrengst-bepalende factoren van hoofd- en zijspruiten van tarwe bij intermitterende N- en K-voeding bij het begin der uitstoeiing. Waterculture 1967. / Grain yield determining factors for main shoots and tillers of wheat under intermittent N and K nutrition at the beginning of tillering. Water culture 1967.

Dagen / days	Aantal korrels per aar / Grains per ear			1000-korrel-gewicht / 1000-grain weight (g)			Korrelopbrengst / Grain yield (g/100 pl.)		
	NPK	ON→NPK	OK→NPK	NPK	ON→NPK	OK→NPK	NPK	ON→NPK	OK→NPK
<i>Hoofdspruit / main shoot</i>									
88	35,8	.	.	33,5	.	.	119,7	.	.
105	32,2	30,4	38,4	46,1	37,6	48,2	148,9	114,4	184,8
119	.	32,5	36,5	.	40,0	49,3	.	130,0	179,9
133	40,2	31,1	42,5	45,8	37,2	45,5	184,1	119,4	193,5
147	36,4	29,9	.	52,4	32,5	48,8	191,3	97,6	.
<i>Zijspruiten / tillers</i>									
98	23,8	.	.	23,9	.	.	279,3	.	.
105	29,1	25,8	28,3	35,0	28,0	35,9	744,9	1122,6	828,9
119	.	36,5	21,5	.	34,0	43,9	.	2156,3	1357,1
133	30,7	31,7	29,9	42,7	42,1	46,9	1612,9	2215,0	1384,8
147	34,5	31,1	.	45,3	43,7	45,2	1652,1	2684,9	1553,2
Aantal zijspruiten met aar / Number of tillers with ears				Korrelopbrengst hele plant (g/100 planten)/ Grain yield whole plant (g/100 plants)					
	NPK	ON→NPK	OK→NPK	NPK	ON→NPK	OK→NPK			
98	491	.	.	399,1	.	.			
105	757	1557	815	893,8	1236,9	1012,6			
119	.	1738	1082	.	2286,3	1486,0			
133	1229	1662	988	1797,0	2334,4	1577,3			
147	1057	1976	1338	1843,4	2791,2	1715,7			

gevoede (NPK-) en de periodiek zonder kalium gegroeide (OK → NPK-)planten. Omdat deze verandering in de verdeling van de droge stof eerst optreedt nadat al weer geruime tijd stikstof toegediend werd, moet de oorzaak gezocht worden in een lichttekort van de door veel zijspuiten (tot 20 per hoofdspuit) omringde hoofdspuit. De absolute gewichten van de stengel zijn gelijk.

De totale korrelproductie per plant (of per pot) wordt bepaald door het aantal halmen (hoofdspuiten en zijspuiten met aar), het aantal korrels per aar en het (1000-)korrel-gewicht. Omdat (tabel 8) het aantal korrels per aar en het 1000-korrel-gewicht voor de hoofdspuit lager is bij de 0N → NPK-planten dan bij de NPK-planten is de korrel-opbrengst in het eerste geval lager. De totale korrelproductie was desondanks in 1967 hoger voor de 0N → NPK-planten omdat het aantal zijspuiten met aar hoger was. Het aantal korrels per aar en het 1000-korrel-gewicht (tabel 8), was evenals bij de hoofdspuit bij de zijspuiten van het object 0N → NPK lager dan bij de NPK-planten. De totale korrelopbrengst bij het overeenkomstige object in 1966 was lager omdat het aantal zijspuiten met aar slechts gelijk was aan dat der NPK-planten.

De gegevens van het proefjaar 1966 zijn hier niet opgenomen omdat in dat jaar het object OK → NPK slechts tot 91 en het object 0N → NPK slechts tot 119 dagen na opkomst werd voortgezet.

Het aantal korrels per aar, het 1000-korrel-gewicht voor hoofd- en zijspuiten en het aantal zijspuiten van het object OK → NPK wijkt niet significant af van de planten van het NPK-object. De korte (14 dagen) onderbreking van de kaliumvoeding tijdens het begin der uitstoeling heeft bij tarwe dus geen invloed gehad op de opbrengst-bepalende factoren. Dit is in tegenstelling met de resultaten van Mengel & Forster (1968) die bij gerst op watercultuur een verlaging van het aantal halmen, het 1000-korrel-gewicht en het aantal korrels per aar vonden, wanneer tijdens de uitstoeling gedurende 16 dagen kalium uit de voedingsoplossing weggelaten werd.

5.3 Opname van voedingsstoffen

5.3.1 Inleiding

In het nu volgende zullen de voedingsstoffen als één geheel besproken worden. Het overzicht van het geheel komt tot uitdrukking via het (C—A)-gehalte. Voor zover het de in dit hoofdstuk behandelde periodieke onderbreking van de toevoer van alle voedingsstoffen, van stikstof of van kalium betreft, spelen de veranderingen zich af binnen 63 dagen na opkomst (fig. 10). Na dit tijdstip zijn de gehalten van de verschillende voedingselementen en de verdeling ervan over de organen van de hoofdspuit (de zijspuiten blijven hier buiten beschouwing) gelijk voor de objecten NPK, 0N → NPK, 0 → NPK en OK → NPK. Deze verdeling (c.q. gehalten) is hier weergegeven in de vorm van het object NPK, omdat dit object in volgende delen van dit hoofdstuk en in volgende hoofdstukken als vergelijking dient. Er is overwegend gebruik gemaakt van de gegevens uit het proefjaar 1966. De resultaten van 1967 komen hiermee volledig overeen.

5.3.2 Gehalten der voedingsstoffen in de hoofdspruit

Het natriumgehalte van de onderzochte tarweplanten (ook van de haverplanten) was onder normale omstandigheden (volledige voedingsoplossing met 1 meq Na per liter als NaCl) zeer laag. In de bovengrondse delen van het jonge gewas werden waarden gevonden van 10–20 meq Na per kg droog materiaal, in wortels 100–150 meq Na/kg, in het oudere materiaal 2–5 meq Na/kg, en in korrels slechts 1–2 meq Na/kg. Ditzelfde geldt ook voor de objecten waar stikstof of waar alle voedingsstoffen weggelaten werden. Wanneer daarentegen kalium gedurende enige tijd werd weggelaten, werd meer Na opgenomen in vergelijking met de NPK-planten, terwijl ook meer Na naar de spruit getransporteerd werd (tabel 9).

In de figuren 10 en volgende werden de gegevens van natrium weggelaten omdat de gehalten laag waren.

Door het weglaten van stikstof, dat gepaard ging met een verhoging van de Cl-concentratie in de oplossing van 1 naar 9 meq Cl/l, bereikten de gehalten der kationen lagere en die der anionen hogere waarden dan de steeds gevoede planten (fig. 10), uitgezonderd het nitraatgehalte dat binnen een week na de behandeling tot nul daalde. Bij het weglaten van alle voedingsstoffen (object 0) steeg in de hoofdspruit alleen het Cl-gehalte boven de waarde van de NPK-planten. Hier dient opgemerkt te worden dat het kaliumgehalte van de jonge plant die volledige voeding ontvangt, gedurende de periode 14–21 dagen na opkomst nog steeg, evenals het (C—A)-gehalte. Het NO₃-gehalte van deze planten bleef stijgen tot 56 dagen na opkomst.

Indien kalium weggelaten werd stijgen de Ca- en Mg-gehalten in de hoofdspruit boven de waarden der NPK-planten, terwijl de gehalten van de andere voedings-elementen lagere of gelijke (Cl en H₂PO₄) waarden bereikten gedurende de gebreksperiode (fig. 10). Men dient te bedenken dat de Ca-concentratie in de OK-oplossing werd verhoogd van 7 naar 9 meq/l, terwijl de Mg-concentratie onveranderd (3 meq/l) bleef. Het (C—A)-gehalte van de NPK-planten steeg tot 21 dagen na opkomst, bleef

Tabel 9. Natriumopname (meq/100 planten) bij intermitterende K-voeding. Waterculture 1966 / Sodium uptake (meq/100 plants) under intermittent K nutrition. Water culture 1966.

Dagen na op-NPK komst / Days after emer- gence	OK						OK→NPK						
	14	21	28	35	49	56	14	21	28	35	35	49	56
Bovengrondse delen (a) / Tops	0,02	0,05	0,29	0,69	2,80	3,00	0,02	0,09	4,73	7,04	3,80	7,01	7,63
Wortels / Roots (b)	0,23	0,20	0,38	1,00	4,20	3,60	0,23	0,48	5,22	7,17	2,72	3,40	6,30
a / b	0,09	0,04	0,76	0,69	0,67	0,83	0,09	0,19	0,91	0,98	1,41	2,06	1,21

Fig. 10. Gehalten van voedingsstoffen (meq/kg) in de hoofdspruit van tarwe bij intermitterende voeding voor de uitstoeing, waterculture 1966.

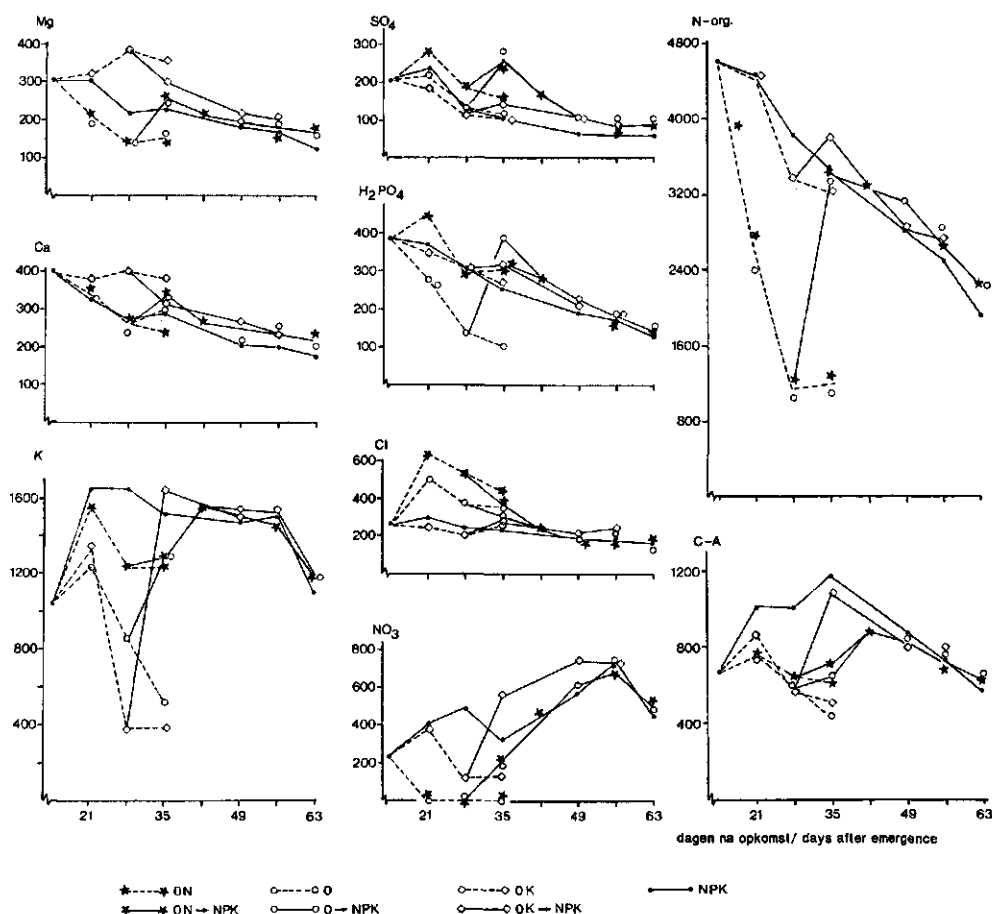


Fig. 10. Contents of nutrients (meq/kg) in the main shoot of wheat with intermittent nutrition before tillering, water culture 1966.

daarna rond de 1000 meq/kg tot 35 dagen na opkomst en daalde daarna tot waarden van 400-500 meq/kg in de volledig ontwikkelde aardragende spruit. Bij de minusplanten werden steeds lagere waarden gevonden, terwijl het (C—A)-gehalte al daalde vanaf 21 dagen na opkomst.

Na het overzetten van de 0N, 0- en de 0K-planten op de volledige oplossing stegen of daalden de gehalten na korte of langere tijd tot waarden die nagenoeg overeenkomen met de NPK-planten. Het valt op dat het stikstofgehalte van de 0N- en 0-planten en het K- en (C—A)-gehalte van de 0K-planten reeds na één week de normale waarden bereikten.

De resultaten van de optimaal gevoede tarweplanten zijn vergelijkbaar met de ge-

gevens van Petrie (1937) over de stikstofgehalten en die van Williams (1938) over de fosfaatgehalten gedurende de groei van haverplanten bij optimale N- resp. P-bemesting in potproeven. Dat het K-gehalte in de OK-planten daalt is begrijpelijk, omdat de fotosynthese bij deze planten vrijwel ongestoord doorgaat, terwijl door de afnemende concurrentie van kalium aan de 'carriers' van het opnamesysteem (Yoshida, 1964) meer Ca en Mg opgenomen zal worden, temeer ook omdat de calciumconcentratie in de voedingsoplossing verhoogd werd. Omdat kalium met name door de gramineeën sneller en in grotere hoeveelheden opgenomen wordt dan de tweewaardige voedingskationen zal bij OK-voeding de uit de opname van kationen voortvloeiende HCO_3^- -opname (Dijkshoorn et al., 1968) of H^+ -afgifte (Hendricks, 1966) stagneren en zal als gevolg daarvan het gehalte aan organische anionen (C—A) dalen. Deze daling treedt ook op wanneer door het weglaten van nitraat-stikstof geen metabolische omzetting van stikstof in organische N meer plaats heeft. Wanneer de K- of NO_3^- -voeding weer hersteld werd uit zich dat in een verhoogde opneming (fig. 10) en reductie van NO_3^- -stikstof en daardoor hogere produktie van organische anionen weergegeven door het (C—A)-gehalte. De veranderingen van C—A in relatie tot K- resp. NO_3^- -onttrekking, c.q. hernieuwde toevoer, treden althans bij Engels raaigras (Dijkshoorn et al., 1968) binnen een periode van zeven dagen op, zodat de hier geschetste situatie (de jonge tarweplanten zijn vergelijkbaar met het raaigras) als nieuwe evenwichtstoestand beschouwd moet worden.

5.3.3 Gehalten der voedingsstoffen in delen van hoofdspruit en in zijspruiten

Het onderscheiden der delen van de hoofdspruit heeft plaats gehad vanaf 49 dagen na opkomst. Op dat tijdstip waren in 1966 de objecten ON, 0 en OK niet meer in de proeven opgenomen. Aangezien bleek (5.3.2) dat de planten die opnieuw op NPK-oplossing geplaatst werden op dezelfde wijze reageerden als de NPK-planten kan volstaan worden met het vermelden van de gegevens van laatstgenoemden. Dit gebeurt dan evenzo voor de in 5.3.4 te behandelen verdeling van voedingsstoffen.

Natrium wordt om in 5.3.2 genoemde redenen buiten beschouwing gelaten.

De gehalten van de voedingsstoffen in de zijspruiten veranderden op dezelfde wijze als die der hoofdspruiten maar waren met name voor stikstof en kalium op elk tijdstip hoger dan die der hoofdspruiten (fig. 11A en B). Dit is een gevolg van het feit dat de zijspruiten relatief jonger zijn en er bovendien steeds zijspruiten gevormd worden.

Het kaliumgehalte in de bladeren (fig. 11A) daalde tot de laatste oogst, terwijl in de stengels (incl. bladscheden) na een sterke daling vlak voor de bloei, het gehalte enigszins steeg en daarna geleidelijk daalde. Het gehalte in de korrels en in het kaf was constant gedurende de afrijping maar in het kaf steeg het gehalte duidelijk gedurende de korrelontwikkeling.

Het calcium- en magnesiumgehalte in de bladeren steeg regelmatig gedurende de periode na de maximale bladproduktie. In de stengel daalde het magnesiumgehalte tot de helft van de oorspronkelijke (100 meq/kg) waarde. Het calciumgehalte in de stengel vertoonde een lichte daling voor de bloei. Beide gehalten bleven daarna constant maar

Fig. 11A. Gehalten van voedingsstoffen (meq/kg) in delen van de hoofdspruit en in zijspruiten van tarwe, waterculture 1966.

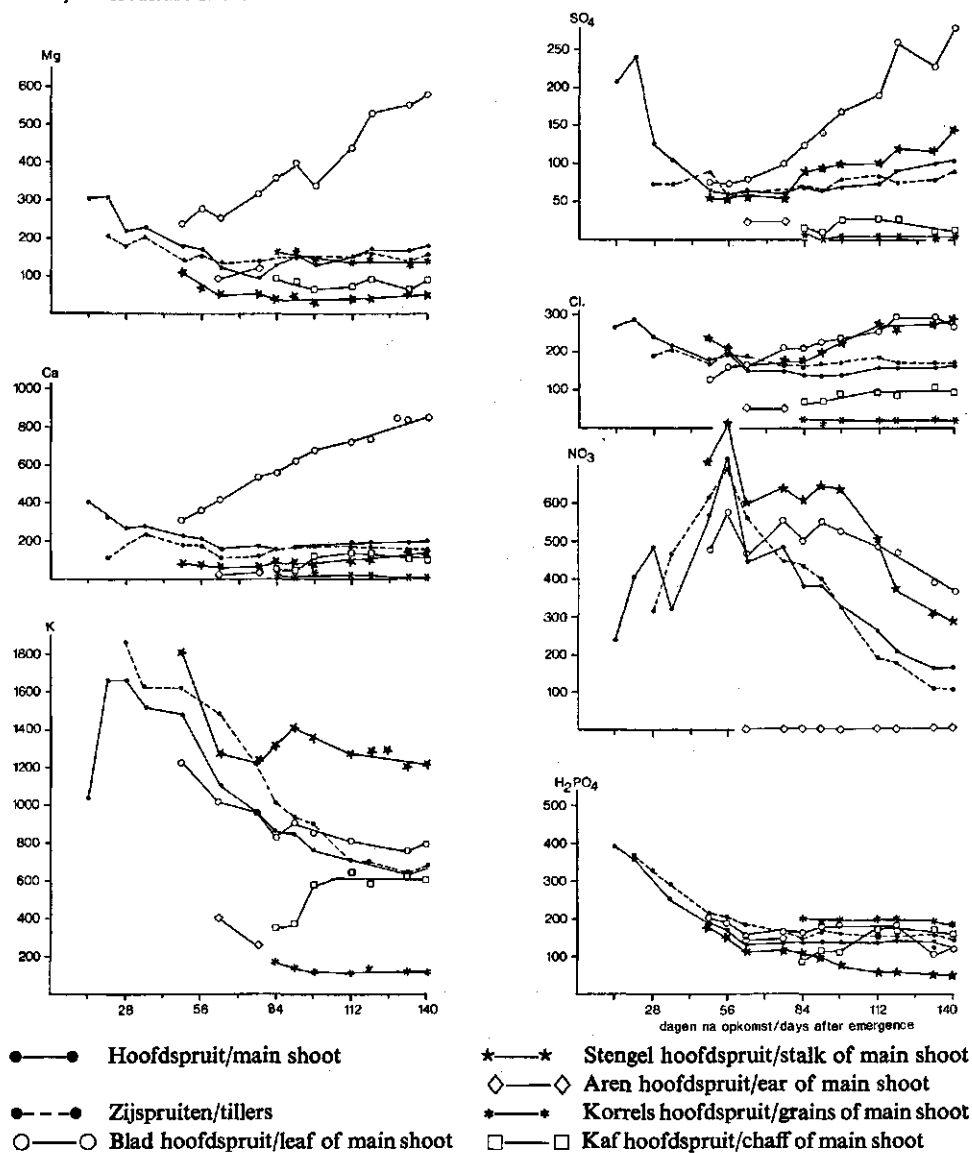


Fig. 11A. Contents of nutrients (meq/kg) in parts of main shoot and tillers of wheat, water culture 1966.

Fig. 11B. Als 11A.

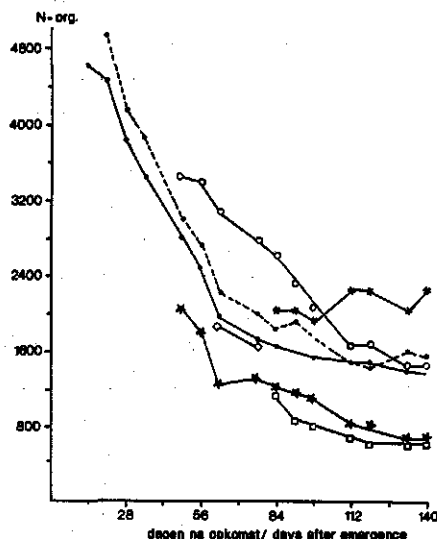
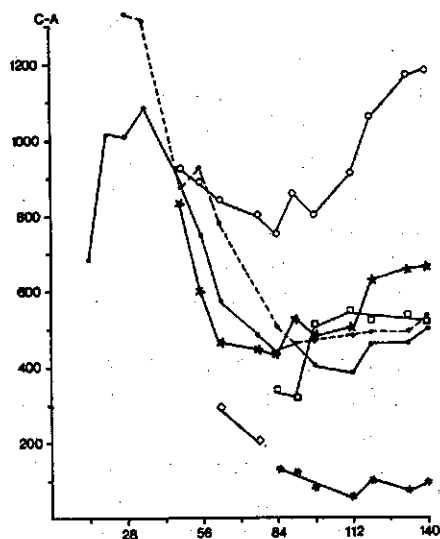


Fig. 11B. As 11A.

stegen iets aan het einde van de proefperiode. In de korrel was het calciumgehalte constant laag (10–15 meq/kg) in vergelijking met het eveneens constante Mg-gehalte (± 150 meq/kg). Het calciumgehalte in het kaf steeg tijdens de ontwikkeling van de korrel en bleef evenals het magnesiumgehalte constant gedurende de rijping.

Het fosfaatgehalte (als meq H_2PO_4 per kg droge stof) daalde sterk in stengel en blad vlak voor de bloei, bleef in de bladeren daarna vrijwel constant tot de allerlaatste fase van de rijping, terwijl het gehalte in de stengel geleidelijk daalde (fig. 11A). Het fosfaatgehalte in de korrel en in het kaf was constant. In het laatste geval is dit voorafgegaan door een stijging tijdens de ontwikkeling en de eerste rijpingsfase van de korrel.

Het nitraatgehalte daalde vooral in de stengel (minder in de bladeren) gedurende de eerder genoemde periode vóór de bloei, bleef daarna constant tot de afrijping en daalde daarna vooral in de stengel. In de korrel werd geen, in het kaf waarden tot 20 meq NO_3 per kg droge stof gevonden (in fig. 11A niet apart aangegeven).

De chlorideconcentraties in blad, stengel en kaf stegen tot het begin van de afrijping en bleven daarna constant, zoals ook voor het Cl-gehalte in de korrel gedurende de gehele ontwikkeling gold.

Het SO_4 -gehalte steeg in blad en stengel gedurende de korrelontwikkeling en rijping terwijl in de laatste rijpingsfase de tendens bestaat (niet duidelijk door de grote variatie tussen de planten op de onderscheiden tijdstippen) van een iets sterkere stijging. In dezelfde periode daalde het SO_4 -gehalte in het kaf. De waarden in de korrel (ca 5 meq/kg) waren laag en mede gezien de gebruikte bepalingmethode zijn verschillen niet van betekenis.

Het (C—A)-gehalte van blad en stengel (fig. 11B) daalde tot omstreeks de bloei en

bleef daarna nagenoeg constant tot de rijpingsfase waarna weer stijging optrad. Deze stijging kwam in het blad overeen met de toename van calcium en magnesium (de stijging van sulfaat en chloride werd gecompenseerd door de daling van het nitraatgehalte). Het is evenwel niet aannemelijk dat calcium en ook magnesium in het verouderde blad gebonden zijn aan organische anionen (citraten, malaten, etc.) uit het stofwisselingsproces, zoals dat het geval is voor jong bladmateriaal van bijv. Engels raaigras (Dijkshoorn et al., 1968). Ringoet & De Zeeuw (1968) vonden in oudere haverplanten (omstreeks de bloei) ^{45}Ca terug in de uitwisselbare (dus niet wateroplosbare) fractie terwijl uit histo-autoradiogrammen bleek dat Ca vooral gevonden wordt in de wortels (erin of er tegen aan), langs de wanden van de transportcellen en in sklerenchymcellen.

Het stikstofgehalte daalde gedurende de gehele groeiperiode in blad, stengel en kaf en steeg in de korrel (fig. 11B). De daling voor de bloei was sterker dan na deze periode. In de stengel trad een opvallende verlaging van het stikstofgehalte op in het interval 56–63 dagen na opkomst (voor nitraat en kalium werd een dergelijke verlaging gevonden). Deze verlaging zou volgens Williams (1938) een gevolg kunnen zijn van onttrekking van stikstof door de zijspuiten aan de hoofdspuit ondanks het hoge aanbod van stikstof in het voedingsmilieu. Er zou dan sprake zijn van een intern stikstoftekort gedurende de snelle ontwikkeling van zijspuiten als gevolg van onvoldoende opnamecapaciteit der wortels. De N-gehalten (fig. 11) en de N-opneming van de zijspuiten leveren evenwel geen gegevens voor een verdere verklaring. Het is ook mogelijk dat de N-opneming stagneert wanneer de plant bij vorming van de aar veel koolhydraten verbruikt. Volgens Wardlaw & Porter (1967) gaan in de periode voor de bloei wel koolhydraten (uit de twee bovenste internodiën) naar de aar en naar de jonge zijspuiten maar niet naar de wortels. Hieruit resulteert een verminderde N-opname en dit verklaart tevens de relatief lage NO_3^- - en K-gehalten in dezelfde periode (vgl. 5.3.2).

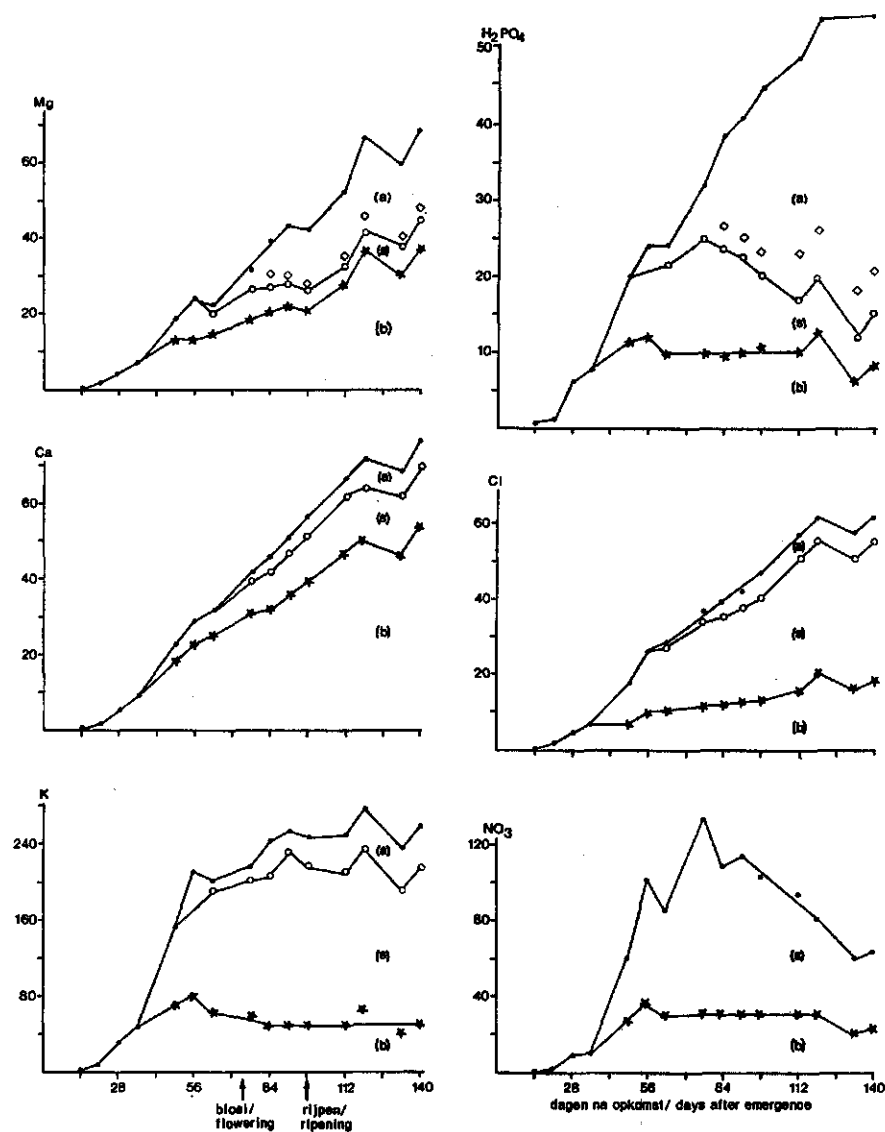
Voor gerst werd door Burd (1919) eveneens verlaging van de hoeveelheid kalium gevonden vóór de bloei. De verklaring hiervoor, gegeven door Lawton & Cook (1954), is dezelfde als die van Wardlaw & Porter (1967).

5.3.4 Verdeling van voedingsstoffen in de plant bij continue voeding

De hoeveelheden voedingsstoffen in de onderscheiden plantedelen van de hoofdspuit namen tot ongeveer 56 dagen na opkomst toe. Op dit tijdstip waren de bladeren volgroeid en nam de hoeveelheid stikstof (fig. 12B), fosfaat, nitraat en kalium (fig. 12A) in het bladmateriaal af. Voor stikstof zette deze afname zich voort tot het einde van de groei, voor de andere genoemde elementen bleef de voorraad vanaf 63 dagen na opkomst gedurende de verdere groeiperiode constant en daalde slechts voor fosfaat en nitraat in de allerlaatste fase van de rijping. De hoeveelheden stikstof, nitraat en fosfaat in de stengel namen toe tot de periode van de bloei of vlak daarna en daalden daarna geleidelijk.

Van calcium, magnesium, chloride en sulfaat nam de voorraad in alle plantedelen regelmatig toe, terwijl de hoeveelheid organische anionen (uitgedrukt als C—A) in blad

Fig. 12A. Opname van voedingsstoffen (meq/100 planten) door delen van de hoofdspruit van tarwe waterculture 1966. (b) blad hoofdspruit, (s) stengel hoofdspruit, (a) aar hoofdspruit; voor kaf (= aar minus korrel) zijn alleen de symbolen getekend.



- Hoofdspruit/main shoot
- ★ Blad hoofdspruit/leaf of main shoot
- ◇ Kaf hoofdspruit/chaff of main shoot
- *—○ Stengel hoofdspruit/stalk of main shoot
- Aar hoofdspruit/ear of main shoot

Fig. 12A. Uptake of nutrients (meq/100 plants) in parts of main shoot of wheat, water culture 1966. (b) leaf of main shoot (s) stalk of main shoot (a) ear of main shoot; for chaff (= ear minus grains) only symbols are used.

Fig. 12B. Als 12A.

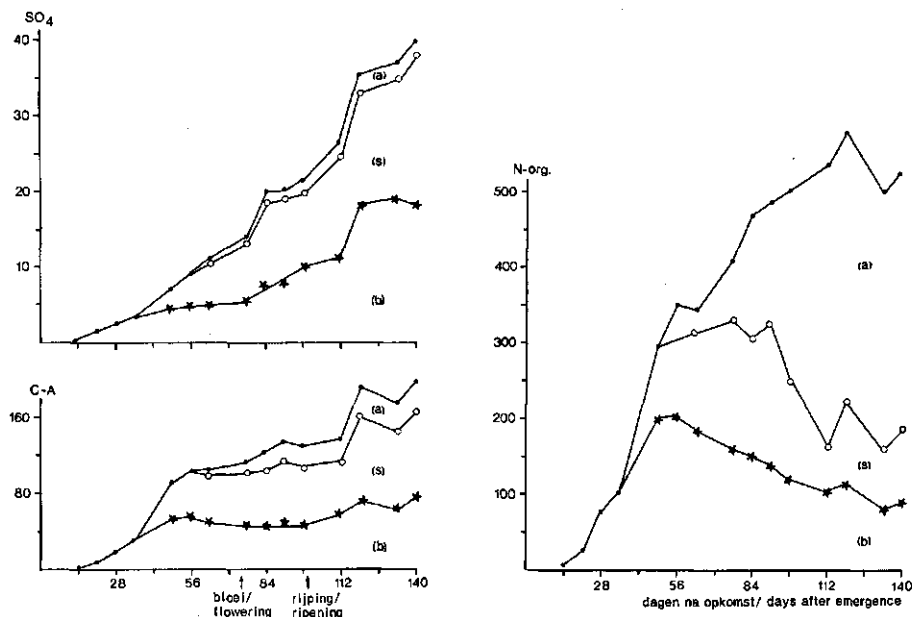


Fig. 12B. As 12A.

en stengel constant bleef vanaf de uitstoeeling tot de afrijping en daarna steeg in beide delen.

De relatieve verdeling (%) van de voedingsstoffen volgt uit fig. 13. Opvallend is het grote aandeel van de aar (overwegend korrel) bij fosfaat en stikstof, overeenkomend met de drogestofverdeling. Het aandeel van calcium, kalium, chloride, sulfaat en organische anionen in de aar is relatief gering. Magnesium neemt een tussenpositie in. Voor stikstof, fosfaat, sulfaat en organische anionen is het aandeel voor blad en stengel gelijk, voor kalium, chloride en nitraat is het stengelaandeel hoger, terwijl voor magnesium en calcium het omgekeerde geldt.

Uit de voorafgaande gegevens blijkt dat afvoer van voedingsstoffen uit een (meestal verouderend) plantedeel zonder compensatie door aanvoer uit het voedingsmilieu alleen optreedt voor stikstof en fosfaat. De hoeveelheden (uitgedrukt als % van de maximale hoeveelheden) bedragen echter slechts 50% voor fosfaat uit de stengel en eveneens 50% voor stikstof uit stengel en uit blad, terwijl door Petrie (1937) en Williams (1938, 1955) hogere waarden (tot 90%) voor N-transport uit tarwebladeren gevonden werden zonder dat het niveau van de N-, resp. P-voeding hierop van invloed was. Men mag aannemen dat onder de proefomstandigheden, waarbij de bladeren lang groen blijven (4.4) en hun vermogen tot eiwitsynthese behouden (Engel, 1929; Walkley, 1940; Walkley & Petrie, 1941; Dilz, 1964) de netto-afname tot een minimum beperkt zal blijven.

Hoewel voor kalium, calcium, magnesium, chloride en sulfaat uit deze gegevens niet

Fig. 13. Relatieve verdeling (%) van voedingsstoffen in delen van de hoofdspruit van tarwe, water-cultuur 1966. (b) blad hoofdspruit, (s) stengel hoofdspruit, (a) aar hoofdspruit.

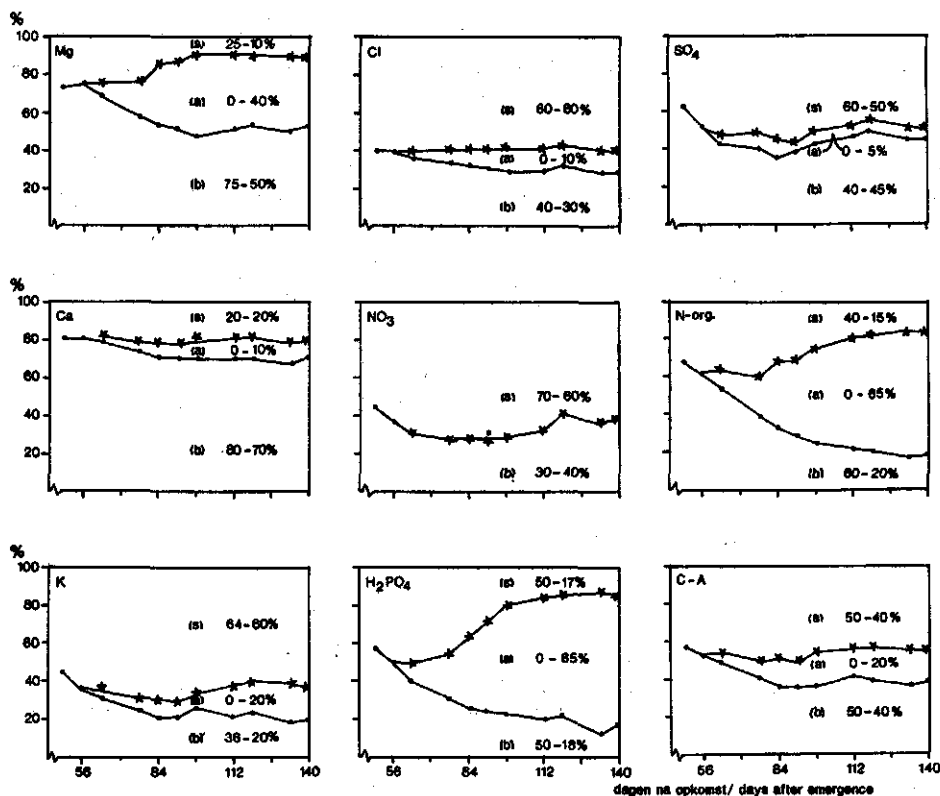


Fig. 13. Relative distribution of nutrients in parts of main shoot of wheat, water culture 1966. (b) leaf of main shoot, (s) stalk of main shoot (s) ear of main shoot.

tot het optreden van herverdeling binnen de plant besloten kan worden wijkt het tijd-opname-patroon voor kalium (fig. 12A) duidelijk af van dat der andere hier genoemde elementen. Terwijl de toeneming van Ca en Mg per tijdseenheid gedurende de groei-periode nagenoeg dezelfde blijft, neemt die voor kalium na de bloei duidelijk af. De verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat kalium weer afgevoerd wordt uit de plant, terwijl calcium en magnesium opgeslagen blijven. Uit de gegevens van Knowles & Watkin (1931) blijkt dat 50% van de maximale hoeveelheid kalium (20% van het calcium en ongeveer 35% van het chloride) uit de tarweplant verdwijnt, terwijl Wagner (1932) bij haver tot 70% K-verliezen vond. Deze waarden zijn hoog en slechts deels te verklaren uit terugtransport via de wortel naar de grond, daar bij deze veldproeven of potproeven in de open lucht zeker rekening gehouden moet worden met verliezen door uitspoelen uit het blad en verlies van bladmateriaal.

5.3.5 Stikstofopname versus droog en vers gewicht van tarweplanten

Volgens Van Dobben (1959) bestaat er tot de bloei een lineair verband tussen de opgenomen hoeveelheid stikstof en het vers gewicht van tarweplanten onder optimale

Fig. 14. N-opname (meq/100 planten) in relatie met vers (beneden) en droog gewicht (boven) in hoofdspruit (links) en bovengrondse delen (rechts) van tarwe bij intermitterende voeding, water-cultuur 1967.

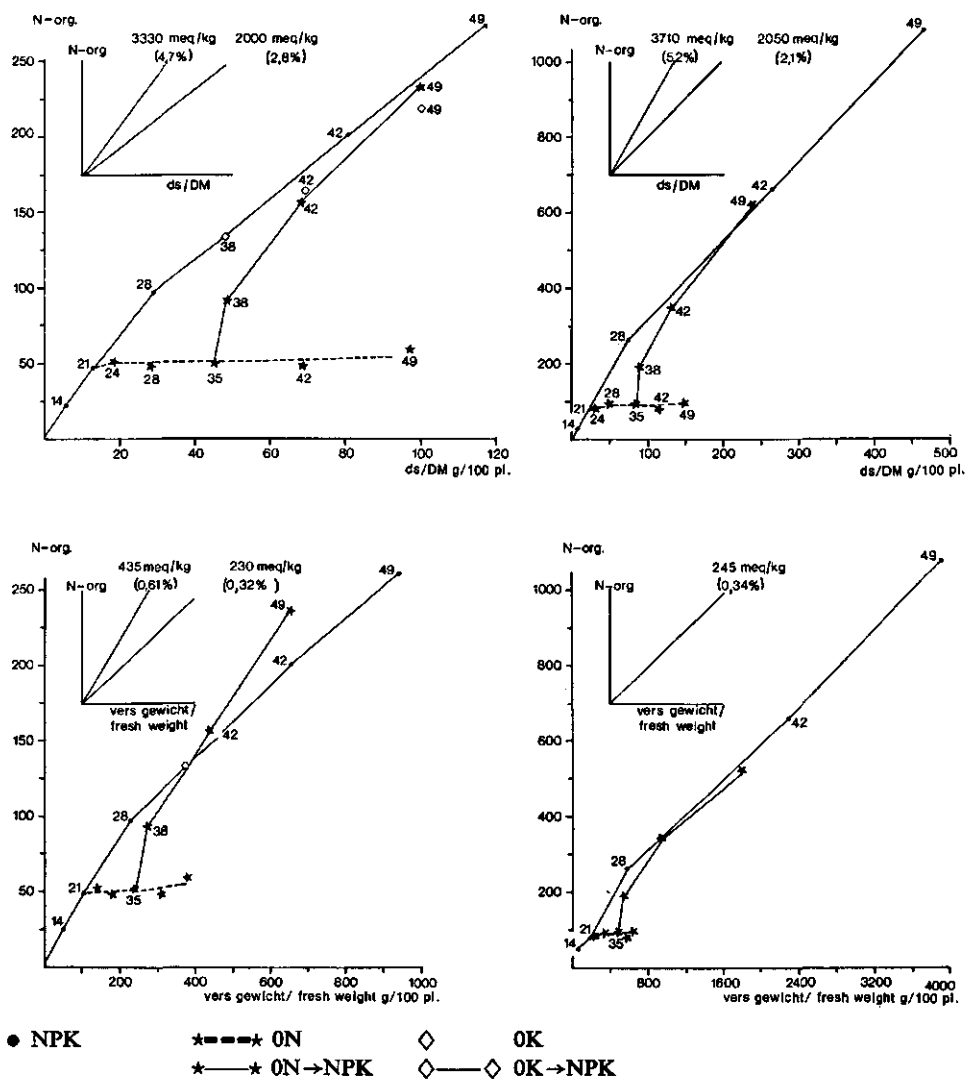


Fig. 14. N uptake (meq/100 plants) in relation to fresh (below) and dry weight (above) in main shoot (left) and aerial parts (right) of wheat with intermittent nutrition, water culture 1967.

voorziening van water en voedingsstoffen. Het stikstofgehalte zou onder deze omstandigheden 0,74% bedragen, berekend op vers gewicht. In meer recente proeven werd door Van Dobben (1961) 0,47% N op basis van vers gewicht gevonden. De gegevens uit de hier beschreven proeven (fig. 14) geven geen aanleiding een dergelijk lineair verband te veronderstellen noch voor de hoofdspruit noch voor de plant als geheel. Men kan slechts een rechtlijnig verband tussen de genoemde grootheden veronderstellen gedurende een bepaalde ontwikkelingsfase maar dit geldt dan uiteraard zowel voor de relatie van de stikstof-opname met het vers als met het droog gewicht. De stikstofgehalten op basis van vers gewicht bedroegen voor de hoofdspruit 0,61% en 0,32% voor resp. de periode vóór het uitstoelen (tot 28 dagen na opkomst) en de daarop volgende periode. Het gemiddelde van deze twee waarden komt overeen met de waarde 0,47 welke door Van Dobben (1961) gevonden werd. Op basis van droog gewicht bedroegen de N-gehalten 4,7 resp. 2,8% voor 1967, terwijl in 1966 3,1% gevonden werd voor de periode vanaf het uitstoelen. Ook bij zomerrogge neemt het N-gehalte op basis van vers gewicht in de hoofdspruit af (Van Os, 1966) van ongeveer 0,6% in de periode van 0 tot 30 dagen tot ongeveer 0,45% na 30 dagen.

Na het weglaten van stikstof uit de voedingsoplossing nam de hoeveelheid organische stikstof nog toe tot alle nitraat verbruikt was en bleef daarna constant zolang de minus N-periode duurt (fig. 14). De plant produceert relatief N-arme droge stof (Van Dobben, 1959). Men mag dan een hoog gehalte aan oplosbare koolhydraten verwachten (Alberda, 1959, 1965). Wanneer opnieuw stikstof aangeboden werd betekent dit een verhoogde N-opneming (t.o.v. de drogestofproductie), zodat na enige tijd (1 à 2 weken) weer hetzelfde verband gevonden wordt als bij de steeds met stikstof gevoede planten. De veronderstelling van Van Dobben (1959) dat er voor de planten met periodiek N-tekort een andere relatie tussen opbrengst (droge stof) en N-opname zou bestaan wordt niet bevestigd door vergelijkbare proeven van dezelfde auteur (Van Dobben, 1961) en komt ook in deze experimenten niet tot uiting.

Het weglaten van kalium had geen aantoonbare invloed op de relatie N-opneming: drogestofproductie.

Gedurende de verdere ontwikkeling (vóór en na de bloei) der proefplanten bleef de drogestofproductie van de hoofdspruit en ook de N-opname bij het object ON → NPK achter bij die van de NPK-planten (vgl. fig. 9). Omdat het N-gehalte in beide gevallen hetzelfde bleef was er geen sprake van N-tekort bij de ON → NPK-planten maar zal lichttekort de drogestofproductie verminderd hebben. Dit kan omdat bij NPK-planten de hoofdspruit duidelijk boven de zijspruiten uitstak terwijl bij de ON → NPK-planten de hoofdspruit even lang was en bovendien omgeven werd door een relatief groot aantal zijspruiten.

6 Intermitterende voeding gedurende uitstoeling en strekking (watercultures 1966, 1967)

6.1 Inleiding

Afgezien van het experiment met haver in 1964 en de proeven met haver en tarwe in 1965, die hier buiten beschouwing blijven, vallen onder dit hoofdstuk de onderbrekingen van de voeding op 28 en 56 dagen na opkomst voor het proefjaar 1966 en voor 1967 de onderbreking op 49 dagen na opkomst.

In 1967 werden de objecten ON en OK, in 1966 voor het tijdstip 28 dagen na opkomst bovendien het object O, en voor het tijdstip 56 dagen alleen het object O in de proef opgenomen. In 1966 duurde de ON-, de OK- en de O-voeding 21 dagen. In 1967 was dit 28 dagen voor ON en OK en voor OK bovendien tot de eindoogst (fig. 3 en 4). De onderbreking van de voeding in 1966 op 28 dagen na opkomst valt samen met het allereerste begin der uitstoeling. Het aantal zijspuiten van de NPK-planten was toen 3,3 per plant en het droog gewicht ongeveer 50 mg per zijspuit. Bij het begin der onderbreking op 56 (1966) en 49 (1967) dagen na opkomst bedroeg het aantal zijspuiten gemiddeld 5 per plant en het droog gewicht ongeveer 600 mg per zijspuit. Ongeveer op dit tijdstip begint ook de strekking van de hoofdspuit.

6.2 Drogestofproductie van hoofd- en zijspuiten

Bij het stopzetten van de N-voeding (object ON) of van de volledige voeding (object O) in de beginperiode van de uitstoeling (fig. 15, 1966) daalde de drogestofproductie van de hele plant beneden die der controleplanten (object NPK). Het droog gewicht van de hoofdspuit was evenwel duidelijk hoger dan bij de volledig gevoede planten (fig. 15 links, 1966). Aangezien ook het aantal zijspuiten bij de objecten ON en O gedurende de minus-periode (waarin ook N-gebreks-symptomen optraden) vrijwel gelijk bleef (tabel 10) wijst dit op een gunstiger positie van de hoofdspuit t.o.v. de zijspuiten. Dit bleek ook al bij de in hoofdstuk 5 behandelde onderbreking van de voeding vóór de uitstoeling waar deze achterwege bleef tot opnieuw stikstof werd toegediend.

De onderbreking van de K-voeding had geen aanwijsbare invloed op het gewicht der hoofdspuiten en op het aantal en gewicht der zijspuiten. Wel vertoonden de planten slaphangende bladeren.

Het effect van de N-onttrekking op latere tijdstippen gedurende de uitstoeling had een nog groter effect op de drogestofproductie van de hoofdspuit (fig. 15 links, 1967) terwijl de drogestofproductie van de hele plant gelijk (1966) of zelfs duidelijk hoger (fig. 15 rechts, 1967) was dan die der (NPK)-planten.

Fig. 15. Droge stof (g/100 planten) van tarwe bij ON-, 0- en OK-voeding tijdens de uitstoeeling, watercultures 1966, 1967.

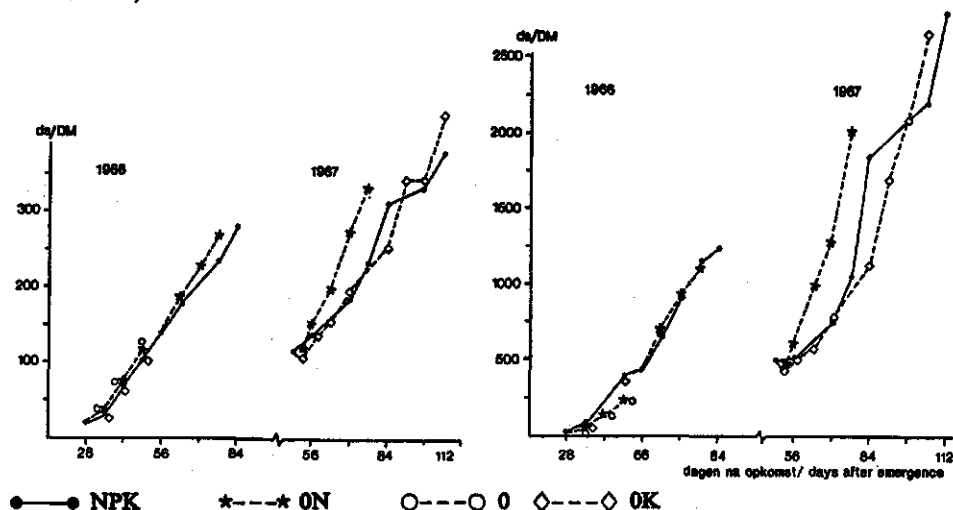


Fig. 15. Dry matter (g/100 plants) of wheat with ON, 0 and OK nutrition during tillering, water cultures 1966, 1967.

Ten aanzien van de hoofdspuit kan in dit geval dezelfde redenering gelden als in het voorgaande maar de hogere totaalopbrengst als gevolg van het weglaten van stikstof is niet duidelijk. Visueel waren er vooral in 1967 nauwelijks verschillen in kleur tussen de ON- en de NPK-planten, terwijl de verschillen in drogestofgewicht van de hoofdspuit bij deze objecten wel met het oog te zien waren.

Het gunstige effect van weglaten van een der voedingsstoffen op de drogestofproductie van tarwe werd al gedemonstreerd door Gericke (1924a, 1924b, 1925). Door het weglaten van K, Mg, PO_4 of SO_4 uit de voedingsoplossing nadat de planten 4, 6, 8 of 10 weken op de volledige voedingsoplossing gegroeid hadden (Gericke, 1925) werden hogere korrel- en stro-opbrengsten verkregen dan bij planten die op een regelmatig ververste oplossing stonden. Het weglaten van N, Fe en Ca leidde in alle gevallen tot lagere stro- en korrelopbrengsten. Deze gegevens voor tarwe worden niet bevestigd voor mais bij periodiek weglaten van kalium (Liesegang, 1927). Zattler (1934) vond in een uitvoerige proef met hop geen gunstig effect van het weglaten van resp. N, P, K en Ca zowel wanneer de onttrekking plaatsvond in het jeugd stadium als bij oudere planten. Ook de proeven van Berthold (1930, maar reeds uitgevoerd in de jaren 1900-1910) met mais, waarbij na kortere of langere groei op volledige voeding de planten overgezet werden op leidingwater, gaven lagere opbrengsten. Daarentegen wijst Brenchley (1929) op het geringe voordeel (in sommige gevallen zelfs nadeel) van P-toediening bij gerst gedurende langer dan de eerste 8 weken van de groei. Recentere gegevens van Achtnich (1954) met gerst en haver wijzen erop dat met name bij gerst weglaten van P gedurende 2 à 3 weken na het jeugd stadium tot hogere korrel- en stro-opbrengsten leidt dan wanneer langer P toegediend wordt. Indien kalium en stikstof

Tabel 10. Aantal zijspuiten per 100 planten bij intermitterende N- en K-voeding tijdens de uitstoeing en de strekking. Watercultures 1966 en 1967 / Number of tillers per 100 plants under intermittent N and K nutrition during tillering and shooting. Watercultures 1966 and 1967.

Dagen na op- komst / Days after emergence	1966								1967						
	NPK	ON	ON	0	OK	ON	ON	0	OK	NPK	ON	OK	ON	OK	OK
						→	→	→	→				→	→	→
						NPK	NPK	NPK	NPK				NPK	NPK	NPK
28	330	.		.						.					
35	453	.		254	232					.					
42	.	228		267	276	.		.	.	436					
49	589	237		279	625	646		783	342	530	.	.			
52	.					734		.	.	.	550	519			
56	459	.		.				729	429	493	538	532			
63	623		621	.		.		.	.	.	575	476	.	.	
66	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	488	699	
70	.		555	.	.	.		738	733	507	525	561	545	757	
77	678		533			834	533	822	639	638	738	.	876	813	
84	838					765	621			1139		857	851	857	
91	.					.				.		863	789	1019	.
94	.					.				.	.	.	.		1007
98	1029						646			822	1396	.	.		1163
105	.					.				877	1338	1161	1283	1019	
112	923						934			979	.	.	.	.	
119	1147						1034			.		1588	1544	1557	1109
126	.									1471	.	.	.	.	
133	1425						1535			1638	1707	1562	1596	1432	
140	1905						1663			.	.	.	.	.	
147										1819	1976	1919	1619	2045	

en bij haver ook fosfaat weggelaten werd, werden bij dit onderzoek in geen der behandelingen de opbrengsten van het vergelijkingsobject (= steeds gevoede planten) overschreden. Het weglaten van zowel N, P als K op hetzelfde tijdstip gedurende één of meer perioden tijdens de groei, zoals uitgevoerd werd in omvangrijke experimenten met gerst (Heyland, 1961) en aardappelen (Heyland, 1963), bleek niet te leiden tot opbrengstverhoging in vergelijking met de steeds gevoede planten.

De hierboven vermelde gegevens uit de literatuur geven geen aanknopingspunt voor een verklaring van de hogere drogestofopbrengsten bij weglaten van stikstof gedurende de uitstoeing. Het is echter waarschijnlijk dat wanneer de bedoelde onderbreking langer voortgezet wordt de uiteindelijke stro- en korrelopbrengsten beneden die der NPK-planten zullen liggen. Dit bleek ook uit proeven met Engels raaigras op oplossingen met hoge en lage NO_3 -concentraties (Alberda, 1965) waarbij de grasproductie in het laatste geval (laag NO_3) na maximaal twee weken daalde beneden die der goed gevoede planten. Verder dient opgemerkt te worden dat weglaten van alle voedingsstoffen (object 0) tijdens de uitstoeing bij haver in 1964 tot dezelfde opbrengstverschil-

lende leidde, maar dat in de proefjaren 1965 (tarwe en haver) en 1966 (tarwe) de verschillen in drogestofproductie van de hele plant statistisch niet significant waren.

Het weglaten van kalium (in de experimenten van 1966 en 1967) gedurende kortere of langere periode leidde niet tot opbrengstverschillen en onder deze omstandigheden ook niet tot K-gebrekssymptomen. Het door Löhner (1953) gevonden uitgroeien van zij-spruiten en afsterven van de hoofdas bij haver en gerst (maar gesteld als kenmerkend voor granen) was niet aanwezig. Kennelijk was de kaliumvoorraad in de plant aangevuld met de opname van K als verontreiniging in de voedingsoplossing voldoende om de K-voorziening op peil te houden.

De relatieve verdeling van de droge stof over de delen van de hoofdspruit (fig. 16) gaf afwijkingen van de steeds gevoede planten voor de objecten 0N en 0 in het proefjaar 1966 (slechts één waarnemingspunt) en voor het object 0N 1967. In deze gevallen werd het visuele beeld van de 'zware' stengels bevestigd. Uit dezelfde figuur blijkt dat de drogestofverdeling over blad, stengel en aar van de hoofdspruit voor planten die intermitterend gevoed werden na korte tijd niet van de NPK-planten verschilde. Wanneer zoals in 1966 ook bij het begin der uitstoeling N onthouden werd (0N vanaf 28 dagen na opkomst), en op 42 dagen na opkomst herstel van de N-voeding plaats had, bleef de opbrengst van de hoofdspruit vanaf 56-84 dagen (op 84 dagen was het einde van dit object) achter bij die der NPK-planten, zoals dat ook in 5.3.5 beschreven werd. Hoewel te verwachten was dat bij deze N-onthouding in een betrekkelijk vroeg

Fig. 16. Verdeling van droge stof (%) in de hoofdspruit van tarwe bij intermitterende N- en K-voeding tijdens de uitstoeling, watercultures 1966, 1967. (b) blad hoofdspruit, (s) stengel hoofdspruit, (a) aar hoofdspruit.

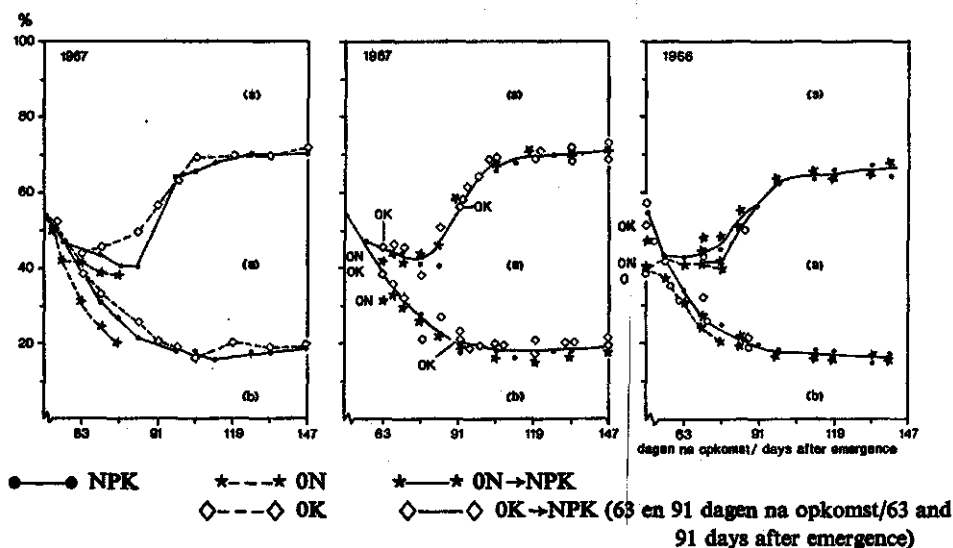


Fig. 16. Distribution of dry matter (%) in the main shoot of wheat with intermittent N and K nutrition during tillering, water cultures 1966, 1967. (b) leaf of main shoot, (s) stalk of main shoot, (a) ear of main shoot.

Tabel 11. Verdeling van droge stof (%) van hoofd- en zijspuiten van tarwe op 84 dagen na opkomst, watercultuur 1966 / Distribution of dry matter (%) in main shoots and tillers of wheat 84 days after emergence, water culture 1966.

	Hele plant / Whole plant		Hoofdspruit / Main shoot		
	hoofdspruit / main shoot	zijspuiten / tillers	blad / leaf	stengel / stalk	aar / ear
NPK	18,1	81,9	20,9	45,5	33,6
ON → NPK	24,9	75,1	19,1	43,6	37,3
0 → NPK	23,8	76,2	19,0	44,9	36,1
OK → NPK	24,9	75,1	22,6	46,1	31,3

stadium het aandeel droge stof der zijspuiten bij ON → NPK hoger zou worden dan voor NPK (vgl. fig. 9) was dit op 84 dagen na opkomst nog niet het geval (tabel 11).

In tabel 11 is ook te zien dat de verdeling binnen de hoofdspruit voor ON → NPK en 0 → NPK in vergelijking met NPK en OK → NPK in geringe mate verschoven is naar de aar, waaruit de invloed van de ON- resp. 0-behandeling op de aarvorming blijkt.

De gegevens van de korrelopbrengsten volgen uit tabel 12. In 1966 werd alleen het ON → NPK-object waarbij N-onthouding vanaf 56 dagen na opkomst plaats had voortgezet tot het einde van de proef. Bij het object ON → NPK werd het lagere 1000-korrel-gewicht (in vergelijking met NPK) van de hoofdspruit gecompenseerd door een groter aantal korrels per aar, zodat de totale korrelopbrengst van de hoofdspruit voor beide objecten gelijk was. Het lagere aantal korrels per aar en het lagere 1000-korrel-gewicht van de zijspuiten bij ON → NPK dan bij NPK leidde in 1966 tot een duidelijk lagere opbrengst bij eerstgenoemde ON → NPK-planten (het aantal zijspuiten per plant is gelijk).

Dit is een gevolg van het opnieuw toedienen van stikstof waardoor de afrijping van vooral de zijspuiten vertraagd wordt en dit komt duidelijker tot uiting wanneer zoals in 1966 betrekkelijk vroeg geoogst wordt.

Uit de gegevens van 1967 (tabel 12) blijkt dat evenals voor 1966 bij ON → NPK een hoger aantal korrels per aar en een lager 1000-korrel-gewicht gevonden werd, waardoor het opbrengstverschil met de NPK-planten nihil was. Dit gold niet voor de zijspuiten waarbij het aantal zijspuiten groter maar het aantal korrels per aar en het 1000-korrel-gewicht kleiner was dan voor de steeds gevoede planten.

De opbrengstverschillen tussen de NPK-planten en die der K-objecten (OK, OK → NPK (korte onderbreking) en OK → NPK (lange onderbreking der K-voeding) waren voor de korrels van de hoofdspruit niet duidelijk en voor de totale korrelopbrengst zeer duidelijk. Het kleiner aantal korrels per aar voor de hoofd- en zijspuiten der K-objecten en het lagere 1000-korrel-gewicht bij de zijspuiten komt overeen met de resultaten van Mengel & Forster (1968) met gerst, maar het aantal zijspuiten met aar was in de eigen experimenten zelfs enigszins hoger dan bij de NPK-planten. De

Tabel 12. Korrelopbrengst-bepalende factoren voor hoofd- en zijspuiten van tarwe bij intermitterende N- en K-voeding tijdens de uitstoeling en het schieten, watercultures 1966 en 1967. / Grain yield determining factors for main shoots and tillers of wheat under intermittent N and K nutrition during tillering and shooting, water cultures 1966 en 1967.

	1966		1967				
	ON →		ON →		OK	OK →	
	NPK	NPK	NPK	NPK		NPK	NPK
<i>Hoofdspruit / Main shoot</i>							
aantal korrels per aar / grains per ear	29,6	31,5	36,4	38,0	30,9	35,7	30,8
1000-korrel-gewicht / 1000-grain weight (g)	47,5	44,4	52,4	49,4	52,6	48,7	49,1
korrelopbrengst / grain yield (g/100 pl.)	140,6	139,9	191,3	187,5	162,5	172,1	151,3
<i>Zijspuiten / tillers</i>							
aantal met aar / number with ears per 100 plants.	1048	957	1057	1382	1526	1100	1413
aantal korrels per aar / grains per ear	20,9	14,1	34,5	17,5	20,2	23,7	16,2
1000-korrel-gewicht / 1000-grain weight (g)	44,2	37,1	45,2	42,7	38,9	42,3	42,9
korrelopbrengst / grain yield (g/100 tillers)	92,5	52,3	138,2	74,7	78,4	100,1	69,4
<i>Hele plant / Whole plant</i>							
korrelopbrengst / grain yield (g/100 plants)	1110,0	640,4	1652,1	1219,9	1358,9	1273,2	1131,9

genoemde onderzoekers vonden wanneer kalium (4 meq/l) weggelaten werd gedurende de uitstoeling een verlaging zowel van het aantal halmen als ook van het aantal korrels per aar en het 1000-korrel-gewicht.

Voor de zijspuiten geldt bij de OK → NPK-objecten dat een hogere korrelopbrengst per zijspuit samenging met een kleiner aantal zijspuiten en dat het aantal zijspuiten hoger was naarmate kalium langer onthouden werd. Hoewel in dit experiment de hoofdspruit niet duidelijk achteruit ging wijst het effect van de OK-behandeling in de richting van meer zijspuiten zoals aangegeven door Löhner (1953). Uit het voorgaande blijkt dat de invloed op de korrelopbrengst van de tarweplanten (hoofd- en zijspuiten) van een onderbreking der N-voeding gedurende de uitstoelingsfase niet leidt tot een overheersende invloed van de zijspuiten, met name het aantal van deze, zoals bij de onderbreking der N-voeding in een eerder stadium (hoofdstuk 6) bleek. De (niet significante) verschillen in het aantal zijspuiten (1967) werden gecompenseerd door tegengestelde verschillen in het aantal korrels per aar en in het 1000-korrel-gewicht.

6.3 Opname en verdeling der voedingsstoffen

6.3.1 Stikstof

Het N-org.-gehalte van de planten in 1966 bij de objecten 0N en 0 gedurende de periode 28-49 dagen na opkomst, daalde in die periode in vergelijking met de NPK-planten tot één vijfde (2073 voor NPK en 424 resp. 443 meq N-org. per kg voor 0N resp. 0) in de stengel en tot bijna één derde in de bladeren (3433 voor NPK en 1170 resp. 1300 meq N-org. per kg voor 0N resp. 0). Het NO_3 -gehalte daalde in die periode tot nul. Dit betekent dat onder invloed van behandelingen 0N en 0 vooral in de stengel N-arm materiaal gevormd werd. De onttrekking van kalium (object 0K) had eveneens een dalende invloed op de N-gehalten der plantedelen maar de relatieve verdeling wijkt niet af van die der NPK-planten. Bij N-onthouding op een later tijdstip (1966, 56-77 dagen) bleven de NO_3 -gehalten in blad en stengel (het NO_3 -gehalte van de aar is te verwaarlozen) op betrekkelijk hoog niveau (tabel 14). Desondanks daalde het N-org.-

Tabel 13. Relatieve verdeling (%) van droge stof en stikstof in de stengel van tarwe¹ op 49 dagen na opkomst bij NPK-, 0N-, 0- en 0K-voeding, watercultuur 1966. / Relative distribution of dry matter and nitrogen in stalks of wheat grown in NPK, 0N, 0K and 0 solutions 49 days after emergence, water culture 1966.

	NPK	0N	0	0K
Droge stof / Dry matter	44,9	61,5	60,0	48,3
Stikstof / Nitrogen	32,9	36,6	33,8	30,4

1. De waarden voor blad zijn 100 minus de in de tabel aangegeven waarden.

Tabel 14. NO_3 en N-org.-gehalte (meq/kg) in blad, stengel en aar van hoofdspruit van tarwe bij N- en K-onthouding tijdens het uitstoelen en het schieten, watercultuur 1967/ NO_3 and N-org. content (meq/kg) in leaves, stalks and ears of main shoots of wheat under conditions of N and K withdrawal during tillering and shooting, water culture 1967.

Dagen / Days	Nitraat / Nitrate NO_3						N-organisch / N organic					
	blad / leaves			stengel / stalk			blad / leaves		stengel / stalk			aar / ears
	NPK	0N	0K	NPK	0N	0K	NPK	0N	0K	NPK	0N	0K
49	573	.	.	1032	.	.	2972	.	.	1313	.	.
52	.	470	435	.	720	712	.	2840	2950	.	1400	1683
56	714	461	623	783	502	816	2526	2439	2607	1507	1115	1129
63	.	328	676	.	273	670	.	2157	2344	.	796	1040
70	765	214	679	808	149	631	2395	1983	2233	897	733	1054
77	692	169	.	664	39	.	2223	1681	.	744	434	.
											1830	2100
											1645	1810
											1696	
											1575	1383

gehalte in de onthoudingsperiode in het blad en vooral in stengels der hoofdspruiten, met als gevolg vorming van N-arm materiaal.

Het voorgaande wordt bevestigd door de gegevens van de proef in 1967 voor de ON periode van 49-77 dagen na opkomst (fig. 17 en tabel 14). De N-onthouding gedurende deze periode heeft (fig. 17) niet geleid tot een verminderde N-voorziening van de korrels van de hoofdspruit in vergelijking met de NPK-planten. Wel had in de stengel geen toename, in het blad zelfs afname, van de hoeveelheid stikstof plaats maar dit gold evenzeer voor de NPK-planten. Het verschil in aargewichten tussen ON- en NPK-planten op de onderscheiden tijdstippen zal een gevolg geweest zijn van een versnelde afrijping bij de eerstgenoemden ondanks het feit dat het NO_3 -gehalte in de plant (tabel 14) evenals in 1966 hoog blijft.

Wanneer de N- resp. O-voeding weer vervangen werd door NPK-voeding (1966, van 42-84 dagen) kwam dit het duidelijkst tot uiting in een snelle stijging van het NO_3 -gehalte. Na 3 weken waren de NO_3 -gehalten voor ON $\rightarrow$ NPK en O $\rightarrow$ NPK weer gelijk aan die der NPK-planten. De verdeling van stikstof over de delen van de hoofdspruit voor 0 c.q. ON $\rightarrow$ NPK en NPK (fig. 18) leidde tot een hoger aandeel van de aar omdat, althans tot 84 dagen na opkomst, de hoeveelheid organische stikstof in de hele plant, in blad en in stengel lager en in de aar gelijk was voor de onderscheiden objecten-

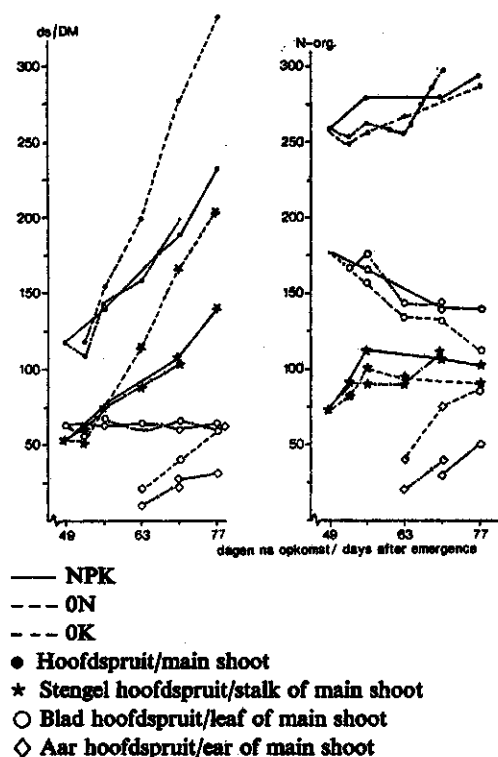


Fig. 17. Droge stof (g/100 planten) en N-opname (meq/100 planten) in delen van hoofdspruit bij NPK-, ON-, en OK-voeding, waterculture 1967.

Fig. 17. Dry matter (g/100 plants) and N uptake (meq/100 plants) in parts of wheat main shoot with NPK, ON and OK nutrition, water cultures 1967.

Fig. 18. Verdeling van stikstof in delen van de hoofdspruit van tarwe bij NPK- en 0N→NPK-plan-
ten, waterculture 1966. (0N van 28-49 dagen na opkomst).

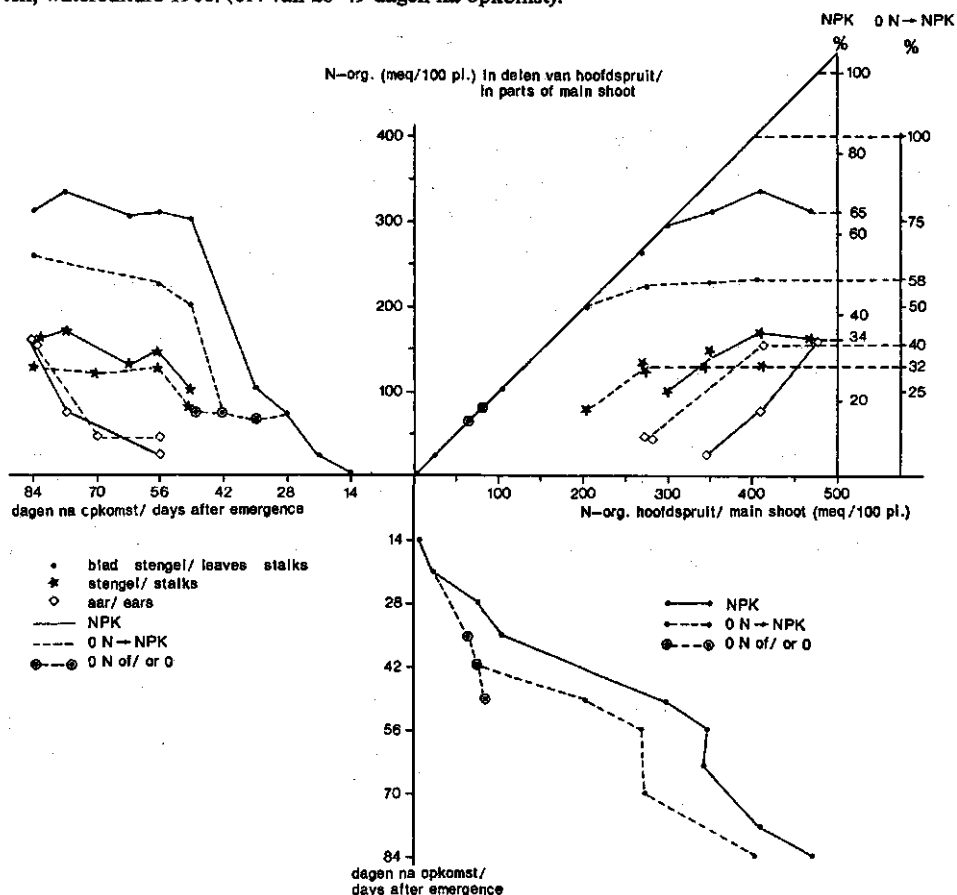


Fig. 18. Distribution of nitrogen in parts of the main shoot of wheat for NPK and 0N→NPK plants, water culture 1966 (0N from day 28 till 49 after emergence).

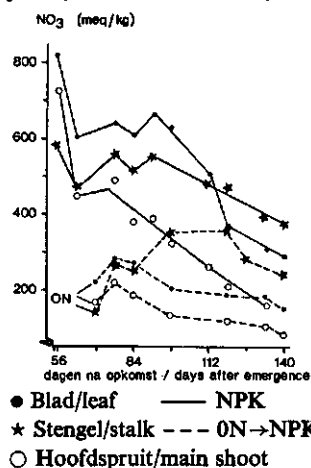


Fig. 19. NO₃-gehalten in blad, stengel en hoofdspruit van tarwe bij intermitterende voeding tijdens de uitstoeeling, waterculture 1966.

Fig. 19. NO₃ contents in leaves, stalks and main shoot of wheat with intermittent nutrition during tillering, water culture 1966.

Tabel 15. N-opname in de aar, Cl-opname (meq/100 planten) in blad en stengel van hoofdspruiten van NPK- en ON → NPK-planten (ON vanaf 49–63 dagen na opkomst), watercultuur 1966 / N uptake in ears, Cl uptake (meq/100 plants) in leaves and stalks of main shoots of NPK and ON → NPK plants (ON from 49 till 63 days after emergence), water culture 1966.

Dagen na opkomst / Days	N in aar / N in ears		Cl in blad / Cl in leaves		Cl in stengel / Cl in stalks	
	NPK	ON → NPK	NPK	ON → NPK	NPK	ON → NPK
56	.	.	27,3	.	21,0	.
63	.	38,8	.	60,2	.	37,2
70	30,9	49,4	34,1	71,7	20,5	41,5
77	49,8	66,7	34,3	59,4	21,4	38,6
84	104,1	146,1	41,2	66,8	26,4	36,0
105	331,5	436,5	50,9	83,2	30,5	43,5
133	375,6	408,0	51,6	77,4	32,5	52,8

Herstel van de volledige voeding nadat deze vanaf een later tijdstip (1966 vanaf 56, 1967 vanaf 49 dagen) onderbroken was leidde niet tot NO_3 -gehalten (fig. 19) die gelijk komen met die der NPK-planten. Tegelijkertijd was het N-org.-gehalte en de N-opname (tabel 15) in de aar van de hoofdspruit hoger bij de ON → NPK- dan bij de NPK-planten, hoewel de conclusie dat dit tot de eindoogst zo zou blijven uit deze gegevens niet getrokken kan worden.

6.3.2. Andere voedingsstoffen

De gegevens van de proef in 1966 (begin N-onthouding op 28 dagen na opkomst) komen overeen met de eerder in hoofdstuk 5 beschreven resultaten. Dit betekent dat door het weglaten van stikstof de gehalten van de voedings-kationen, van SO_4 en van H_2PO_4 in de hele plant (plantedelen werden nog niet onderscheiden) daalden terwijl het chloridegehalte duidelijk hoger was dan dat der NPK-planten. Het NO_3 -gehalte daalde na een week tot nul (vgl. 5.3.2).

Door het weglaten van alle voedingsstoffen (object 0) in deze proefperiode daalden de gehalten van alle voedingsstoffen (uitgezonderd chloride) beneden de waarden der steeds gevoede planten. Voor Ca, Mg en SO_4 werden geen significante verschillen met de behandeling ON gevonden (fig. 20). Het K-gehalte was evenals het H_2PO_4 -gehalte lager dan bij de ON-planten, het verschil tussen de objecten voor C—A was niet significant maar tendeerde naar lagere waarden voor de 0- dan voor de ON-behandeling.

Het K-gehalte daalde indien kalium uit de voedingsoplossing weggelaten werd op overeenkomstige wijze als voor object 0. In dat geval was het Ca- en Mg-gehalte der OK-planten hoger, terwijl de gehalten van chloride en fosfaat gelijk waren aan die der steeds gevoede planten. De daling van het gehalte aan organische anionen (C—A) is dus bij OK uitsluitend een gevolg van het lagere K-gehalte terwijl bij het object ON daarnaast de invloed van het hogere Cl-gehalte en de lagere gehalten der andere katio-

Fig. 20. Gehalten van voedingsstoffen (meq/kg) in tarwe hoofdspruit bij 0N-, 0K- en 0-voeding tijdens de uitstoeiing, watercultuur 1966.

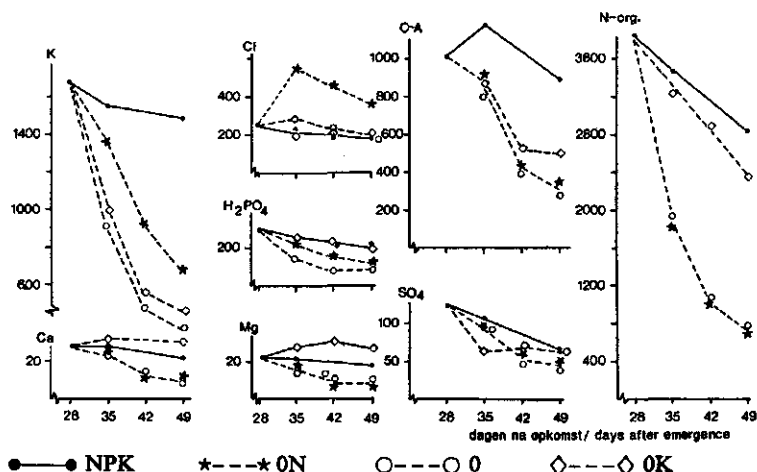


Fig. 20. Contents of nutrients (meq/kg) in wheat main shoot with 0N, 0K and 0 nutrition during tillering, water culture 1966.

nen optreedt.

Wanneer op een later tijdstip in 1966 de 0N behandeling toegepast werd (56 tot 77 dagen na opkomst), werden weliswaar lagere gehalten der kationen in stengel en aar gevonden (de gehalten in blad waren voor Ca en Mg in het geheel niet en voor K niet significant verschillend) maar door het verschil in drogestofproductie van stengel en aar bij de twee (NPK- en 0N-) objecten blijft de relatieve verdeling dezelfde. Dit geldt ook voor fosfaat terwijl het Cl-gehalte duidelijk hoger was voor de 0N-planten in stengels en vooral in de bladeren. Het aandeel in de totale opgenomen hoeveelheid verschuift daardoor voor Cl naar het blad terwijl als gevolg hiervan het bladaandeel in de C—A ten opzichte van dat van de stengel naar lagere waarden verschuift. Ook voor sulfaat geldt dat het gehalte in het blad hoger, in de stengel lager en in de aar gelijk was voor de 0N- en de NPK-planten, waardoor eenzelfde verschuiving in de verdeling voor de hoofdspruit optreedt als bij chloride.

De gegevens van de 0N-behandeling in 1967 van 49–77 dagen zijn een bevestiging van de resultaten van 1966.

Wanneer de N-voeding hersteld werd dan werden in beide proefjaren na een week gehalten gevonden die voor de meeste voedingsstoffen gelijk waren aan die der steeds gevoede planten. Voor chloride trad een verschuiving van het bladaandeel ten opzichte van dat van de stengel op terwijl de Cl-gehalten en de absolute hoeveelheden (tabel 15) duidelijk hoger waren dan bij de NPK-planten.

De 0K-behandeling werd in 1967 voortgezet tot het einde van de proef (147 dagen na opkomst) en hoewel er geen significante verschillen in opbrengst van de hoofdspruit als geheel en van de onderscheiden delen (stengel, blad en aar) in vergelijking met NPK gevonden werden (5.2) zijn de veranderingen in de samenstelling der planten duide-

lijker dan uit fig. 20 voor een korte onderbreking bleek. Het K-gehalte in blad en stengel (fig. 21A) daalde direct na de OK-behandeling en bereikte voor de oude plant (gerekend vanaf 105 dagen na opkomst) waarden van 550 meq per kg voor het blad en 500 meq per kg voor de stengel (NPK in dezelfde periode 1000 en 1500 meq per kg voor resp. blad en stengel). Relatief gezien betekent dit een duidelijke verlaging van het aandeel van de stengel ten gunste van aar en blad (tabel 14). Het NO_3 -gehalte daal-

Fig. 21A. Gehalten van voedingsstoffen (meq/kg) in delen van de hoofdspruit van tarwe bij intermitterende K-voeding, watercultuur 1967. (h) hoofdspruit, (b) blad, (s) stengel, (a) aar.

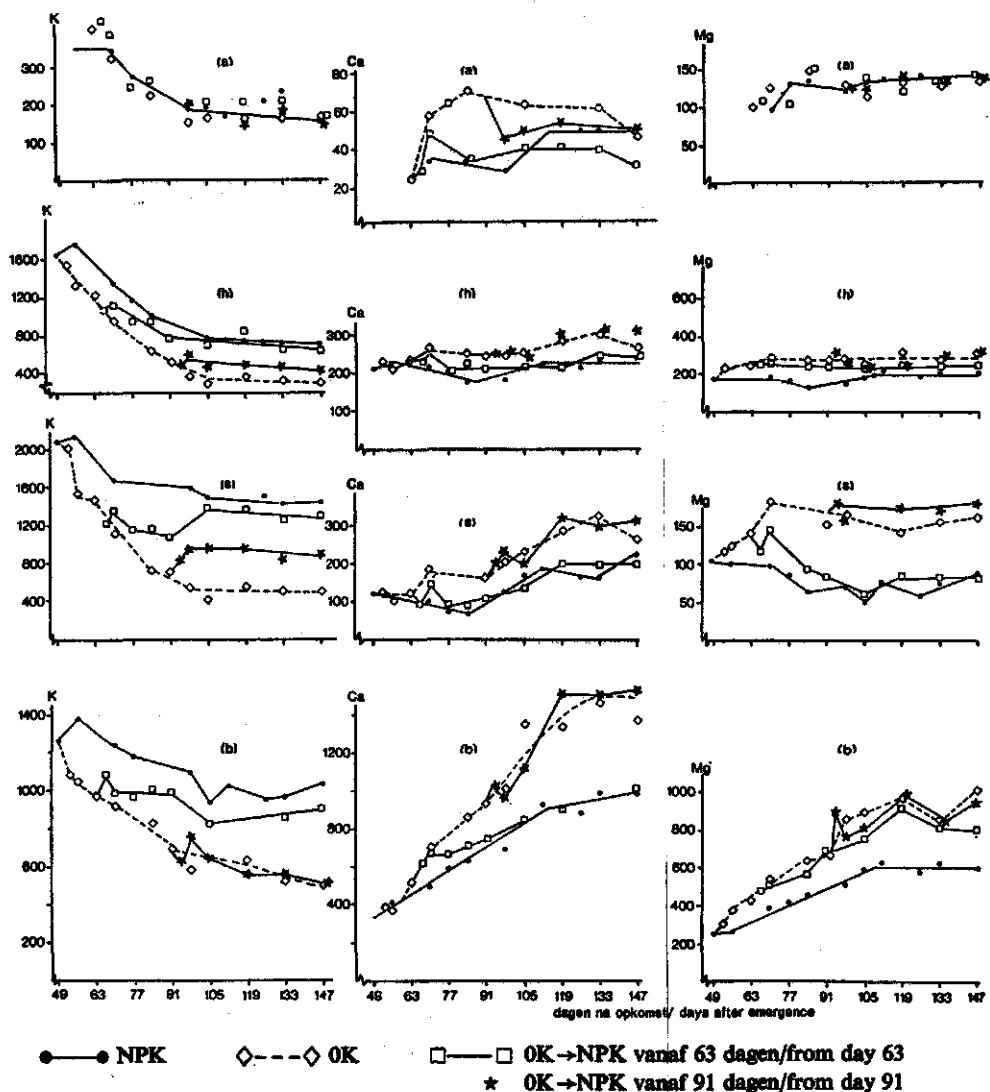


Fig. 21A. Contents of nutrients (meq/kg) in parts of wheat main shoot with intermittent K nutrition, water culture 1967. (h) main shoot, (b) leaf, (s) stalk, (a) ear.

Fig. 21B. Als 21A.

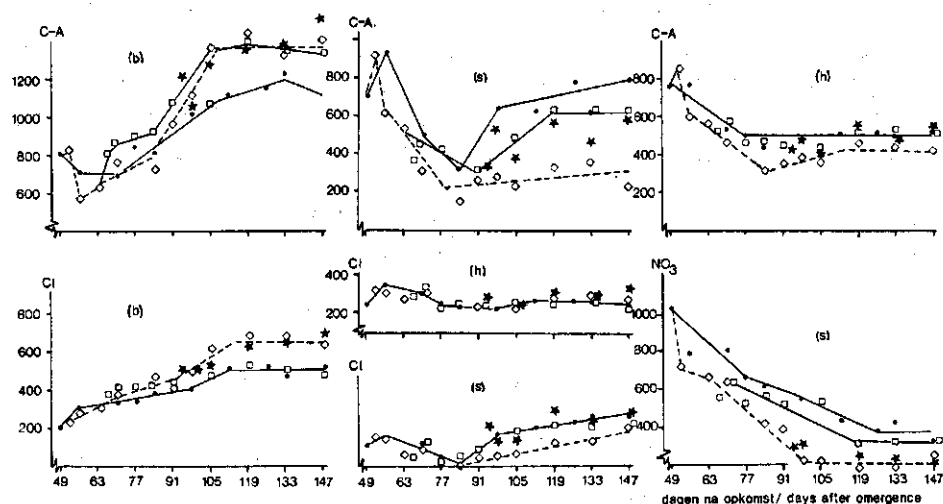


Fig. 21B. As 21A.

de in de stengel van de OK-planten beduidend, in het blad in geringe mate. De verschillen met NPK zijn niet significant en de gegevens zijn niet getekend in fig. 21A, B. Tegenover deze dalingen stond een verhoging van het Ca- en Mg-gehalte in alle plantedelen uitgezonderd Mg in de aar. De stijging van de Mg-gehalten boven die der NPK-planten was al na 3 dagen (oogst 52 dagen na opkomst) te zien terwijl voor Ca de verschillen pas duidelijk werden bij de oogstdatum 63 dagen na opkomst (fig. 21A, B). Voor Ca geldt dat de stijging relatief even duidelijk was voor de drie plantedelen, voor Mg valt de stijging in de stengel op terwijl het gehalte in de aar gelijk bleef. Hierdoor trad in de relatieve verdeling voor Mg een duidelijke verschuiving (tabel 16) van aar naar blad en stengel op, terwijl voor Ca de relatieve verdeling gelijk bleef. Het chloridegehalte daalde in de stengel vanaf 91 dagen na opkomst beneden de waarden der NPK-planten. In het blad daarentegen steeg het Cl-gehalte vanaf datzelfde tijdstip boven de NPK-waarde (fig. 21B en tabel 16). Daarentegen veranderden de N, P en SO₄-gehalten van alle onderzochte delen op dezelfde wijze voor zowel de OK- als voor de NPK-planten. Om deze reden zijn de gegevens van deze componenten niet in fig. 21A, B en in tabel 16 opgenomen.

Uit het voorgaande blijkt dat in de stengel van de OK-planten het (C—A)-gehalte daalde. Het verschil met NPK van ± 475 meq per kg was een gevolg van het verlaagde K-gehalte dat slechts zeer ten dele door hogere Ca- en Mg-gehalten gecompenseerd werd. Daarentegen was het (C—A)-gehalte in de periode vanaf 105 dagen na opkomst in het blad hoger voor de OK-planten door de hoge Ca- en Mg-gehalten en de in vergelijking met de stengel geringe daling van het K-gehalte. Voor de hele plant (hoofdspruit) betekenden alle veranderingen voor OK slechts een verlaging van het (C—A)-gehalte van ongeveer 100 meq per kg.

Wanneer na korte (14 dagen) of langere (42 dagen) tijd de K-voeding hersteld werd

Tabel 16. Relatieve verdeling (%) van voedingsstoffen op verschillende tijdstippen voor planten met NPK- en OK-voeding (OK vanaf 49 dagen na opkomst), watercultuur 1967 (opname door de hoofdspruit in meq per 100 planten) / Relative distribution of nutrients at different times for plants with NPK and OK nutrition (OK from 49 days after emergence), water culture 1967 (Uptake by main shoots in meq/100 plants).

Dagen na opkomst / Days after emergence	105		133		147	
	NPK	OK	NPK	OK	NPK	OK
<i>Kalium / Potassium</i>						
stengel / stalk	66,4	43,8	59,9	45,6	61,3	44,9
blad / leaf	21,8	27,1	23,9	29,6	27,7	29,9
aar / ear	11,8	29,1	16,2	24,7	11,0	25,2
Opname hoofdspruit / Uptake main shoot	(292,3)	(130,3)	(273,8)	(129,6)	(294,1)	(116,2)
<i>Calcium</i>						
stengel / stalk	25,3	21,5	19,8	24,3	23,9	21,6
blad / leaf	66,4	68,3	70,3	68,0	67,1	71,8
aar / ear	8,3	10,2	9,9	7,7	7,2	6,5
Opname hoofdspruit / Uptake main shoot	(85,4)	(145,2)	(95,4)	(163,1)	(116,5)	(130,4)
<i>Magnesium</i>						
stengel / stalk	9,4	13,3	10,9	17,5	12,3	16,0
blad / leaf	56,3	61,0	55,2	57,9	53,0	60,7
aar / ear	34,3	25,7	34,0	24,5	34,6	23,2
Opname hoofdspruit / Uptake main shoot	(70,5)	(104,6)	(76,3)	(106,7)	(87,7)	(114,4)
<i>Chloride</i>						
stengel / stalk	58,5	37,2	55,6	45,0	54,0	45,4
blad / leaf	35,1	47,7	35,0	44,3	38,8	45,2
aar / ear	6,4	5,0	9,4	10,8	7,2	9,4
Opname hoofdspruit / Uptake main shoot	(87,0)	(97,7)	(92,8)	(117,2)	(107,0)	(99,4)
<i>Nitraat / Nitrate</i>						
stengel / stalk	59,2	45,1	57,5	44,9		
blad / leaf	40,8	54,9	42,5	55,1		
Opname hoofdspruit / Uptake main shoot	(129,8)	(58,3)	(76,8)	(59,7)		
<i>C-A</i>						
stengel / stalk	47,4	17,9	46,0	24,7	46,4	15,0
blad / leaf	34,6	62,8	36,1	58,2	41,4	68,8
aar / ear	17,9	19,3	17,8	17,1	12,0	16,1
Opname hoofdspruit / Uptake main shoot	(153,0)	(158,5)	(180,7)	(171,4)	(213,0)	(209,5)

veranderden de gehalten en de verdeling der voedingsstoffen over de plantedelen in de richting van de steeds gevoede planten (fig. 21A, B objecten OK → NPK tweemaal). Het duidelijkste was dit voor het K-gehalte in blad en stengel, waarbij echter de vergelijkingswaarden (die van NPK) niet bereikt werden. Voor calcium daalde na een korte OK-behandeling het gehalte wel tot die der NPK-planten. Bij een langere behandeling gold dit wel voor de aar maar niet voor stengel en blad. Het magnesium-gehalte in de stengel bereikte alleen de waarde der NPK-planten wanneer slechts 14 dagen K onthouden werd. In alle andere gevallen weken de Mg-gehalten slechts weinig af van die der OK-planten. Het NO_3 -gehalte in de stengel van de objecten met K-onthouding gedurende 42 dagen was niet verschillend van dat der OK-behandeling. Herstel van de K-voeding op een eerder tijdstip leidde wel tot hogere gehalten dan bij de OK maar toch duidelijk lagere gehalten dan welke voor de NPK-voeding gevonden werden. Het Cl-gehalte van de stengel was voor de OK → NPK- (2 maal) en NPK-planten gelijk; in het blad gold dit alleen voor OK → NPK (14 dagen), terwijl voor OK → NPK (42 dagen) het gehalte gelijk was aan dat der OK-planten. Voor de hele hoofdspruit leidden de hierboven behandelde veranderingen niet tot verschillen in (C—A)-gehalte, hoewel voor blad hogere en voor stengel lagere (C—A)-gehalten dan in dezelfde delen der NPK-planten gevonden werden. Het is duidelijk dat de relatieve verdeling der voedingsstoffen voor de planten, die opnieuw van kalium voorzien werden, voor de onderscheiden elementen liggen tussen de waarden der NPK- en die der OK-planten (tabel 16).

7 Intermitterende voeding tijdens de bloei

7.1 Inleiding

Tot dit gedeelte van de experimenten behoorde in 1966 de onthouding van stikstof, kalium en van alle voedingsstoffen in de periode van 84 tot 98 dagen na opkomst en in 1967 de onthouding van stikstof van 77 tot 119 en de onthouding van kalium van 77 tot 147 dagen na opkomst. In 1966 werd in geen der bovengenoemde gevallen de normale voeding hersteld. In 1967 gebeurde dit voor 0N na 14 en na 28 dagen en voor 0K na 42 dagen vanaf het begin der onderbreking. De hernieuwde toevoer van voedingsstoffen werd voortgezet tot het einde van de proef (147 dagen na opkomst).

De begin-tijdstippen van de voornoemde onderbreking van de normale voeding vielen in beide jaren nagenoeg samen met het begin van de bloei van de hoofdspruiten dwz. met het tijdstip waarop de meeldraden zichtbaar zijn in het midden van de aar.

7.2 Drogestofproduktie van hoofd- en zijspruiten

De onderbreking van de voeding in dit stadium en gedurende de beschreven perioden brengt geen visuele veranderingen zoals K-gebrekssymptomen, geel worden van blad of aar door N-gebrek, enz. te weeg. De opbrengstgegevens van de hoofdspruit zijn voor de onderscheiden objecten in 1966 weergegeven in tabel 17, voor 1967 in fig. 22. Hieruit blijkt dat de opbrengst van de hoofdspruit der 0N- en 0-planten hoger was, terwijl de opbrengst van de 0K-planten gelijk was aan die der NPK-planten. Het verschil was te wijten aan een hoger gewicht van de stengel en van de aar (de korrel) dat vooral

Tabel 17. Opbrengst droge stof hoofdspruit (g/100 planten) bij de objecten NPK, 0N, 0 en 0K op tijdstippen rond de bloei, watercultuur 1966. / Dry matter yield in the main shoot (g/100 plants) after 0N, 0, 0K and NPK treatments at certain times around flowering water culture 1966.

Dagen / Days	Stengel / Stalk			Blad / Leaves			Aar / Ears			Hoofdspruit / Main shoot		
	84	91	98	84	91	98	84	91	98	84	91	98
NPK	128,3	127,5	118,1	58,7	57,1	58,8	95,0	109,6	147,9	282,0	294,2	325,9
0N	.	135,5	127,5	.	55,3	51,3	.	139,4	170,8	.	330,2	349,6
0	.	135,4	129,6	.	60,4	60,4	.	141,7	149,1	.	337,5	339,1
0K	.	120,0	121,3	.	59,2	58,3	.	114,1	153,3	.	293,3	332,9

Fig. 22. Gewicht aar (links) en 1000-korrel-gewicht (rechts) van tarwe bij intermitterende N- en K-voeding tijdens de bloei, waterculture 1967.

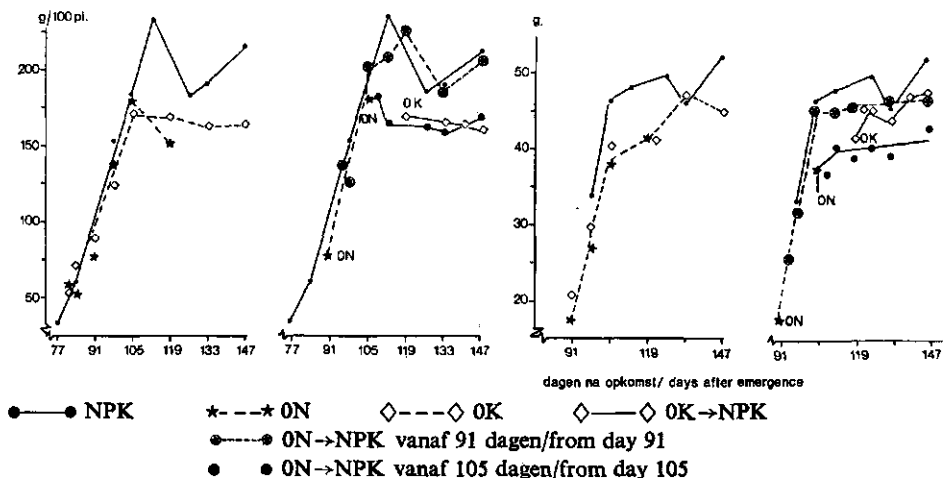


Fig. 22. Weight of ears (left) and 1000-grain weight (right) of wheat with intermittent N and K nutrition during flowering, water culture 1967.

tot uiting komt vlak na de onderbreking van de voeding (oogst 91 dagen na opkomst). Evenals bij de onderbreking tijdens de uitstoeiing trad ook hier, zij het in mindere mate, de gunstige positie van de hoofdspruit naar voren, evenwel zonder dat het aantal zijspuiten (met of zonder aar) door de ON-resp. 0-behandeling beïnvloed werd. Het hogere aar-(korrel)-gewicht van de hoofdspruit bij ON was een gevolg van het hogere aantal korrels per aar en een gering (niet significant) verschil in 1000-korrel-gewicht (tabel 18). Ook voor de zijspuiten met aar was geen verschil in 1000-korrel-gewicht maar steeds was (gemiddeld over alle zijspuiten met aar) het 1000-korrel-gewicht en het aantal korrels per aar lager dan bij de hoofdspuiten. De opbrengst van de hele plant wordt onder deze omstandigheden evenwel meer bepaald door het aan-

Tabel 18. Aantal korrels per aar en 1000-korrel-gewicht (g) van de aren van de hoofdspruit bij intermitterende voeding tijdens de bloei, waterculture 1966 / Number of grains per ear and 1000-grain weight of the ears of the main shoot with intermittent nutrition during flowering, waterculture 1966.

Dagen / Days	Korrels per aar / grains per ear				1000-korrel-gewicht / 1000-grain weight (g)			
	84	91	98	112	84	91	98	112
NPK	28,5	26,6	29,6	30,5	21,4	32,9	39,7	43,0
ON	.	32,0	34,8	.	.	38,1	38,9	.
0	.	33,7	29,0	.	.	33,3	38,4	.
OK	.	27,7	28,7	.	.	31,6	42,3	.

tal zijspruiten dan door de voornoemde factoren die betrekking hebben op de korrel.

Voor OK weken het 1000-korrel-gewicht en het aantal korrels per aar niet af van die der NPK-planten. De onderbreking der K-voeding heeft echter slechts 14 dagen geduurd; bovendien hebben de korrels op dit tijdstip hun hoogste gewicht nog niet bereikt.

Wanneer de N- of K-onthouding zoals in 1967 langer duurde dan in 1966 bleek op de latere oogsttijden wel verschil in korrelopbrengst van de hoofdspruit te zijn tussen NPK- en ON- c.q. OK-planten (fig. 22). Hoewel het aantal korrels per aar gelijk was, was het 1000-korrel-gewicht bij ON- en OK-planten vanaf 105 dagen na opkomst lager dan bij de NPK-planten. Dit veranderde niet meer wanneer op een zeer laat tijdstip (105 dagen na opkomst, d.i. 28 dagen na het begin van de N-onthouding) de N-voeding hersteld werd. Ook bij de planten van OK → NPK vanaf 119 dagen, d.i. 42 dagen na het begin van de K-onthouding, werden lagere 1000-korrel-gewichten gevonden, hoewel, evenals voor OK en ON → NPK, het verschil met de NPK-planten niet op alle oogsttijdstippen significant is. Voor de OK- en OK → NPK-planten komt het hier gevonden resultaat overeen met dat van Mengel & Forster (1968) bij brouwergerst. Ook zij vonden dat weglaten van kalium uit een oplossing met 4 meq K per liter gedurende 14 dagen rond de bloei geen invloed had op het aantal korrels per aar en dat het 1000-korrel-gewicht bij de eindoogst iets lager was.

Aangezien in dit stadium de stengel en de bladeren van de hoofdspruit volgroeid waren en het droog gewicht voor beiden delen gelijk bleef tot het einde van de proef en ook niet veranderde door de ON-, OK-, etc.-behandeling, nam, omdat de aar nog groeit, het aandeel van de aar (korrel) toe en dat van de andere delen af. Het eerder besproken (absolute) verschil in korrelopbrengst tussen ON, OK, etc. en NPK komt bij deze relatieve wijze van weergeven nauwelijks tot uiting.

7.3 Opname en verdeling van voedingsstoffen

De opname van voedingsstoffen door de plant in het generatieve stadium neemt in het algemeen af in vergelijking met die in het vegetatieve stadium (Dilz, 1964), terwijl in 1966 bovendien de periode van onderbreking van de voeding rond de bloei kort was. Daarbij komt dat de ruime voorziening van bijv. nitraat en kalium in de voorafgaande periode aanleiding gaf tot voorraadvorming ('luxue consumptie') in delen van de plant. Het is om deze redenen dat geen of slechts geringe verschillen tussen de onderscheiden objecten te verwachten waren en dat de totale hoeveelheden voedingsstoffen in de plant en de plantdelen (en daardoor ook de relatieve verdeling) voor het ON-, OK- en O-object gelijk waren aan die van het NPK-object. De enige verschillen voor 1966 (fig. 23) waren de daling van het NO_3^- - en de stijging van het Cl-gehalte wanneer N uit de voeding weggelaten en daarin grotendeels door chloride vervangen werd. De gehalten van de andere elementen veranderden niet of nauwelijks, zodat de verandering in (C—A)-gehalte geheel te wijten is aan de eerder genoemde veranderingen van NO_3^- en Cl. Wanneer de N-onttrekking langer werd voortgezet (1967, 77–119 dagen) veranderden behalve de NO_3^- - en Cl-gehalten ook de Ca-gehalten. Deze waren in blad

Fig. 23. NO_3^- , Cl- en (C—A)-gehalte (meq/kg) van blad, stengel en aar in hoofdspruit van tarwe bij onthouding van stikstof tijdens de bloei, water-culture 1966.

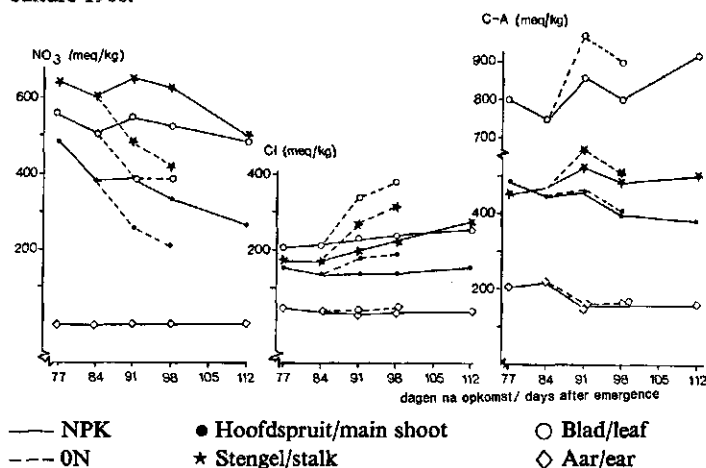


Fig. 23. NO_3^- , Cl and C—A content (meq/kg) of leaf, stalk and ear of wheat main shoot with and without N nutrition during flowering, water culture 1966.

stengel en aar van de hoofdspruit duidelijk hoger voor de 0N-planten (fig. 24). Het Mg-gehalte was daarentegen gelijk voor alle plantedelen terwijl voor kalium bij 0N alleen het gehalte in de aar hoger is (de gegevens van Mg zijn niet opgenomen in fig. 24). Deze verschillen werden echter pas duidelijk vanaf 91 dagen na opkomst, dwz. 14 dagen nadat met N-onthouding begonnen werd. Het SO_4 -gehalte was gelijk voor 0N en NPK bij alle plantedelen terwijl het H_2PO_4 -gehalte voor blad en stengel lager en voor de aar gelijk was voor 0N- en NPK-planten. De hiervoor besproken veranderingen resulteerden in een verlaging van het (C—A)-gehalte in het blad met name als gevolg van het relatief hoge Cl-gehalte. In de stengel was het (C—A)-gehalte bij 0N en NPK gelijk omdat de hogere Ca-gehalten en de lagere NO_3^- en H_2PO_4 -gehalten gecompenseerd werden door hogere Cl-gehalten. Voor de aar is er geen significant verschil in (C—A)-gehalten tussen 0N en NPK omdat de hogere K- en Ca-gehalten gecompenseerd werden door hogere Cl-gehalten.

Het N-gehalte van de aar daalde door de 0N-behandeling niet beneden dat der NPK-planten. Dit gebeurde wel voor blad en stengel vanaf 84 dagen (1 week na de N-onthouding) ondanks de weliswaar dalende maar toch nog grote voorraad NO_3^- in de plant. Omdat in het blad de hoeveelheid NO_3^- bij de 0N gelijk bleef aan die van de NPK-behandeling (tabel 19) wijst dit op het niet meer beschikbaar zijn van NO_3^- voor de nitraat-reductie, hetzij omdat uit een deel der bladeren (de oudere) NO_3^- niet meer getransporteerd werd of dat in alle bladeren een deel van het NO_3^- niet meer gereduceerd werd. In tegenstelling tot de gegevens uit 1966 (fig. 23) daalde in 1967 het NO_3^- -

Fig. 24. Gehalten (meq/kg) van voedingsstoffen in delen van de hoofdspruiten bij NPK- en ON-voeding tijdens de bloei, watercultuur 1967.

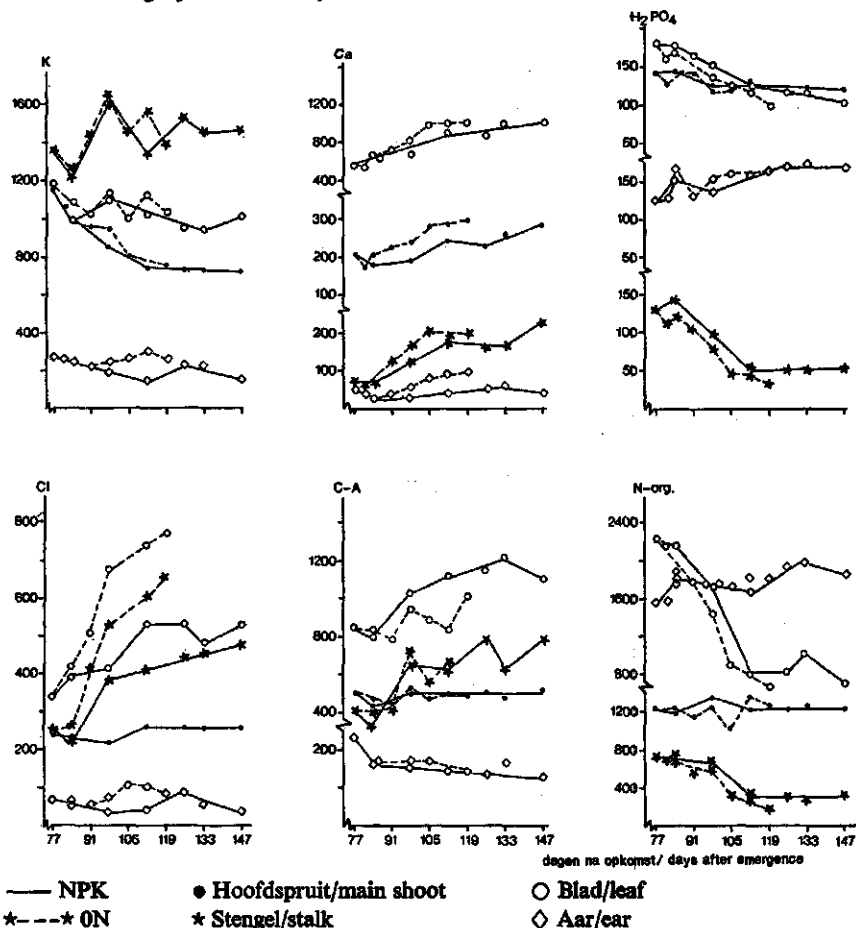


Fig. 24. Contents (meq/kg) of nutrients in parts of wheat main shoot with NPK and ON nutrition during flowering, water culture 1967.

gehalte in de stengel minder sterk en in het blad bleef het gehalte gelijk voor ON- en NPK-planten. De relatieve verdeling der voedingsstoffen bij ON en NPK gaf bij gelijke gehalten in blad, stengel en aar (b.v. bij Mg en SO_4) een verschuiving van aar naar blad en stengel te zien omdat (7.2) de korrelopbrengst lager was voor de langer dan 14 dagen voortgezette ON-behandeling. De eerder beschreven veranderingen in gehalten geven in combinatie met de gegevens van de drogestofproductie voor kalium geen verandering te zien in de relatieve verdeling (hogere K-gehalten in de aar werden gecompenseerd door lagere korrelopbrengsten). Voor Ca trad een verschuiving naar de aar op omdat het Ca-gehalte daarin opvallend steeg. Voor H_2PO_4 trad een verschuiving op naar het aaraandeel vanwege de lagere gehalten in blad en stengel. Voor Cl veranderde de rela-

tieve verdeling niet (stijging der gehalten bij ON voor alle delen op dezelfde wijze), bij NO_3 verschuiving naar lagere waarden voor stengel ten gunste van het blad en bij C—A juist een verschuiving in tegengestelde richting dus relatief minder in blad gevonden werd. Het aandeel van de aar was voor NO_3 nihil en voor C—A gelijk voor de ON en de NPK-behandeling. De verdeling van stikstof was eveneens gelijk voor beide behandelingen, omdat de hogere aaropbrengst van de hoofdspruit gecompenseerd werd door lagere N-gehalten bij het object ON.

De veranderingen t.o.v. NPK onder invloed van een OK-behandeling vanaf 77–147 dagen na opkomst beperkten zich tot een daling van het K-gehalte in de stengel vanaf 119 dagen na opkomst. De Ca-gehalten in blad en stengel stegen na ± 91 dagen, het H_2PO_4 -gehalte daalde in het blad op dezelfde wijze als voor ON aangegeven (fig. 24) maar doorgaand tot het einde van de proef. Het Cl-gehalte steeg vooral in het blad. Het voorgaande resulteerde in een daling van het (C—A)-gehalte in het blad. Voor de stengel werd het lagere K-gehalte gecompenseerd door een hoger Ca-gehalte en zo-doende week het (C—A)-gehalte voor de OK- niet af van dat der NPK-planten.

Hoewel ook bij de OK-planten een even grote voorraad NO_3 in blad en stengel aanwezig was als bij de NPK-planten (tabel 19) daalde toch vanaf 119 dagen na opkomst het N-gehalte in de aar (korrel). Omdat ook de korrelopbrengst lager was dan voor de NPK-planten (fig. 22) betekent dit een duidelijke verschuiving in de relatieve verdeling van de organische stikstof naar een hoger blad- en stengelaandeel in vergelijking met de NPK-planten. Mengel & Forster (1968) vonden bij K-onthouding tijdens de bloei van brouwergerst geen verschil in N-gehalten der korrels terwijl weglaten van K in vroegere stadia (uitstoelen, te voorschijn komen van de aar) juist hogere N-gehalten bij de eind oogst te zien gaf.

Wanneer de NPK-voeding hersteld werd na een korte onderbreking (1967 na 14 dagen) was er, zo er al verschillen waren, na korte tijd geen verschil in gehalten der voedingsstoffen tussen dit object en de steeds gevoede planten. Alleen het Cl-gehalte bleef enigszins hoger op de latere oogsttijdstippen.

Tabel 19. NO_3 - opname (meq/100 planten) in blad en stengel van hoofdspruiten bij onderbreken van de N- en K-voeding tijdens de bloei, watercultuur 1967 / NO_3 uptake (meq/100 plants) in leaves and stalks of main shoots with intermittent N and K nutrition during flowering, water culture 1967.

Dagen / Days	Stengel / Stalks			Blad / Leaves			Hoofdspruit / Main shoot		
	NPK	ON	OK	NPK	ON	OK	NPK	ON	OK
77	92,4	.	.	43,9	.	.	136,3	.	.
80	.	91,7	84,3	.	30,7	41,5	.	122,4	122,8
84	113,0	63,8	81,8	39,2	37,3	44,9	152,2	101,1	126,7
98	65,0	59,0	73,1	34,1	35,5	37,7	99,1	94,5	110,8
105	76,7	49,7	61,5	32,9	34,9	35,8	109,6	82,6	97,3
112	59,0	46,1	59,6	43,1	34,4	47,6	102,1	80,5	107,2
119	.	37,9	59,5	.	39,4	54,5	.	77,3	104,9

Werd de onderbreking langer voortgezet (1967, ON van 77-105; OK van 77-119 dagen na opkomst) dan bleef na herstel van de NPK-voeding de korrelopbrengst achter bij de NPK-planten, terwijl de gehalten van de voedingsstoffen nauwelijks afweken van de ON- resp. OK-planten (dus hoger Ca- en Cl-gehalte bij ON, lager K-gehalte bij OK). Toch was er verschil in verdeling der voedingsstoffen fosfaat en stikstof bij de objecten ON → NPK en NPK (tabellen 20a, b). Ondanks de lagere opbrengst bij de ON → NPK-planten en de lagere N- en P-opneming van de hoofdspruit als geheel is toch de relatieve verdeling van stikstof (tabel 20 b) verschoven van stengel en blad naar de aar (korrel). Voor fosfaat (tabel 20a) geldt hetzelfde alleen de verschillen in opname

Tabel 20a. Relatieve verdeling (%) van fosfaat in delen van de hoofdspruit na N-onthouding van 77-105 en K-onthouding van 77-119 dagen na opkomst, watercultuur 1967 / Relative distribution (%) of P in parts of the main shoot after withdrawal of N for 28 days (77-105 days after emergence) and withdrawal of K for 42 days (77-119 days after emergence), water culture 1967.

Dagen / Days	Stengel / Stalk			Blad / Leaves			Aar / Ears			Korrel / Grains		
	NPK	ON	OK	NPK	ON	OK	NPK	ON	OK	NPK	ON	OK
	→	→		→	→		→	→		→	→	
	NPK	NPK		NPK	NPK		NPK	NPK		NPK	NPK	
105	17,0			19,6			63,4			54,2		
108		12,4			20,1			67,4			53,9	
112	13,9	9,8		17,3	20,5		68,9	69,8		59,1	59,5	
122						14,4			74,7			64,2
126	11,7	9,2	12,2	17,1	20,2	15,6	71,1	70,6	72,1	64,2	59,4	60,6
133	13,1	8,6	12,4	17,1	18,1	18,4	69,7	73,2	72,2	55,9	59,6	58,0
140						16,2			70,2			59,0
147	14,6	5,5	14,1	15,8	12,4	13,1	69,7	82,1	74,8	61,1	75,0	66,1

Tabel 20b. Als 20 a maar relatieve verdeling voor N / as 20a but relative distribution for N.

Dagen / Days	Stengel / Stalk			Blad / Leaves			Aar / Ears			Korrel / Grains		
	NPK	ON	OK	NPK	ON	OK	NPK	ON	OK	NPK	ON	OK
	→	→		→	→		→	→		→	→	
	NPK	NPK		NPK	NPK		NPK	NPK		NPK	NPK	
105	11,7			20,3			67,9			63,5		
108		8,8			14,7			76,4			71,3	
112	9,5	8,6		11,8	14,1		78,7	77,3		73,7	73,1	
122			9,3			11,9			78,9			75,2
126	8,2	7,1	8,9	11,9	10,7	11,3	79,8	82,2	80,0	73,2	77,2	74,7
133	7,5	6,6	6,7	14,3	12,6	13,0	78,1	80,8	80,2	72,9	74,9	74,1
140			7,9			14,5			77,6			73,5
147	9,2	6,3	7,9	11,1	7,1	10,0	79,6	86,5	82,1	74,8	83,9	79,0

waren kleiner en het hoge aaraandeel gaat hoofdzakelijk ten koste van de stengel.

Bij 0K → NPK trad voor stikstof eveneens een verschuiving van stengel naar aar op ondanks de lagere opbrengst en opname van voedingsstoffen in vergelijking met de NPK-planten. Het voorgaande betekent dat de genoemde opbrengstderving van de aar niet gepaard ging met onvoldoende voorziening van voedingsstoffen (in het bijzonder N en P) maar om dit te bereiken in vergelijking met de NPK-planten wel meer stikstof en fosfaat aan blad en of stengel onttrokken werd.

Samenvattend kan gezegd worden dat onder de omstandigheden van de hier beschreven waterculture een korte onderbreking (14 dagen) van de N-voeding tijdens de bloei geen invloed heeft op de opbrengst van de hoofdspruit en dat gezien de grote voorraad der voedingsstoffen slechts de voorraad nitraat in de plant daalt en de hoeveelheid chloride stijgt. Wanneer de onderbreking van de N- en K-voeding langer duurt (28 dagen of langer) is de opbrengst minder door een lager gewicht der korrels. Herstel van de volledige voeding verandert deze situatie niet meer.

Het weglaten van stikstof gedurende een lange periode had tot gevolg dat in tegenstelling tot N-onthouding vóór of tijdens de uitstoeling (fig. 10) het gehalte der kationen en vooral het Ca-gehalte hoger werd dan bij de NPK-planten terwijl ook het Cl-gehalte duidelijk steeg. Dit was zeker deels een gevolg van de vervanging van NO_3 door Cl in de vorm van CaCl_2 .

Onthouding van kalium gedurende een langere periode had een geringe verlaging van het K- en een duidelijke stijging van het Ca- en Mg-gehalte ten gevolge.

Herstel van de NPK-voeding na deze langdurige onderbreking had zowel voor het object 0N → NPK als voor 0K → NPK ten gevolge dat voor N en P relatief meer teruggevonden werd in de aar dan bij de NPK-planten.

8 Intermitterende voeding gedurende de afrijping

8.1 Inleiding

Tot dit deel van de proeven met watercultures behoren de onderbreking van de N-voeding in 1966 van 112–140, in 1967 van 105–147 dagen na opkomst, en de onderbreking der K-voeding in 1967 van 105–147 dagen na opkomst. Alleen in 1967 werd na N-onttrekking de N-voeding hersteld en wel op 119 en 133 dagen na opkomst dwz. dat de periode van N-onthouding 14 resp. 28 dagen duurde.

De bovengenoemde perioden komen overeen met het ontwikkelingsstadium waarin de planten afrijpen en omdat in die fase ook de generatieve delen zeker van de hoofdspruit volledig ontwikkeld zijn, zijn geen grote verschillen in drogestofopbrengst en in de verdeling der voedingsstoffen over de plantedelen te verwachten.

8.2 Drogestofproductie en verdeling der droge stof

Visueel waren er geen verschillen in afrijping tussen de hoofdspruiten der onderscheiden objecten NPK, ON, en ON → NPK (2 maal). Wel valt op dat naarmate de N-onthouding langer duurde een groter aantal zijspruiten afrijpte dan bij de steeds met stikstof voorziene planten. Wat betreft de drogestofproductie geldt dat onderbreking van de N-voeding in 1966 en 1967 en die van de K-voeding in 1967 gedurende de afrijping geen invloed heeft gehad op de drogestofopbrengst van de generatieve delen van de hoofdspruit. Het gewicht van blad en stengel was voor alle behandelingen gelijk aan dat der NPK-planten en veranderde ook niet meer gedurende de verdere groei-periode. De korrelopbrengst nam nog wel enigszins toe maar er zijn voor beide proefjaren geen verschillen tussen de behandelingen. Wel bleek dat het hoogste 1000-korrelgewicht werd gevonden bij de NPK-planten (fig. 25) maar dit geringe verschil werd althans bij ON voor de laatste twee oogsten in 1966 en met name voor OK in 1967 gecompenseerd door een hoger aantal korrels per aar. In geen der gevallen is echter sprake van significante verschillen als gevolg van de grote spreiding tussen de op verschillende tijdstippen geoogste proefplanten. Men mag verwachten dat in dit stadium van ontwikkeling het aantal korrels per aar vastligt en dat een ON- of OK-behandeling hoogstens invloed kan uitoefenen op het korrelgewicht. Ook dit laatste is in deze proef slechts als tendens aanwezig. De oorzaak van deze elkaar opheffende verschillen moet gezocht worden in concurrentie tussen de jonge korrels aan eenzelfde aar. Hierbij komen bij de steeds gevoede plant de assimilaten ten goede aan een betrekkelijk klein aantal korrels die dan 'zwaar' worden, terwijl bij de ON- en OK-planten een groter aan-

Fig. 25. Korrels per aar, 1000-korrel-gewicht en opbrengst korrel van hoofdspruit bij onthouding van N en K tijdens de afrijping, watercultures 1966 (boven) en 1967 (beneden).

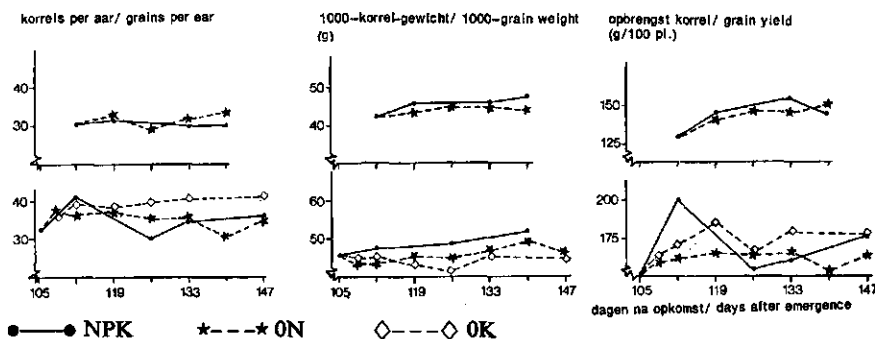


Fig. 25. Grains per ear, 1000-grain weight, yield of grains of wheat main shoot under conditions of N and K withdrawal during ripening, water cultures 1966 (above) and 1967 (below).

tal korrels dezelfde hoeveelheid assimilaten deelde.

Herstel van de voeding (alleen toegepast in 1967 voor 0N-planten op 119 en 133 dagen na opkomst) had evenmin invloed op de opbrengst van de vegetatieve delen. De korrelproductie van deze 0N → NPK-objecten was ook dezelfde als bij de NPK-planten terwijl ook de opbrengst-bepalende factoren niet verschilden.

8.3 Opname en verdeling der voedingsstoffen

Al eerder (hoofdstuk 5.3.2, fig. 11A,B) werd gevonden dat voor de periode vanaf 105 dagen na opkomst bij de steeds gevoede planten (hoofdspruit) het N-, P- en K-gehalte nagenoeg gelijk bleef, het Ca-, Mg-, SO_4 -, Cl- en (C—A)-gehalte steeg en dat het NO_3 -gehalte sterk daalde.

Het weglaten van stikstof gedurende de voornoemde late periode had in vergelijking met de steeds gevoede planten geen invloed op de samenstelling van de hoofdspruit, hoewel de tendens naar hogere Ca- en Cl-gehalten aanwezig was. Voor NO_3 verschoof het aandeel van het blad t.o.v. de stengel naar hogere waarden. Het (C—A)-aandeel van het blad nam hierdoor enigszins af.

Wanneer de N-voeding hervat werd (1967 op 119 en 133 dagen na opkomst) wijzigde zich alleen de hiervoor genoemde NO_3 - en (C—A)-verdeling naar een situatie die overeenkwam met de NPK-planten.

Het weglaten van kalium uit de voedingsoplossing op het tijdstip van de afrijping had nog een zeer duidelijke invloed op de Ca-, Mg-, NO_3 - en Cl-opname (tabel 21). Bij de 0K-behandeling werd het Ca- resp. Cl-gehalte in de voedingsoplossing verhoogd van 7 naar 9 meq/l, resp. van 1 naar 2 meq/l (tabel 2). De gehalten en de opname van de andere elementen weken niet af van die der NPK-planten terwijl de verschillen in het (C—A)-gehalte c.q. (C—A)-hoeveelheid niet significant zijn. Het is duidelijk dat bij een verandering in het aanbod van voedingsstoffen op een zeer laat tijdstip wanneer de

Tabel 21. Opname (meq/100 planten) van Ca, Mg, NO₃ en Cl door de hoofdspruit van NPK- en OK-planten gedurende de afrijping, watercultuur 1967. / Uptake (meq/100 plants) of Ca, Mg, NO₃ and Cl bij mains shoots of NPK- and OK plants during ripening, water culture 1967.

Dagen / Days	Calcium		Magnesium		Nitraat / Nitrate		Chloride	
	NPK	OK	NPK	OK	NPK	OK	NPK	OK
105	85,4	.	70,5	.	129,8	.	87,0	.
108	.	87,6	.	78,5	.	147,2	.	101,3
119	.	119,7	.	95,1	.	110,8	.	106,6
126	80,9	127,1	67,9	90,0	70,3	126,7	89,0	106,8
133	95,4	147,9	76,3	86,7	76,8	95,8	92,8	115,5
147	116,5	136,3	87,7	93,6	92,7	101,7	107,0	115,0

vegetatieve delen (stengel en blad) reeds lang en de generatieve delen (korrels, fig. 25) ook al geruime tijd gevormd zijn, overwegend niet-metabolische processen een rol zullen spelen bij de opname van voedingsstoffen. Dat betekent in dit geval (tabel 21) meer Ca- en Cl-opname en vanzelfsprekend geen invloed op de hoeveelheid organische anionen (C—A) omdat de produktie van deze volledig gekoppeld is aan stofwisselingsprocessen.

9 Samenvatting watercultures

De techniek van watercultures is geschikt om op eenvoudige wijze veranderingen in het voedingsmilieu van de plant tot stand te brengen (2.1.1). Met de hier besproken wijze van verversen is het mogelijk de pH en de concentraties van minerale voedingsstoffen in de oplossing redelijk constant te houden (tabel 3). De noodzakelijke aëratie werd op voldoende wijze verkregen door het rondpompen der oplossing (fig. 2).

Een belangrijk nadeel van de waterculture-techniek (en dit met name wanneer vergelijkbare planten vereist zijn) is de nagenoeg ongelimiteerde zijspruitvorming van de gramineeën (4.2) die op ingrijpende wijze door variatie in het stikstofaanbod beïnvloed wordt (4.2, tabel 6; Langer, 1956, 1957, 1966; Aspinall, 1961, 1963). Het verschil in fysiologische leeftijd der spruiten maakt feitelijk alleen een vergelijking mogelijk tussen de hoofdspruiten van de te onderscheiden objecten. Daar het verwijderen van de zijspruiten moeilijk en niet zonder schade voor de plant is, zou een genetisch eenassige graanplant voor onderzoek als hier beschreven zeer welkom zijn.

Het onderscheid in ontwikkelingsfasen (4.3) kon ook onder minder geconditioneerde omstandigheden dan die waarbij Van de Sande Backhuyzen (1937) werkte bevestigd worden. Zij geldt ook voor planten onder sub-optimale (0N, 0K en 0) voedingsomstandigheden. Onder 'optimale' aanvoer van voedingsstoffen blijft het netto verlies aan droge stof uit blad en stengel (fig. 8, eerste kwadrant), dat in grondcultures steeds gevonden wordt (10.2.1; Wittenrood, 1957), achterwege. Dit hangt samen met de typische wijze van afrijpen van graanplanten op watercultures met een continue aanvoer van voedingsstoffen, waarbij de aar eerst afrijpt terwijl blad en stengel nog groen zijn.

De veronderstelling dat in jonge tarweplanten onder optimale condities tot de bloei een constant eiwitgehalte berekend op basis van het vers gewicht zou optreden (Van Dobben, 1959, 1961) blijkt onjuist te zijn. Het N-gehalte in de hoofdspruit en in de hele plant neemt gedurende de jeugdfase (tot de bloei) af zowel op basis van vers als van droog gewicht (5.3.4).

De opgetreden schade aan de toppen der aren door directe zonnestraling (3.3) is inherent aan de teelt in de kas. Het effect werd voor alle objecten gelijk beschouwd.

Er werd intermitterende voeding toegepast:

- A. voor of bij het begin der uitstoeling
- B. tijdens de uitstoeling en strekking
- C. bij de bloei en
- D. tijdens de afrijping

Deze indeling der proefobjecten (fig. 3 en 4) werd gebaseerd op de ontwikkeling van

de tarweplanten volgens de schaal van Feekes.

Door N-onthouding (0N gedurende 14 dagen) gevolgd door N-aanbod (0N → NPK) voor of bij het begin der uitstoeiing (A) treedt een relatief sterke zijspuitvorming op met als gevolg een korrelopbrengst van de hele plant die hoger is dan bij de steeds gevoede planten. Voor de hoofdspruit, die klein blijft en door veel zijspuiten omringd wordt met als gevolg lichttekort, is de korrelopbrengst echter duidelijk lager (minder korrels per aar en een lager korrelgewicht) dan bij de hoofdspruit van de NPK-planten (tabel 8, hoofdstuk 5.2).

In alle andere gevallen (B, C en D) heeft de 0N-behandeling een vertraging van de zijspuitvorming ten gevolge die niet meer door hernieuwd N-aanbod te herstellen is zodat de korrelopbrengsten voor deze planten lager zijn dan bij de NPK-planten (fig. 22, tabellen 12 en 17). Voor de hoofdspuiten van deze planten werden geen verschillen in korrelopbrengst met de NPK-planten gevonden wanneer de N-onthouding niet langer dan 14 dagen duurde (tabel 12). Langere (21–28 dagen) N-onthouding bij de bloei en de afrijping (fig. 25, tabel 18) verlaagt het 1000-korrel-gewicht en dus de korrelopbrengst ondanks de grote voorraad NO_3 in blad en stengel (tabel 19) en ondanks het feit dat het N-gehalte van de aar voor de objecten 0N → NPK en NPK niet verschillend was. Wanneer na een lange onderbreking van de N-voeding weer stikstof gegeven wordt leidt dit rond de bloei wel, maar tijdens de afrijping niet meer tot een korrelopbrengst gelijk aan die van het NPK-object.

Voor het genoemde verschil in zijspuitvorming tussen A resp. B, C en D is geen duidelijke verklaring. Hoewel de mogelijkheid bestaat dat het systeem der apicale dominantie (domineren van de hoofdspruit, Philips, 1969) ontregeld wordt door N-onthouding in de jeugdfase is het waarschijnlijk dat bij de oudere planten (van fase B t/m D) een deel der groeipunten door beschadiging, lichttekort, etc, niet meer tot ontwikkeling kunnen komen. Men zou dit kunnen nagaan door het hier geschetste onderzoek te herhalen met volledig vrijstaande planten in plaats van met 6 à 8 planten per pot zoals in de beschreven proeven het geval was.

Voor de behandelingen met en zonder kalium werden tussen de objecten geen verschillen in korrelopbrengst voor de hoofdspruit gevonden. Alleen bij 42 dagen K-onthouding tijdens bloei en afrijping (fig. 22) was het 1000-korrel-gewicht lager dan bij de NPK-planten. Opnieuw toedienen van kalium op een zeer laat tijdstip (vanaf 119 dagen na opkomst) bracht geen verhoging van het 1000-korrel-gewicht.

Bij de interpretatie van de gegevens over de opname van voedingsstoffen wordt uitgegaan van de hoeveelheden N-organisch versus organische anionen (C—A) volgens fig. 26. Voor Engels raai gras veronderstellen Dijkshoorn et al. (1968) constante waarden voor C en A van resp. 1800 en 800 meq/kg en dus van C—A van 1000 meq/kg droog materiaal. Voor andere gewassen (Van Tuil, 1965) werden andere waarden gevonden maar bleek evenals bij Engels raai gras dat de aldus gevonden (C—A)-waarden overeenkomen met de gesommeerde gehalten der organische anionen zoals citraten, malaten, oxalaten, etc. (tesamen ongeveer 90% van C—A) en van niet geïsoleerde organische anionen (ongeveer 10%). Ook voor de jonge tarweplanten in deze proeven werd in de bovengrondse delen voor de periode 28–49 dagen na opkomst een (C—A)-

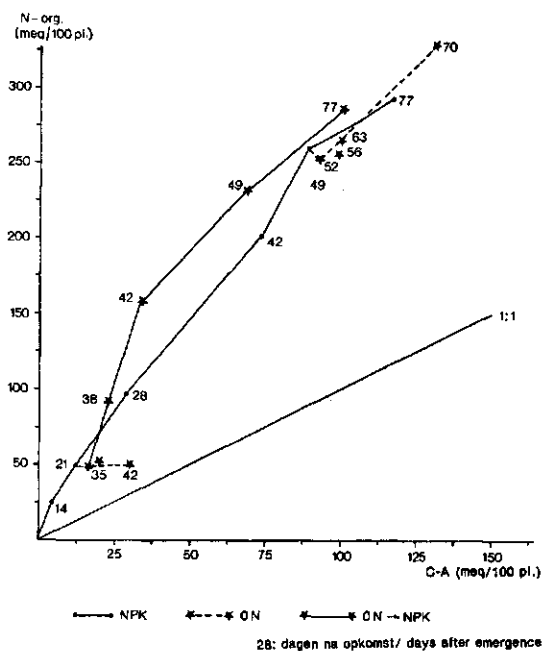


Fig. 26. N-org en C—A (meq/100 pl.) in tarwe hoofdspruit bij intermitterende N-voeding tijdens het begin der uitstoe-ling (ON vanaf 21 dagen na opkomst) en het schieten (ON vanaf 49 dagen na opkomst), waterculture 1967.

Fig. 26. N-org. and C—A (meq/100 pl.) in wheat main shoots with intermit-tent N nutrition at the beginning of tillering (ON from day 21) and shooting (ON from day 49), water culture 1967.

gehalte van ongeveer 1000 meq/kg gevonden. C—A is niet in de tijd constant, maar ver- andert, evenals voor suikerbieten (Van Egmond & Houba, 1970; Houba et al., 1971) gevonden werd.

Wanneer men uitgaat van de gegevens die in fig. 26 zijn weergegeven en de opvatting van Dijkshoorn et al. (1968) dat de opname en de reductie van nitraat leidt tot een equivalente vorming van organische stikstof en van carboxylaten (organische anio- nen), dan blijkt er een tekort aan organische anionen te zijn. De overmaat organische zouten wordt volgens Dijkshoorn et al. (1968) via het floëem naar de wortel ge- transporteerd waar door decarboxylering en vorming van HCO_3^- en H^+ de opname van voedingsionen door uitwisseling op gang gehouden wordt. Het voorgaande geldt indien stikstof als nitraat en bovendien tesamen met kalium als gemakkelijk verplaats- baar kation aangeboden wordt. Voor het hier beschreven NPK-systeem is dit het geval. Het kalium vervult dan naast specifieke functies ook die van drager van positieve lading tegenover de organische anionen. Dat kalium deze functie kan vervullen volgt uit fig. 27 waar de opname van kalium in vergelijking met die van calcium en magne- sium (natrium is niet van betekenis in dit verband (5.3.2)) is weergegeven. Deze op- name loopt belangrijk vooruit op de produktie van organisch materiaal. De resultaten van de proef uit 1966 zijn volledig in overeenstemming met die van de hier weerge- geven resultaten uit 1967. De K-gehalten in de jonge tarweplanten (fig. 10) zijn bij de hier bedoelde NPK-toestand dan ook vele malen hoger dan de door Lundegårdh (1951) voor haver gevonden grenswaarde van 200 meq/kg waar beneden specifieke K-gebrekssymptomen te verwachten zijn.

Fig. 27. Relatieve verhouding van droge stof en opname van voedingsstoffen in hoofdspruit bij NPK-planten, watercultuur 1967.

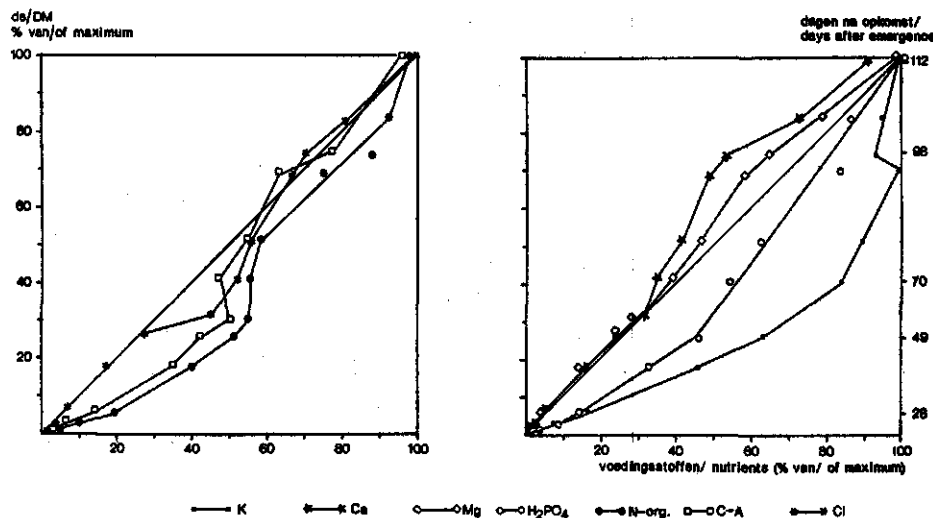


Fig. 27. Relative ratio of dry matter and uptake of nutrients in main shoots of wheat with NPK nutrition, water culture 1967.

Het weglaten van stikstof resp. kalium uit de voedingsoplossing leidt tot systemen waarbij:

1. NO_3 vervangen wordt door Cl en dus een niet verwerkbaar anion toegevoegd wordt (behandeling 0N)
2. K vervangen wordt door Ca (en een geringe verhoging van Cl) zodat naast NO_3 een minder goed opneembaar kation aanwezig is (behandeling 0K).

In het eerste geval komt de NO_3 -reductie (fig. 26) tot stilstand zodra de NO_3 -voorraad in de voedingsoplossing en in de plant uitgeput is. De (C—A)-productie gaat dan in mindere mate door. Dit is alleen mogelijk als, wanneer in het blad geen carboxylaten meer geproduceerd kunnen worden, dit gebeurt in de wortel door verwerking van HCO_3^- (Dijkshoorn et al., 1968).

Zonder de vraag te beantwoorden of kationenopname oorzaak dan wel gevolg van productie van organische anionen is (Dijkshoorn et al., 1968; Hendricks, 1966) blijkt wel uit fig. 26 dat de productie van organische anionen bij de 0N-planten achterblijft bij de NPK-planten en dat de gehalten der kationen (fig. 10) lager zijn.

In het tweede geval, wanneer in het NO_3 -systeem Ca in plaats van K aanwezig is, wordt NO_3 wel opgenomen, getransporteerd en verwerkt in het blad maar het transport van organische zouten naar de wortel en dus de hele verdere cyclus is vertraagd, omdat Ca en Mg zich belangrijk langzamer verplaatsen dan K.

Herstel van de N- (en K-)voeding betekent dat de KNO_3 -voeding hersteld wordt en dat al na 3 dagen (fig. 26, 38 dagen na opkomst) de eerder beschreven verhouding N-org.: (C—A) gevonden wordt. Dat de productie van N-org. daarna tijdelijk relatief

sterker toeneemt (fig. 26, 42 en 49 dagen na opkomst) wordt aannemelijk doordat bij deze koolhydraatrijke planten meer dan normale hoeveelheden carboxylaten verbruikt worden voor NO_3 -opneming en verwerking.

Een verandering in de N-voedingstoestand op een later tijdstip (6.3.1, 6.3.2: fig. 26 0N vanaf 49 dagen na opkomst) leidt wel tot remming van N-org.- en (C—A)-productie, maar de bedoelde verhouding blijft gehandhaafd omdat nog voldoende NO_3 in de plant aanwezig is (tabel 14) en het KNO_3 -systeem, weliswaar met enig extra chloride, blijft bestaan. Overigens is niet bekend of alle nitraat in deze tarweplanten nog verwerkt kan worden. Het is zelfs zeer waarschijnlijk dat in de oude bladeren evenals bij suikerbieten (Van Egmond, pers. meded.) en stoppelknollen (Darwinkel, pers. meded.) nitraat opgeslagen is dat niet meer verwerkt wordt.

De invloed van een OK-behandeling tijdens deze late en korte periode is niet van betekenis voor de opbrengst en de gehalten der voedingsstoffen (fig. 20) en ook wanneer de K-onthouding langer duurt (fig. 21B) wordt slechts een verlaging in de hele plant (hoofdspruit zonder wortels) gevonden van 100 meq organische anionen per kg droge stof.

De verdeling binnen de plant wordt wel duidelijk beïnvloed door de behandelingen omdat bij 0N het chloride ophoopt in het blad. Bij OK-voeding van langere duur wordt relatief veel Ca en Mg in het blad gevonden terwijl dan bovendien kalium uit de stengel verdreven wordt (fig. 21B) door uitwisseling tegen Ca (en Mg) in het transportweefsel. Het voorgaande betekent een relatieve verhoging voor de genoemde component in het blad. Door het hogere Cl-aandeel wordt het (C—A)-aandeel lager.

Het voorgaande geldt voor de groeifase waarin de hoofdspruit als geheel en alle afzonderlijke delen nog droge stof produceren en voedingsstoffen opnemen. Hierbij veranderen de opgenomen hoeveelheden (fig. 12A, B) en de gehalten der voedingsstoffen met de tijd op vergelijkbare wijze als door Petrie (1937) voor tarwe en Soedan-gras, door Gregory (1937) voor gerst en door Williams (1957) voor timothee gevonden werden. De resultaten van Chambers (1953) met tarwe zijn eveneens vergelijkbaar maar deze auteur veronderstelt dat van het begin van de ontwikkeling de gehalten der voedingsstoffen in de plant dalen. In de eigen proef gaat dit niet op voor de K-, NO_3 - en (C—A)-gehalten (fig. 11A, B) die eerst stijgen en daarna pas dalen. Het verschil in tijdstip van de eerste oogst zal wel de oorzaak zijn van deze verschillen.

Dat er nog opname c.q. productie in de delen van de tarwe-plant plaats heeft betekent dat alle bladeren als geheel een overschot aan organisch of anorganisch materiaal vertonen. Er kan echter wel verplaatsing van oudere naar jongere bladeren en spruiten en zelfs ook in omgekeerde richting plaats hebben, zoals door Williams (1957, 1964) voor timothee en door Quinlan & Sagar (1962) voor tarwe gevonden werd. Volgens deze onderzoekers en ook volgens Stoy (1965) accumuleren alleen zeer jonge bladeren en spruiten. Uit de volledig ontwikkelde bladeren treedt al direct transport naar andere (meest jongere) bovengrondse delen op, terwijl vanuit oudere bladeren na de bloei alleen nog verplaatsing naar de wortels of naar het voedingsmilieu plaats heeft. Wanneer de verplaatsing leidt tot netto-verlies dwz. vermindering van de totale hoeveelheid in een gegeven plantedeel terwijl de hoeveelheid voor de hele plant gelijk

blijft of toeneemt, zoals dat voor N-org. en H_2PO_4 in de watercultures het geval is, wordt hier gesproken over herverdeling binnen de plant.

Over de initiële oorzaken van verplaatsing van voedingsstoffen naar bepaalde delen in de plant (Loehwing, 1942, 1953) geven de resultaten van de hier beschreven proeven geen aanknopingspunten. Er kan echter in het algemeen gesteld worden dat verplaatsing van o.a. stikstof samenhangt met de fysiologische leeftijd van de plant of het plantedeel. Zij wordt beïnvloed door kinetine (Dilz, 1964) en andere cytokininen, maar de wijze en het tijdstip tijdens de ontwikkeling waarop deze stoffen werkzaam zijn is nog nagenoeg onbekend (Fox, 1969). Wel kunnen voor de hier beschreven watercultures waarin de vochtvoorziening en de voedingstoestand als 'optimaal' beschouwd wordt de verschillen in verdeling tussen de voedingselementen duidelijk aangetoond worden. Deze kunnen in verband gebracht worden met de opnamesnelheid van voedingsstoffen in het jeugd stadium zoals dat ook voor zonnebloem door Rippel & Ludwig (1926) en Rippel (1927) gedaan werd. Voor de voedingsstoffen Ca, Mg, Cl en SO_4 nemen de hoeveelheden in alle onderzochte delen regelmatig toe tot de allerlaatste ontwikkelingsfase. Hierbij stijgt SO_4 in de oudere bladeren relatief sterk als gevolg van omzetting van S-org. in SO_4 welke optreedt bij de hydrolyse van eiwitten. Het SO_4 als niet (Wood, 1942), of slechts ten dele verplaatsbaar ion (Thomas et al., 1944) hoopt zich dan op. Overigens is het volgens Willenbrink (1967) niet waarschijnlijk dat verplaatsing van S uit blad en stengel naar de aar alleen via SO_4 plaats heeft.

Van de andere bovengenoemde elementen vertonen Ca en Cl duidelijke overeenkomst wat de opname in de aar (fig. 12A) maar niet wat de verdeling over stengel en blad (fig. 12A, fig. 13) betreft.

Daarnaast valt de grote hoeveelheid Mg (t.o.v. Ca) die in de aar vermoedelijk als bestanddeel van fytine (Kent-Jones, 1950; Mengel, 1961) gevonden wordt alleen te verklaren wanneer Mg zich gemakkelijker verplaatst dan calcium, in tegenstelling met de resultaten van Rippel (zonnebloem).

Voor N en P treedt zeer duidelijk herverdeling binnen de hoofdspruit op waarbij fosfaatverlies alleen uit de stengel en N-verlies uit blad en stengel gevonden wordt. Het begin van het N-verlies (56 dagen na opkomst, fig. 12B) komt overeen met het einde der bladontwikkeling, waarbij volgens Williams (1964) import van koolstofverbindingen overgaat in export. De verplaatsing van N en P vertonen kwalitatief grote overeenkomst (Willenbrink, 1967) wat betreft de gevolgde weg in de plant (floëem) en de plaatsen waarvandaan en waarheen de componenten zich verplaatsen. Ook kwantitatief worden dezelfde relatieve hoeveelheden van 65% voor de aar en 15 à 20% voor blad en stengel (fig. 13) gevonden.

Voor kalium kan onder de gegeven proefomstandigheden ook geen netto-verlies uit blad en stengel van tarwe aangetoond worden hoewel (fig. 12A) bij het blad sprake is van een grensgeval. Overigens toont het tijd-opnamepatroon van K een afwijkend beeld t.o.v. dat van Ca en Mg wat voortvloeit uit de mogelijkheid dat uit ouder (blad-) materiaal uitsluitend (Williams 1957, 1964) stofverplaatsing naar de wortel of het wortelmilieu gemeten wordt. Hierdoor zou kalium, dat bij de korrelvulling een betrekkelijk ondergeschikte functie vervult, weer verdwijnen op dezelfde wijze als kalium

in de herfst ook in hoge mate uit ouder blad van loofbomen getransporteerd wordt, (Fischer, 1967).

Het voorgaande betekent dat als volgorde van bewegelijkheid tevens samenhangend met het opnamepatroon in het jeugd stadium (fig. 27) kalium als meest bewegelijke element aangemerkt dient te worden voor tarwe. Daarna volgen, gezien de verplaatsing naar de aar, N en P op dezelfde plaats terwijl daarna Mg voor Ca volgt en tenslotte Cl vermoedelijk wel relatief snel opgenomen wordt maar zich slechts moeilijk verplaatst. Door Rippel (1927) werd voor zonnebloem als volgorde van bewegelijkheid $N > K > P > Ca$, Mg, S gevonden wat slechts in grote lijnen met de resultaten van tarwe overeenstemt.

10 Invloed van gedeelde bemesting op de opbrengst (grondculture 1967)

10.1 Inleiding

Hoewel de eenmalige bemesting nog steeds de gebruikelijke methode is, wordt deling van met name stikstofgiften voor granen reeds van oudsher toegepast (Russell, 1931), en wordt deze thans al dan niet in combinatie met middelen als chloormequat (CCC) duidelijk gepropageerd (Dilz, 1968, 1969; Jonker, 1964; De Jong, 1969).

Evenals door Van Burg (1959) zal hier gesproken worden over deling van mestgiften (of gedeelde mestgiften) omdat deze omschrijving het beste bruikbaar is. Immers er is dan sprake van een gift in het voorjaar voor wintergranen, voor zomergewassen een gift vóór het zaaien, en toediening van meststoffen op een of meer tijdstippen gedurende de groei. Tussen de hoeveelheid vóór het zaaien (A) en de giften op de tijdstippen (B) waarop een latere bemesting gegeven wordt zijn een oneindig aantal combinaties mogelijk waarvan uiteraard slechts een beperkt aantal van praktische betekenis is. Voor het geval $A = 0$, dit is uitstel van de hele N-bemesting zoals dit volgens Van Dobben (1962) mogelijk is op vruchtbare gronden, of voor B zeer laat (bij of na de bloei en aangeduid als extra- of overbemesting) met de bedoeling het gewicht en het N-gehalte van de korrel te verhogen (Coic & Jolivet, 1953; Gros, 1954; Van Dobben, 1962) heeft men te maken met extreme situaties. In de meeste gevallen zal althans voor zomergranen een gift vóór het zaaien nodig zijn en zal het grootste deel van de stikstof vóór de bloei gegeven worden. De hoogte van de begingift en de hoogte en het tijdstip van de latere giften zal daarbij afhankelijk zijn van o.a. de vruchtbaarheid van de grond en de mate waarin door mineralisatie stikstof nageleverd wordt (Van Dobben, 1960).

Volgens Russel (1931), Coic (1954, 1956, 1960) en anderen heeft bij tarwe de vroeg gegeven stikstof (vóór of vlak na het zaaien tot het stadium van het schieten) invloed op de vorming van zijspuiten, terwijl door stikstof toe te dienen tijdens het te voorschijn komen van de aar vooral het aantal korrels per aar en door N-bemesting rond het tijdstip van de bloei vooral het korrelgewicht gunstig beïnvloed wordt. Dit geldt onder veldomstandigheden waarbij bovendien blijkt (Van Dobben, 1965a, 1965b; Dilz, 1969) dat het geen zin heeft om lage (sub-optimale) N-giften te delen. Ook een zgn. 'hol' gewas wintertarwe kan door zware stikstofgiften na de winter niet tot normale opbrengsten gebracht worden (Van Dobben, 1965). In beide gevallen is namelijk het voor de bloei aanwezige assimilerende weefsel onvoldoende om hoge opbrengsten te geven ondanks dat door de latere N-bemesting het assimilerende apparaat in functie gehouden wordt (Dilz, 1964).

Bij het hier te bespreken experiment met een grond die weinig stikstof levert is de begingift van 105 mg N/pot (per 2,5 kg grond) waarschijnlijk te laag, zeker wanneer pas in stadium 8 à 9 of later de aanvulling tot 840 mg N/pot plaats heeft. Bij deze objecten die dus als extreem te beschouwen zijn, zijn wel duidelijke verschillen in de opbrengst-bepalende factoren en in de chemische samenstelling te verwachten. Dit zal minder het geval zijn wanneer 420 mg N per pot vóór het zaaien gegeven wordt. Bij deze planten zal aanvulling met stikstof tot hogere opbrengsten kunnen leiden dan bij de eenmalige gift van 840 mg N per pot omdat het grotere assimilerende apparaat langer groen gehouden kan worden. Overigens is de als optimaal aangeduide gift van 840 mg N per pot nog betrekkelijk laag voor een gewas in potten. Hogere giften ineens zouden bij deze grond aanleiding geven tot vertraagde opkomst en de groei van de kiemplanten remmen. De vergelijking met de gedeelde giften zou door deze verschillen onduidelijk worden.

De bemesting met kalium, al dan niet gedeeld, zal weinig invloed hebben op de opbrengst-bepalende factoren, daarentegen wel op de chemische samenstelling van de plant of de plantedelen.

Van de deling van stikstof + kalium (N + K-serie) is te verwachten dat de invloed op de opbrengst-bepalende factoren identiek zal zijn als voor stikstof. Het effect op de chemische samenstelling zal naar verwacht wordt overeen komen met de objecten waarbij gedeelde kalium- resp. stikstof-giften gegeven werden.

10.2 Ontwikkeling en drogestofproductie

10.2.1 Groei en ontwikkeling der proefplanten

De opkomst van de tarweplanten werd in 1967 vertraagd door het koude voorjaarsweer. Eerst op 17-4-1967 (zaaidatum 28-3-1967), toen de tarweplanten 3 à 4 bladeren hadden, werd voor de eerste maal geoogst.

Uit de gegevens van de jonge proefplanten (fig. 28) blijkt dat door de hogere giften vóór het zaaien de opkomst en de drogestofproductie vertraagd werd. Dit geldt niet alleen voor objecten waarbij stikstof, maar ook die (tabel 22) waarbij kalium of stikstof + kalium gevarieerd werd. De drogestofproductie van oudere tarweplanten met gedeelde en eenmalige N-bemesting wordt geïllustreerd door de gegevens van fig. 29. Hoewel in de oudere literatuur (samengevat door Ballard & Petrie, 1936) de groei-vertraging wel toegeschreven wordt aan een ongunstige invloed van stikstof (met name in de vorm van ammoniak) is de invloed van zout als zodanig meer waarschijnlijk (Wellington, 1966). Dit geldt temeer omdat bleek dat de huidmondjes van de oudste bladeren van onze planten een meer xeromorfe structuur vertoonden dan onder veldomstandigheden het geval is.

De groei van de wortels veranderde op tegengestelde wijze als die der bovengrondse delen. Immers het wortelgewicht (fig. 29) van de optimaal bemeste planten (130¹)

1. Voor de codering van de proefobjecten wordt verwezen naar fig. 6, pag. 8.

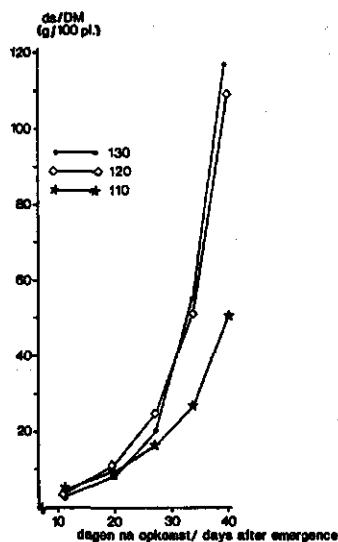


Fig. 28. Produktie van droge stof van jonge tarweplanten bij eenmalige N-bemesting, grondculture 1967.

Fig. 28. Dry-matter production of young wheat plants with dressings before sowing, soil culture 1967.

Tabel 22. Drogestofopbrengst (g/100 planten) van bovengrondse delen van jonge tarweplanten bij lage en matige kalium en stikstof plus kalium bemesting, grondculture 1967 / Dry-matter yield (g/100 plants) of tops of young wheat plants at low and medium K and N + K dressings, soil culture 1967.

dagen na opkomst / days after emergence		11	20	27	34	40
behandeling / treatment	code / code ¹					
K-serie	210	3,59	8,98	22,84	46,64	97,70
K-serie	220	3,31	7,96	21,71	43,65	98,90
N + K	130	3,24	8,52	20,38	54,59	117,00
N + K-serie	320	3,97	10,28	18,45	40,00	93,35

1. a) 210: 100 mg K₂O per pot vóór het zaaien / 100 mg K₂O per pot before sowing.
- b) 220: 200 mg K₂O per pot vóór het zaaien / 200 mg K₂O per pot before sowing.
- c) 130: 400 mg K₂O per pot vóór het zaaien / 400 mg K₂O per pot before sowing.
- a, b en c: 840 mg N per pot vóór het zaaien / a, b, c, 840 mg N per pot before sowing.
- d) 320: 200 mg K₂O + 420 mg N per pot vóór het zaaien / 200 mg K₂O + 420 mg N per pot before sowing.

bleef tot minstens 60 dagen na opkomst lager dan bij de objecten met lagere N-giften (120 en 110). De verhouding spruit: wortel (fig. 30) was hierdoor voor de planten met matige N-gift vanaf 30 dagen na opkomst duidelijk lager dan voor de 'optimaal' bemeste planten. Deze gegevens komen in principe overeen met de resultaten van de jonge tarweplanten op waterculture (fig. 8A, B, hoofdstuk 5). Wanneer lage en matige

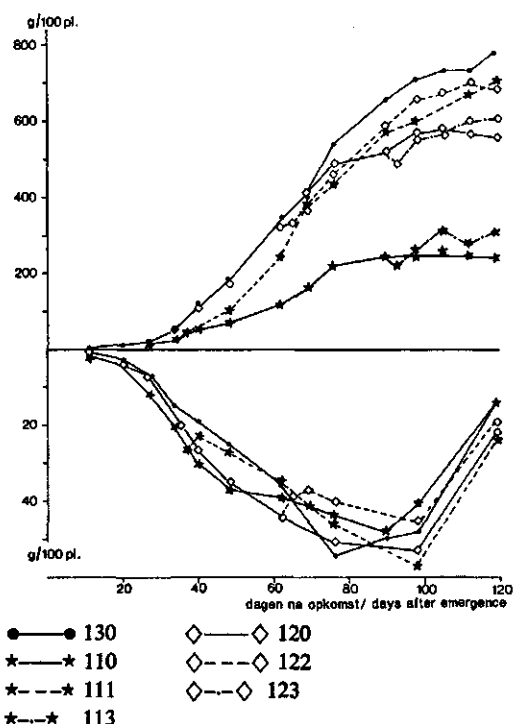


Fig. 29. Produktie van droge stof van bovengrondse delen (boven) en wortels (beneden) van tarwe bij eenmalige en gedeelde N-bemesting, grondculture 1967.

Fig. 29. Dry-matter production of aerial parts (above) and roots (below) of wheat, with N dressings before sowing and with split application of nitrogen, soil culture 1967.

kaliumgiften vóór het zaaien werden toegediend veranderden de spruit:wortel-verhoudingen als bij de 'optimum' planten, en bij matige N + K bemesting (320) als bij het object matige N-bemesting (120, fig. 30).

De eerste zijspruiten werden waargenomen op 20 dagen na opkomst. Ze waren op dat tijdstip nog te klein om apart geoogst te worden. Vanaf 32 dagen na opkomst begon N-gebrek zichtbaar te worden bij de planten met de laagste N-gift voor het zaaien. K-gebrekssymptomen waren toen nog niet aanwezig. Na het toedienen van de aanvullende gift stikstof, kalium of stikstof + kalium (dit gebeurde als oplossing in twee porties om zoutschade te voorkomen) op tijdstip A (= 10-5-1967) werden de planten met N-gebrek weer donkergroen.

Bij de planten met matige N-gift (420 mg N/pot vóór het zaaien) werd N-gebrek voor het eerst zichtbaar omstreeks 6 weken na opkomst en overeenkomend met stadium 7 à 8 volgens de schaal van Feekes. Na toedienen van aanvullende stikstof op tijdstip B (= 7-6-1967) aan een deel van deze planten werden de bladeren en stengels weer groen. Dit gold ook voor de aanvulling met stikstof bij de planten met lage begingift. Opvallend was dat half juni de planten met een lage N-gift vóór het zaaien en een aanvullende gift op tijdstip A (111) donkerder groen van kleur waren dan de planten van alle andere objecten waaronder ook object 130. Dit viel vooral op bij de oudere bladeren. Enige tijd later (rond 20-6-1967) waren aan de planten met lage begingift en aanvulling op tijdstip B (112) en in mindere mate bij die met matige N- resp. N + K-

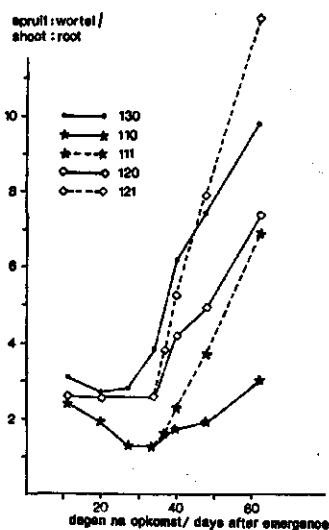


Fig. 30. Spruit: wortel van jonge tarweplanten met eenmalige en gedeelde N-bemesting, grondculture 1967.

Fig. 30. Ratio shoot: root for young wheat plants with N dressings before sowing and with split application of nitrogen, soil culture 1967.

gift en aanvulling van N en N + K op tijdstip B (122 resp. 322) veel jonge zijspruiten te zien.

De planten bloeiden alle op hetzelfde tijdstip (rond 20-6-1967).

Bij de oogst op 90 dagen na opkomst en overeenkomend met tijdstip C voor de aanvullende gift van N, K en N + K, hadden alleen de 112-planten zijspruiten met aren die ± 20 cm korter en duidelijk groener (jonger) waren dan die van de hoofdspruit. Gedurende de verdere groei bleef dit verschil bestaan, zodat bij de laatste oogst (3-8-1967), toen alle andere hoofdspruiten en zijspruiten al doodrijp waren, bij deze planten nog betrekkelijk groene, niet volledig afgerijpte halmen voorkwamen. In geen der objecten waren bij de jonge planten symptomen van K-gebrek te zien en de symptomen bij de oudere planten waren niet te onderscheiden van normale verouderingskenmerken.

Het verloop van de drogestofproductie van de hele plant (hoofd- en zijspruiten) voor enkele objecten blijkt uit fig. 29. Behalve de eerder in dit hoofdstuk besproken verschillen in de groei gedurende het jeugd stadium blijkt dat aanvullende giften van stikstof (in mindere mate geldt dit voor kalium) welke op latere tijdstippen gegeven werden eerst na enige tijd (1 à 2 weken) invloed op de drogestofproductie te zien gaven. De vertraging trad het duidelijkst op bij late aanvulling (fig. 29, vergelijk 111 en 113). Voor de groei van de wortels valt een directe reactie op (fig. 29, bijv. 111 en 122) waarbij de drogestofopbrengst zelfs tijdelijk daalde. Dit dient echter naar alle waarschijnlijkheid toegeschreven te worden aan een schadelijke invloed van de meststoffen op een deel (het oudere) der wortels. Deze beschadigde wortels waren evenals dat met een groot deel der wortels van de oudere planten (fig. 29, vanaf 100 dagen na opkomst) het geval was na het uitspoelen (een 'ruwe' techniek) niet meer te vinden.

In fig. 31 wordt de relatie tussen de groei van de hele hoofdspruit en de delen ervan geïllustreerd voor planten met een lage en een hoge N-gift vóór het zaaien. De fasen

Fig. 31. Groei van delen van de hoofdspruit van tarwe bij lage (110) en hoge (object 130) N-gift voor het zaaien, grondculture 1967.

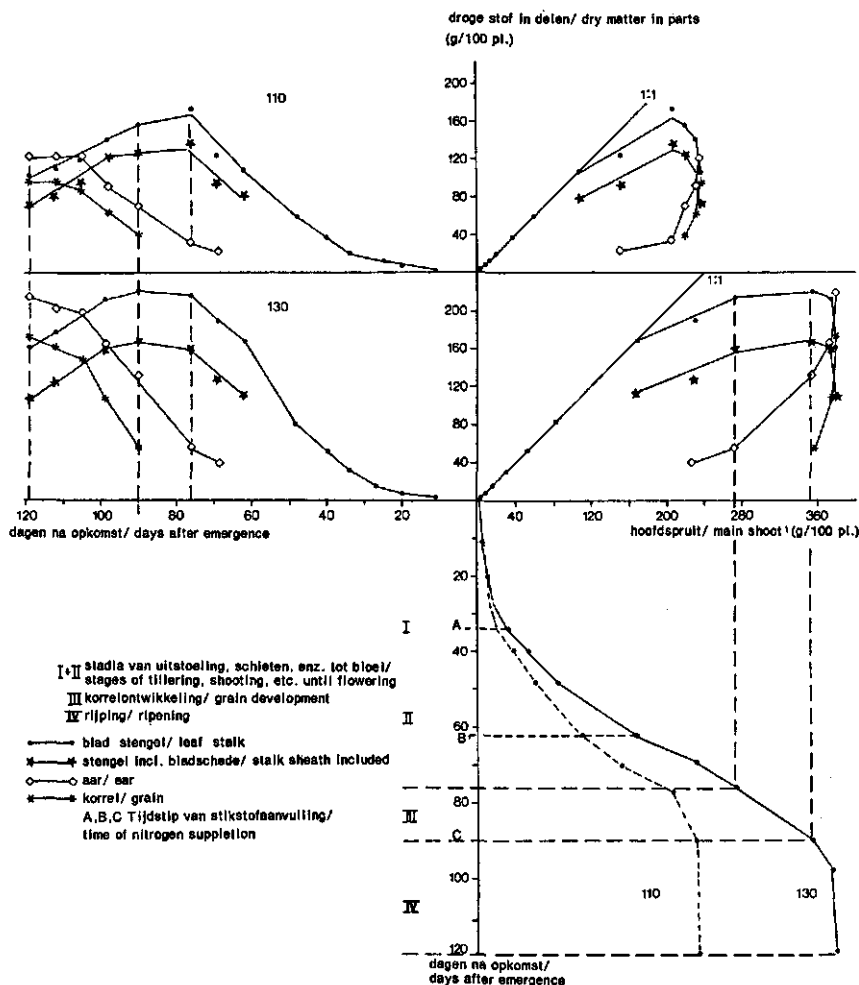


Fig. 31. Growth of parts of wheat main shoot with low (110) and high (130) N dressing before sowing, soil culture 1967.

zijn hier minder duidelijk te onderscheiden dan bij de tarweplanten op watercultuur (4.3). Men kan slechts spreken van de fase vóór de bloei (aangeduid als I en II) waartoe het uitstoelen en het schieten behoort, de fase van de aar-ontwikkeling en de bloei (III) gedurende welke de groei van bladeren en stengels tot stilstand komt, en de fase van de afrijping (beter gezegd van korrelontwikkeling en afrijping en aangeduid als IV) waarin het gewicht der korrels sterk toeneemt en dat van blad en stengel duidelijk afneemt.

In hoofdstuk 11 (nl. bij de relatie N-opname-vers gewicht) zal blijken dat waarschijnlijk ook vóór de bloei meer fasen te onderscheiden waren maar dat dan eerder blad en

Tabel 23. Relatieve verdeling van de droge stof (%) over de delen van de hoofdspruit bij éénmalige en gedeelde N-bemesting, grondculture 1967 / Relative distribution (%) of dry matter in parts of main shoots with N dressings before sowing and with split application of nitrogen, soil culture 1967.

Dagen / Days	62	69	76	98	119
	a ¹ b	a b c	a b c	a b c	a b c
110 ²	72,9 27,1	62,0 21,7 16,3	66,5 16,5 17,0	45,5 14,8 39,7	31,6 14,9 53,5
120	73,2 26,8	63,4 21,3 15,4	66,0 16,1 17,9	46,3 12,1 42,6	33,4 11,9 54,6
130	67,6 32,4	55,2 27,0 17,8	59,5 19,7 20,8	42,3 14,5 43,2	28,9 13,5 57,7
111	68,1 31,9	56,0 24,0 19,6	57,9 19,5 22,6	40,2 12,6 47,4	26,6 11,4 62,1
121	64,5 35,5	55,7 26,6 17,8	60,8 19,6 19,6	41,2 13,3 45,5	29,5 10,1 57,5

1. a: hoofdspruit minus blad en aar = stengel incl. bladschede / main shoot minus leaves and ear = stalk including leaf sheaths.

b: blad hoofdspruit minus bladschede / leaves of main shoot minus leaf sheaths

c: aar hoofdspruit / ear of main shoot

2. Verklaring van code der behandelingen zie tekst / Explanation of symbols of treatments see text.

stengel van de hoofdspruit gescheiden hadden moeten worden. Duidelijk is in elk geval wel uit fig. 31 dat ook bij de lage N-gift dezelfde fasen te onderscheiden waren als voor de planten met hoge N-gift. De totale hoeveelheid droge stof was bij object 110 wel lager en (fig. 31, 2e kwadrant) het gewicht van de korrel en van de aar bereikte eerder zijn hoogste waarde.

De relatieve verdeling van de droge stof over de delen van de hoofdspruit was afhankelijk van de N-bemesting en dus van de N-toestand van de plant (tabel 23) zoals dat ook bij de watercultures voor de 0N-planten in het jeugd stadium gevonden werd. Er blijkt dat lagere N-bemesting vóór het zaaien (objecten 110 en 120) leidde tot een verschuiving naar een hoger aandeel van de stengel ten koste van het bladaandeel en op latere tijdstippen ook van het aandeel van de aar. Aanvullen van de N-gift in een vroeg stadium (objecten 111 en 121) leidde tot verhoudingswaarden die met die van object 130 overeenkwamen. Ook de resultaten van de objecten met variatie in kalium-bemesting weken hier niet van af.

De verhouding hoofdspruit: zijspuit op basis van drogestofproductie blijkt uit fig. 32 waar het aandeel (als % van de totale hoeveelheid droge stof) van de hoofdspruit tegen de tijd is uitgezet. Het aandeel van de zijspruiten daalde bij object 110, maar steeg weer als N bijgegeven werd (objecten 111, 112 en 113). Bij de vergelijkbare objecten 111 en 130 nam het aandeel van de hoofdspruit zeer snel af bij het begin van de groei (tot ± 40 dagen na opkomst), nam daarna enigszins toe en daalde vervolgens weer. Dit laatste was ongetwijfeld het gevolg van het verschil in afrijping tussen de korrels (aren) van de hoofdspruiten en die der zijspruiten welke laatste langer door gingen met produceren van droge stof. Bij de objecten 113 en 112 nam het aandeel van de zijspruiten regelmatig toe omdat, zoals eerder beschreven, door de N-bemesting nog zijspruiten (al dan niet aardragend) gevormd werden.

Fig. 32. Verdeling van droge stof in bovengrondse delen (links) en in de hoofdspruit (rechts) van tarwe bij eenmalige en gedeelde N-bemesting, grondcultuur 1967. (h) hoofdspruit, (z) zijspuiten, (b) blad hoofdspruit, (s) stengel hoofdspruit en (a) aar hoofdspruit.

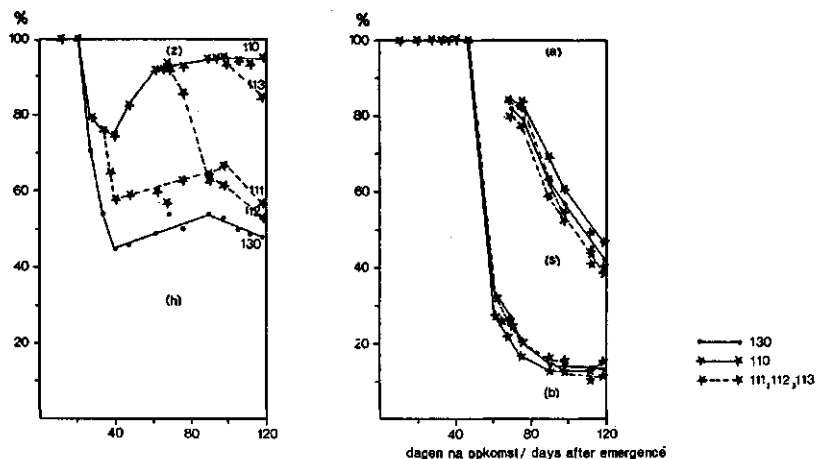


Fig. 32. Distribution of dry matter in aerial parts (left) and in main shoot (right) of wheat with N dressings before sowing and split application of nitrogen, soil culture 1967. (h) main shoot, (z) tillers (b) leaf, (s) stalk and (a) ear.

10.2.2 Opbrengst-bepalende factoren

De korrelopbrengst-bepalende factoren voor een graangewas zijn het aantal halmen (aren, pluimen) per oppervlakte-eenheden of per pot, het aantal korrels per aar en het 1000-korrel-gewicht. In het nu volgende wordt voor de laatste twee componenten onderscheid gemaakt tussen hoofd- en zijspuiten. De korrel- en stro-opbrengst worden eveneens voor deze plantdelen apart behandeld.

10.2.2.1 Halmgetal

Dat de vorming van zijspuiten zeer duidelijk onder invloed staat van de aanwezigheid van stikstof in het wortelmilieu blijkt uit fig. 33 en uit tabel 24. Bij de lage N-gift (110) werden slechts 2 zijspuiten per plant gevormd waarvan geen enkele een aar vormde. Bij de als optimaal beschouwde N-bemesting (130) bleken dit gemiddeld 3,0 zijspuiten per plant te zijn, waarvan bij 1,5 een aar tot ontwikkeling kwam. Werd deling van de N-gift toegepast dan bleek voor de extreme situatie met een lage begin-gift (fig. 33, vgl. 112 en 113 met 130) onder de omstandigheden van een potproef de zijspuitvorming, zij het dan vertraagd, afhankelijk van de leeftijd der planten, weer op gang te komen. Het aantal zijspuiten bereikt dan zelfs het niveau der vroeg bemeste planten. Bij fig. 33 dient opgemerkt te worden dat de daling van het aantal zijspuiten na 40 dagen niet overeenkomt met de werkelijkheid maar uitsluitend te wijten is aan het feit dat jonge zijspuiten ook als ze klein zijn wel, daarentegen oudere, uitgedroog-

Fig. 33. Aantal zijspuiten (totaal en met aar) van tarwe bij eenmalige en gedeelde N-bemesting, grondcultuur 1967.

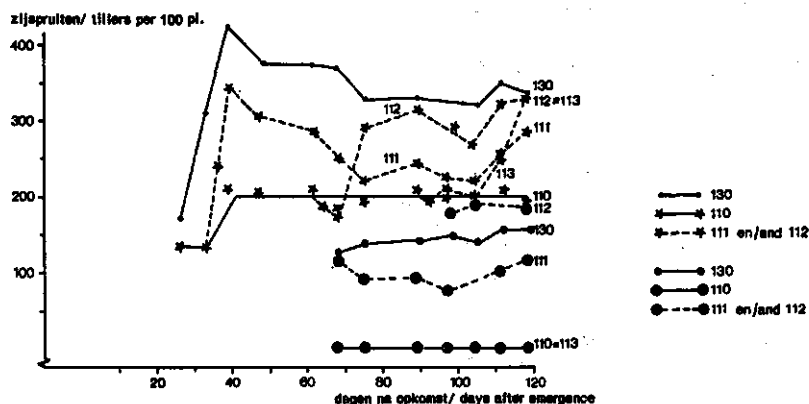


Fig. 33. Number of tillers (total and with ears) of wheat with N dressings before sowing and split application of nitrogen, soil culture 1967.

Tabel 24. Aantal zijspuiten met en zonder aar op twee tijdstippen (op 98 en 119 dagen na opkomst) bij tarweplanten met eenmalige en gedeelde N-, K- en N + K-bemesting, grondcultuur 1967 / Number of tillers with and without ears for wheat plants with N, K and N + K dressings before sowing and with split applications of these nutrients on 98 and 119 days after emergence, soil culture 1967.

98 dagen / 98 days

behandeling / treatment	120	121	122	123	210	211	212	213	320	321	322	323
zijspuiten + aar / tillers + ears	105	140	100	65	135	150	155	155	70	140	125	95
zijspuiten - aar / tillers - ears	195	275	200	240	190	140	150	135	155	180	255	150

119 dagen / 119 days

zijspuiten + aar / tillers + ears	80	135	100	70	145	135	130	145	90	150	115	95
zijspuiten - aar / tillers - ears	235	250	230	225	150	130	150	140	185	205	225	205

1ste cijfer / 1st figure

1 = N (stikstof / nitrogen); 2 = K (kalium/potassium); 3 = N + K / N plus K

2de cijfer / 2nd figure

1 = lage gift / low dressing (105 mg N/pot, 100 mg K₂O/pot)

2 = matige gift / medium dressing (420 mg N/pot, 200 mg K₂O/pot)

3 = hoge gift / high dressing (840 mg N/pot, 400 mg K₂O/pot)

3de cijfer / 3rd figure

0 = bemesting van N, K, of N + K voor het zaaien / dressings of N, K, N + K before sowing.

1 = aanvulling van meststoffen op tijdstip A (10-5-'67) / suppletion of fertilizers on time A

2 = aanvulling van meststoffen op tijdstip B (7-6-'67) / suppletion of fertilizers on time B

3 = aanvulling van meststoffen op tijdstip C (5-7-'67) / suppletion of fertilizers on time C.

Fig. 34. Aantal zijspuiten met aar van tarwe bij eenmalige en gedeelde N- en N+K-bemesting (links) en K- en N+K-bemesting (rechts), grondculture 1967, oogst 119 dagen na opkomst. De gegevens van de N+K-serie zijn in elke figuur rechts van de onderbroken horizontale as getekend.

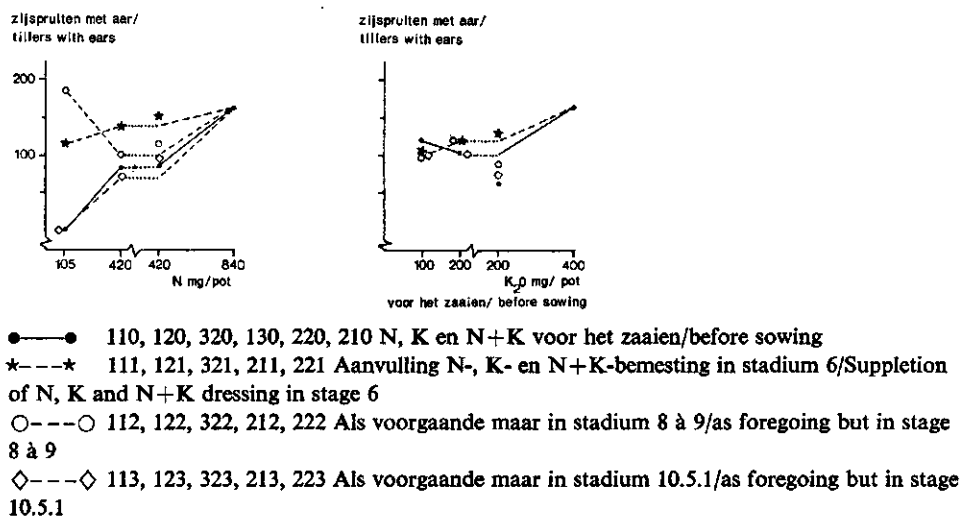


Fig. 34. Number of tillers with ears of wheat with N and N+K dressings (left) and K and N+K dressing (right) before sowing and split application for these nutrients, soil culture 1967, harvest time 119 days after emergence (The data of the N+K-serie are in each figure at the right side of the broken horizontal axis).

de, zijspuiten zeer moeilijk van het omringende materiaal te onderscheiden en te scheiden zijn. Het aantal zijspuiten met en zonder aar voor de objecten met matige N- resp. N + K-gift (120, resp. 320) verschilde niet van dat der 'optimaal' bemeste planten (130) terwijl aanvulling der N-, resp. N + K-bemesting het aantal, evenals bij de lage N-gift, bracht op ongeveer 3 per plant (tabel 24, kolommen 3, 4, 12 en 13).

Deling van de K-gift had geen invloed op het totaal aantal zijspuiten (tabel 24, kolommen 6, 7, 9 en 10). Ook het aantal zijspuiten met aar (fig. 34) week bij geen der K-objecten af van dat der eenmalig bemeste planten.

Bij de planten uit de N- en de N + K-serie met gedeelde N-bemesting was het aantal zijspuiten met aar duidelijk lager voor 113, 123 en 323. Dit zijn de objecten waarbij de tweede dosis N of N + K eerst bij de bloei gegeven werd. In dit geval werden er nog wel zijspuiten gevormd (fig. 33, tabel 24) maar deze leverden geen aar. Voor de andere objecten was het aantal zijspuiten met aar wel lager maar de verschillen t.o.v. object 130 waren niet significant, terwijl van het significant hoger aantal bij object 112 bij de eindooft een deel niet volledig afgerijpt was (10.2.1). Overigens was het aantal halmen (hoofdspuiten en zijspuiten met aar) bij de N + K-serie gemiddeld iets hoger dan bij de overeenkomstige objecten in de N-serie (fig. 34).

Tabel 25. Aantal korrels per aar en 1000-korrel-gewicht (g) voor hoofdspruiten, zijspruiten en hele plant bij de eind oogst (119 dagen na opkomst), grondcultuur 1967 / Number of grains per ear and 1000-grain weight (g) for main shoots, tillers and whole plant at harvest time (119 days after emergence), soil culture 1967.

Behandeling / Treatment ¹	Korrels per aar / Grains per ear			1000-korrel-gewicht / 1000-grain weight		
	hoofdspruit / main shoot	zijspruiten / tillers	hele plant / whole plant	hoofdspruit / main shoot	zijspruiten / tillers	hele plant / whole plant
111	44,5	29,7	36,7	42,4	38,9	40,9
112	24,8	22,4	23,2	52,6	22,8	34,1
113	23,9	0,0	23,9	45,1	0,0	45,1
121	40,4	29,1	33,9	42,3	39,5	40,0
122	42,8	24,1	33,5	49,0	41,1	46,2
123	39,9	21,3	32,2	49,5	45,7	48,5
130	40,1	27,1	32,0	42,9	39,1	40,9
321	41,8	27,5	32,5	42,3	39,3	41,8
322	40,0	21,6	31,0	49,7	44,2	46,5
323	37,7	17,6	28,1	49,3	49,3	47,9
D ²	7,52	9,70	9,33	4,49	4,94	4,53
110	23,3	0,0	23,4	40,7	0,0	40,7
120	38,8	24,4	32,6	40,7	36,7	39,1
320	40,0	18,8	29,9	40,3	35,8	39,1
130	40,1	27,1	32,0	42,9	39,1	40,9

1. Verklaring code zie tabel 24 / Explanation see table 24.

2. D wordt gevonden uit $Q \times S_{\bar{x}}$ waarbij Q is de waarde uit de tabel van de 'Studentized range test' (Q = afhankelijk van het aantal vrijheidsgraden en het aantal behandelingen en $S_{\bar{x}}$ is de spreiding van het gemiddelde ($S_{\bar{x}} = S_x / \sqrt{n}$)).

De waarde van D (berekend) wordt vergeleken met de verschillen tussen de behandelingen (Snedecor, 1956).

D is found as $Q \times S_{\bar{x}}$ and Q is the value from the table of the so-called Studentized range test (Q depends on the degree of freedom and the number of treatments) and $S_{\bar{x}}$ is the standard deviation of the mean ($S_{\bar{x}} = S_x / \sqrt{n}$). The value of D (calculated) is compared with the differences between the treatments (Snedecor, 1956).

10.2.2.2 Aantal korrels per aar

Het aantal korrels per aar voor de hele plant nam toe bij stijgende stikstofgift vóór het zaaien (tabel 25, onderste 4 regels). De verviervoudiging van de N-gift van 105 mg N per pot voor het zaaien (110) naar 420 mg N per pot (120) had een duidelijk effect. Bij de zijspruiten gaf ook de toename van N tot 840 mg per pot nog een groter aantal korrels per aar. Zeer duidelijk was het verschil in aantal korrels per aar tussen hoofd- en zijspruiten met de hogere waarden voor de eerstgenoemden. Bij de planten die in totaal evenveel en wel 840 mg N per pot ontvangen hadden (tabel 25, alle objecten op regels 1 t/m 10) maar waarbij deling der N-gift heeft plaats gehad bij een lage resp. matige gift voor het zaaien, bleek dat voor de hoofdspruit uitstel tot stadium 8 à 9 of

later voor de lage begingift (objecten 112 en 113) een lager aantal korrels per aar gaf dan voor alle andere objecten. In deze laatste groep waren de verschillen met object 130 niet van betekenis maar wel tenderde langer uitstel van de N- of N + K-gift naar daling van het aantal korrels per aar. Deze tendens was duidelijker bij de zijspruiten met aar waarbij door de grote spreiding alleen het object 113 (waar geen aardragende spruiten aanwezig waren) duidelijk lager was dan voor alle andere objecten. De waarde van object 323 (17,6) verschilt significant van 111 (29,7), 121 (29,1), 130 (27,5) en 321 (27,5).

Het voorgaande resulteerde voor de hele plant in een t.o.v. object 130 hoger aantal korrels per aar bij de uitgestelde N-giften van 111, 121, 122, 123, 321 en 322 maar de verschillen waren statistisch niet significant. Het aantal korrels per aar is wel duidelijk lager voor de objecten 112 en 113. Bij deze objecten werd een lage N-gift vóór het zaaien aangevuld in stadium 8 à 9 resp. 10.5.1

De behandelingen waarbij uitsluitend kalium gedeeld werd (niet in een tabel opgenomen) hadden geen invloed op het aantal korrels per aar van hoofd- en zijspruiten.

Wel was het aantal korrels per aar bij de N + K-serie (met name bij de objecten 322 en 323) lager dan bij de N-serie. De verschillen waren evenwel statistisch niet significant. Het aantal halmen (10.2.2.1 en fig. 34) was voor deze N + K-objecten daarentegen hoger dan bij de N-serie.

10.2.2.3 1000-korrel-gewicht

De gegevens voor de onderscheiden objecten zijn opgenomen in tabel 25. Er blijkt dat bij toenemende éénmalige stikstofgift (onderste vier regels in de tabel) het 1000-korrel-gewicht voor de hoofdspruit gelijk was voor de lage en matige N-gift en enigszins hoger (niet significant) voor de optimale N-gift (130). Bij object 110 waren geen zijspruiten met aar gevormd. Het verschil in 1000-korrel-gewicht tussen de matige giften (120 en 320) en de hoogste N-gift (130) was groter dan bij de hoofdspruiten. Het voorgaande resulteerde voor de hele plant in niet-significante verschillen tussen de objecten met eenmalige bemesting. Voor de planten die gedeelde N-giften ontvingen (eerste 10 regels in tabel 25) blijkt voor de hoofdspruit dat de in stadia 8 à 9 of 10.5.1 gegeven stikstof hogere 1000-korrel-gewichten gaf dan bij een éénmalige hoge gift (130). De verschillen zijn statistisch significant behalve het verschil tussen 113 (45,1g) en 130 (42,9 g). Het aanvullen van de stikstofgift in stadium 6 leverde geen verschillen op in 1000-korrel-gewichten van de hoofdspruit en evenmin voor de zijspruiten (vgl. in tabel 25 kolom 6 objecten 111, 121 en 321 met object 130). Werde een deel van de N-gift uitgesteld tot stadia 8 à 9 en 10.5.1 dan waren de 1000-korrel-gewichten ook voor de zijspruiten van de objecten met matige begingift significant hoger dan bij 130 behalve voor object 122 waarbij het verschil met 130 niet significant was. Bij de lage stikstofgift voor het zaaien werd bij object 112 een duidelijk lager 1000-korrel-gewicht gevonden. De zijspruiten waren in dit geval niet volledig afgerijpt. Bij 113 werden geen zijspruiten met aar gevormd.

Het voorgaande resulteerde voor de hele plant in een, vergeleken met object 130,

duidelijk hoger 1000-korrel-gewicht voor de objecten 113, 122, 123, 322 en 323, een gelijk gewicht voor 111, 121 en 321 en in een duidelijk lager 1000-korrel-gewicht voor de planten van object 112. Bij de behandelingen waarbij uitsluitend kalium werd gedeeld werden geen verschillen gevonden in 1000-korrel-gewicht van hoofd- en zijspuiten. Het 1000-korrel-gewicht voor de hele plant bleek evenals het aantal korrels per aar (10.2.2.2) lager te zijn voor de planten der N + K-serie dan voor die van de N-serie.

10.2.2.4 Korrel- en stro-opbrengsten

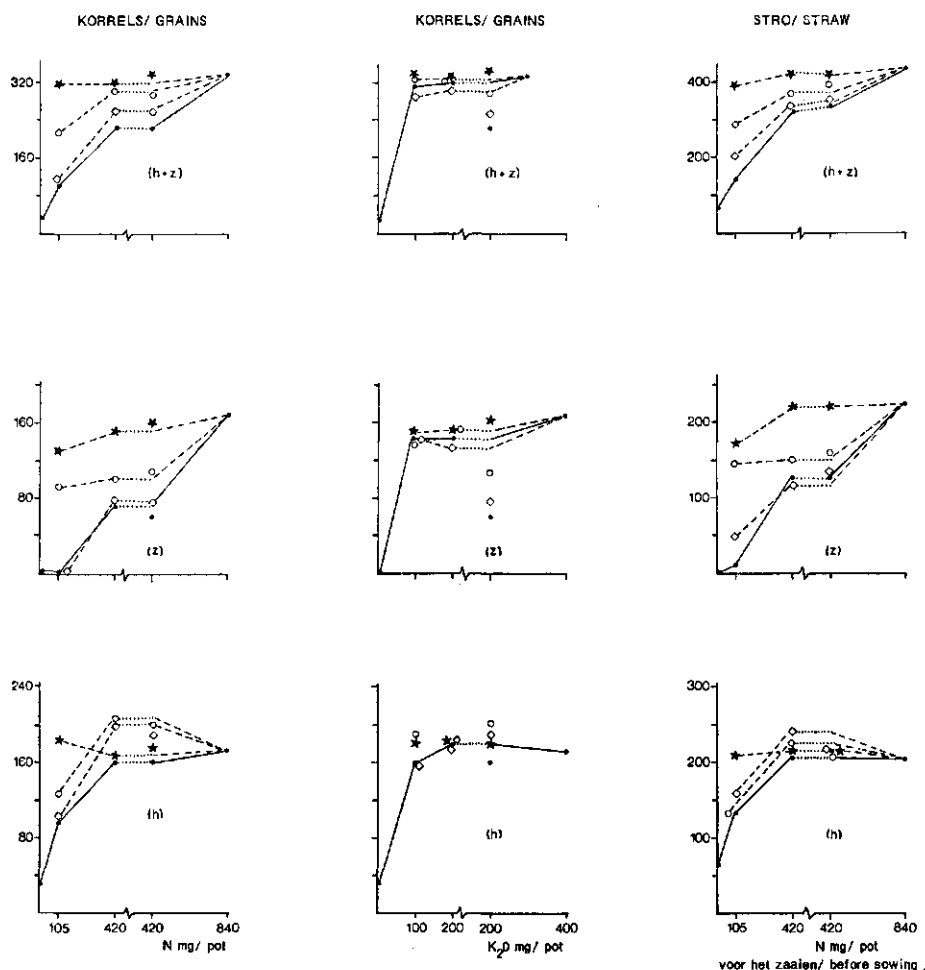
Uit gegevens van het voorgaande (10.2.2.1, 10.2.2.2 en 10.2.2.3) zijn de korrelopbrengsten van hoofd-, zijspuiten en van de hele plant te berekenen. Voor de onderscheiden behandelingen werden de korrel- en stro-opbrengsten weergegeven in fig. 35. De korrelopbrengst werd zowel bij de hoofd- als bij de zijspuiten duidelijk beïnvloed door de eenmalige N-gift. Bij de als optimaal aangemerkte éénmalige gift (130) droegen de zijspuiten evenveel bij tot de korrelopbrengst als de hoofdspuit. In alle andere gevallen (ook bij gedeelde giften) was het aandeel der zijspuiten beduidend lager. Er bleek in deze proef geen verschil in korrelopbrengst te zijn tussen de objecten waarbij alleen stikstof en die waarbij stikstof plus kalium hetzij ineens of gedeeld gegeven werd (vgl. objecten 120 en 320, 121 en 321, 122 en 322 en 123 en 323).

Bij de gedeelde giften waren de korrelopbrengsten van de hoofdspuiten bij de objecten met matige begingift gelijk aan die der eenmaal met stikstof bemeste planten ongeacht het tijdstip waarop de aanvullende gift plaats had (object 122 is zelfs significant hoger dan 130). Indien minder stikstof voor het zaaien werd gegeven, werd alleen bij de aanvulling in stadium 6 (111) dezelfde korrelopbrengst gevonden als bij 130. De hoofdspuiten van de objecten 112 en 113 gaven significant lagere korrelopbrengsten. Voor de zijspuiten werden gelijke korrelopbrengsten gevonden voor 130 en voor 121. Bij alle andere objecten waren de opbrengsten lager dan bij het vergelijkingsobject.

De korrelopbrengst van de hele plant (fig. 35) volgt uit het voorgaande en dat betekent dat er geen significante verschillen gevonden werden tussen de objecten 121 en 130. In alle andere gevallen waren de korrelopbrengsten lager dan bij 130. Vooral de combinaties lage begingift en late aanvulling (112 en 113) en ook de matige begingift met late aanvulling (123) weken af.

De stro-opbrengsten (fig. 35) van de hoofdspuit waren behalve voor de objecten 112 en 113 gelijk aan die van object 130. Wel bestond de tendens dat late N-giften en dan bij matige giften vóór het zaaien meer stro voor de hoofdspuit gaven. Dit was niet het geval voor de zijspuiten waarbij alleen de vroegst gegeven stikstof (321 en 121) nog stro-opbrengsten gaf die met die van object 130 vergelijkbaar zijn. In alle andere gevallen en met name bij de objecten met lage begingift leidde uitstel van de aanvulling met stikstof tot duidelijk lagere stro-opbrengsten. De stro-opbrengsten van de gehele plant bleken voor 321 en 121 niet significant te verschillen van 130. Bij alle andere objecten werden lagere waarden gevonden en blijft gelden dat langer uitstel van een deel der N- of N + K-bemesting tot lagere stro-opbrengsten leidde.

Fig. 35. Korrelopbrengst van hoofdspruiten, zijspruiten en hele planten voor N- en N + K-planten (links) en K- en N + K-planten (midden) en stro-opbrengst voor N- en N + K-planten (rechts). (Toelichting Fig. 34), grondeculture 1967. (h) hoofdspruit, (z) zijspruiten, (h + z) hele plant.



- 110, 120, 320, 130, 220, 210 N, K en N+K voor het zaaien/before sowing
- ★---★ 111, 121, 321, 211, 221 Aanvulling N-, K- en N+K-bemesting in stadium 6/Suppletion of N, K and N+K dressing in stage 6
- 112, 122, 322, 212, 22 Als voorgaande maar in stadium 8 à 9/as foregoing but in stage 8 à 9
- ◇---◇ 113, 123, 323, 213, 223 Als voorgaande maar in stadium 10.5.1/as foregoing but in stage 10.5.1

Fig. 35. Grain yield of main shoots, tillers and whole plants for N and N + K plants (left) and K and N + K plants (centre) and straw yield of N and N + K plants (right) (Explanation Fig. 34), soil culture 1967. (h) main shoot, (z) tillers, (h + z) whole plant.

10.3 Samenvatting

De invloed van stikstof-bemesting al of niet gedeeld komt in deze potproef met grond zeer duidelijk tot uiting in de vorming van zijspuiten. De gedachtengang van Doughty & Engledow (1928) dat na een bepaalde (kritische) periode bij een graan-gewas in het veld geen zijspuiten met aar meer gevormd worden, werd hier niet bevestigd. Dat een kritische periode voor de zijspuitvorming niet aannemelijk is, bleek al eerder uit de potproeven met tarwe van Watson (1939) en Thorne (1962b). Zelfs bij de hier toegepaste zeer late N-gift (bij de bloei) werden nog zijspuiten zonder aar en bij de late aanvulling (stadium 8 à 9) ook nog zijspuiten met aar gevormd (fig. 33).

Fig. 36. Korrel- en stro-opbrengst en (korrel-) opbrengst-bepalende factoren van tarwe bij gedeelde N-, K- en N + K-bemesting en lage (links), matige N- en K-gift (midden) en matige N + K-gift (rechts) vóór het zaaien, grondculture 1967. (De resultaten van object 130 = hoogste N- en K-bemesting zijn 100 gesteld).

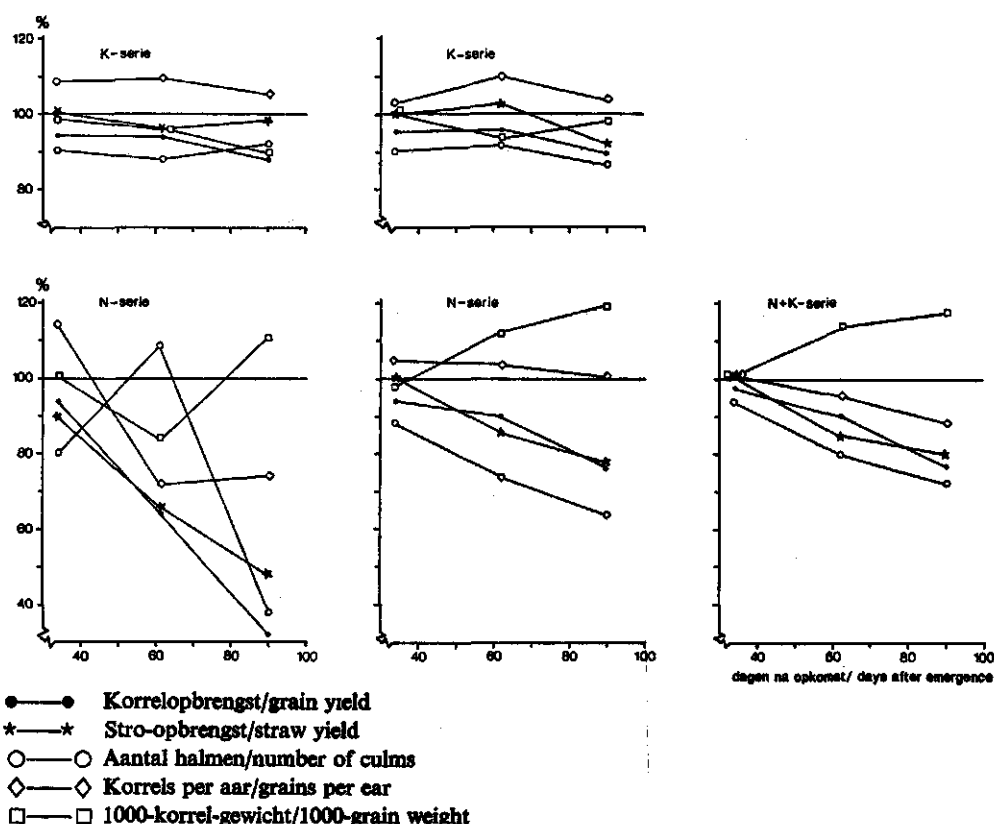


Fig. 36. Grain yield, yield of straw and grain yield determining factors for wheat with split applications of N, K and N + K, with low (left), medium N and K dressings (centre) and medium N + K dressings (right) before sowing, soil culture 1967 (the data of treatment 130 (highest N and K dressings are fixed at a 100).

Hoewel dit deels inherent is aan de teelt op potten, waarbij de stengelvoet, zeker die van de planten aan de buitenzijde van de pot, steeds in het licht staat, werd dit ook in veldproeven met gerst (Jonker 1964) en met zomertarwe (Jonker & De Jong 1966) gevonden en aangeduid als doorwas.

De gegevens over de opbrengst-bepalende factoren zijn samengevat in fig. 36. Hierbij zijn de waarden voor het vergelijkingsobject (130) op 100 gesteld. De absolute waarden voor de weergegeven grootheden van dit object waren: opbrengst korrel 344,5, opbrengst stro 435,0 g/100 planten, aantal halmen 265 per 100 planten, aantal korrels per aar 32,0 en 1000-korrel-gewicht 40,9 gram. Hoewel de korrelopbrengsten bij de gedeelde N- en N + K-giften in deze proef lager waren dan bij de eenmalige N (+ K)-gift komt het verloop der lijnstukken in principe overeen met de oogstanalyse van veldproeven met gerst en tarwe (Jonker & De Jong, 1966; De Jong & Jonker, 1967). Omdat in deze veldproeven door deling van de stikstofgiften wel hogere korrelopbrengsten verkregen werden liggen de betreffende lijnstukken boven de 100-lijn. Uit de potproef (fig. 36, N-serie met matige begingift) blijkt dat de vroeg gegeven stikstof een gunstige invloed had op het aantal halmen, dat uitstel van N-bemesting geen invloed had op het aantal korrels per aar, maar een positief effect op het 1000-korrelgewicht. Bij de N-serie met lage gift voor het zaaien (fig. 36, links) week het 'doorwas'-object (112) van dit algemene beeld af door een relatief hoog aantal halmen waarvan een deel relatief weinig en lichte korrels had. Het verloop van de opbrengsten (korrel en stro) werd door dit verschijnsel niet opvallend beïnvloed. Het geringe effect van deling van stikstof en van stikstof + kalium in deze proef komt vooral door de lage N-toestand van de grond waardoor zelfs uitstel slechts tot stadium 6 een negatieve uitwerking had op met name het aantal halmen. De opbrengst van het 0-object was: korrel 32,1 en stro 60,4 g/100 planten. Tevens bestaat uit resultaten van veldproeven (Jonker & De Jong, 1966) de aanwijzing dat dit ras (Orca) deling van de stikstofbemesting met late aanvulling in vergelijking met andere rassen slecht verdraagt.

Het delen van de K-bemesting heeft in deze potproef geen invloed gehad op de factoren die de korrelopbrengst bepalen (fig. 36). In vergelijking met de éénmalige hoge, N-(+ K)-gift (130) bestaat voor de series met lage resp. matige K-gift voor het zaaien de tendens naar lagere halmgetallen en hogere 1000-korrel-gewichten. Voor de N + K-serie valt op dat met name voor de objecten met uitstel van de N + K-bemesting tot stadia 8 à 9 en 10.5.1 het aantal halmen hoger daarentegen het aantal korrels per aar lager was dan voor de overeenkomstige objecten in de N-serie (fig. 36). Deze tendens komt niet tot uiting in de korrelopbrengst-.

11 Invloed van gedeelde bemesting op de voedingsstoffen (grondculture 1967)

11.1 Inleiding

De verdeling van droge stof en voedingsstoffen binnen de plant is gemakkelijk vast te stellen door wegen (droge stof) en chemische analyse (voedingsstoffen). Bij de interpretatie van de resultaten wat betreft de herverdeling binnen de plant dient men echter rekening te houden met factoren als uitspoeling van voedingsstoffen uit de bovengrondse delen, transport via de wortels naar de grond, verliezen door afvallen van bladeren, aren, etc., verdwijnen van gasvormige stoffen uit de plant en verliezen door guttatie (Stenlid, 1958).

Gegevens uit de literatuur over de verdeling der voedingsstoffen geven een onduidelijk beeld omdat soms (Deleano & Gotterbarm, 1936; André, 1912) de nadruk werd gelegd op verliezen van voedingsstoffen naar de wortel c.q. de grond maar geen voorzieningen getroffen werden om uitspoeling uit de bladeren of verlies aan materiaal te voorkomen, of omdat (Knowles & Watkin, 1931) geen analyse der wortels gedaan werd waardoor het opmaken van een balans onmogelijk is.

De meest volledige gegevens afkomstig van veldproeven (Wilfarth et al., 1906) laten verliezen zien voor zomertarwe van (als % van de maximale absolute hoeveelheid) 41% K en 25% N terwijl in beide gewassen geen aantoonbaar P verloren ging. Dit laatste wijst op uitspoeling door regen en niet op verlies aan droge stof. Indien uitspoeling uit plantedelen vermeden wordt zoals in de potproeven met o.a. haver van Wagner (1932a, b, c) dan zijn de verliezen uit de bovengrondse delen voor droge stof, N, K_2O en CaO kleiner dan 5% van de maximale hoeveelheden, daarentegen voor P_2O_5 onverklaarbaar hoog, nl. 12%. Het verlies aan wortelmateriaal, hoewel evident in deze proeven, wordt als niet van belang beschouwd. Transport via de wortels naar de grond wordt niet als mogelijkheid genoemd.

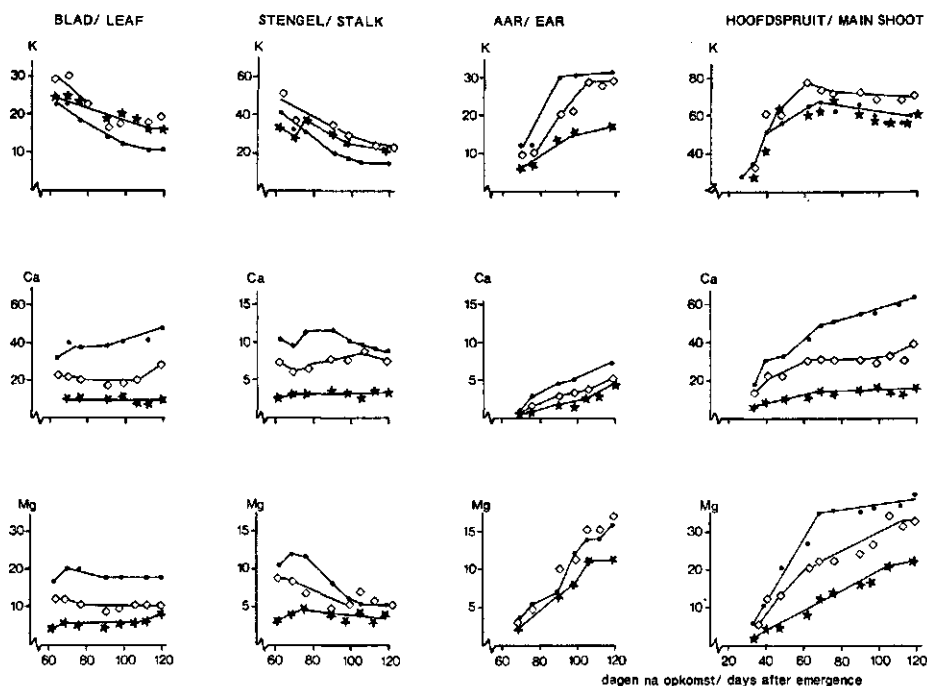
De in het volgende uitvoerig te bespreken gegevens van een potproef met grond uitgevoerd onder kasomstandigheden voldoen aan de eis van geen verlies aan droge stof door bladval, etc. en aan de voorwaarde dat geen uitspoeling door regen of dauw heeft plaats gehad. De eventuele verliezen door guttatie of ontwijken van gasvormige stoffen werden niet gemeten maar worden als niet van betekenis beschouwd.

Er blijkt uit fig. 37 en volgende dat de totale hoeveelheden voedingsstoffen in de hoofdspruit aan het einde der groeiperiode op hetzelfde niveau bleven of tot het einde toe stegen. Slechts voor kalium werd voor de hoofdspruiten een geringe daling gevonden die echter in geen der objecten meer dan 10% van de maximale hoeveelheid bedroeg. Deze waarde komt overeen met de gegevens van Stenlid (1958) die een dergelijk

K-verlies als algemeen stelt voor gramineeën. De eerder (10.2, fig. 29) behandelde verliezen aan wortelmateriaal impliceren uiteraard verliezen aan voedingsstoffen zonder dat van transport naar de grond sprake hoeft te zijn.

In het volgende zullen de opname en de verdeling der voedingsstoffen vergeleken worden voor de éénmalige (11.2.1) en voor de gedeelde N-giften (11.2.2), en voor de éénmalige (11.3.1) en voor de gedeelde (11.3.2) K-giften. Hierbij zullen de planten van het object met de hoogste (éénmalige) N- en K-gift (130) als vergelijking worden genomen terwijl bovendien hoofdzakelijk de gegevens van de hoofdspruit ter sprake zullen komen met voor de N-serie de nadruk op stikstof en voor de K-serie de nadruk op kalium. Dat slechts gebruik wordt gemaakt van gegevens van de hoofdspruit (en niet van die van de hele plant) hangt deels samen met het feit dat alleen bij de hoofdspruit blad, stengel en aar onderscheiden en gescheiden werden. Het zal blijken (11.2.1) dat de verschillen tussen de objecten niet wezenlijk anders zijn wanneer in plaats van de hele plant slechts de hoofdspruit gezien wordt.

Fig. 37. Opname (meq/100 pl.) van K, Ca en Mg in hoofdspruit, blad, stengel en aar van hoofdspruit van tarwe bij N-giften vóór het zaaien, grondculture 1967.



Giften vóór het zaaien/dressings before sowing

●—● 840 mg N per pot (130)

◇—◇ 420 mg N per pot (120)

★—★ 105 mg N per pot (110)

Fig. 37. Uptake (meq/100 pl.) of K, Ca and Mg in main shoot, leaf, stalk and ear of main shoot of wheat with N dressings before sowing, soil culture 1967.

11.2 Opname en verdeling der voedingsstoffen, N-serie

11.2.1 Eenmalige stikstofgiften

Volgens fig. 37 (rechts) namen de hoeveelheden calcium en magnesium in de hoofdspruit bij deze objecten toe tot het einde van de groeiperiode. Het verlies aan kalium (maximaal $\pm 10\%$), dat al vanaf 60 à 70 dagen na opkomst plaats had, werd al eerder (11.1) genoemd terwijl de opname van natrium hier buiten beschouwing blijft omdat met name in de bovengrondse delen de hoeveelheden in de hoofdspruit voor de objecten van deze serie niet hoger waren dan 10 meq Na per 100 planten.

Vergelijkt men de kationen K, Ca en Mg voor de onderscheiden stikstofgiften (fig. 37) dan bleef bij de suboptimale N-giften van de objecten 110 en 120 de Ca- en Mg-opname beduidend achter. De K-opname was voor de laagste N-gift gelijk, voor de matige N-gift vanaf 60 dagen na opkomst zelfs significant hoger dan bij de 'optimale' N-gift (130). Voor Ca traden deze verschillen in de hele hoofdspruit ook op in de delen blad, stengel en aar; voor Mg gold hetzelfde voor het blad maar voor de stengeldelen waren vanaf ongeveer 100 dagen de verschillen tussen de objecten 120 en 130 niet meer van betekenis. De Mg-opname door de aar was vóór ± 90 dagen na opkomst niet verschillend voor de drie objecten maar op latere tijdstippen was de Mg-opname duidelijk hoger voor de planten met de hoogste N-giften.

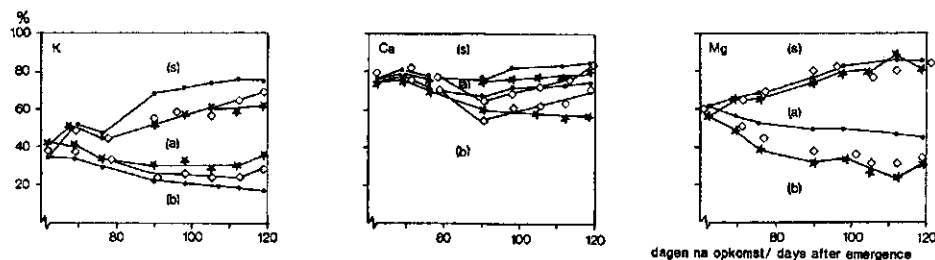
Daarnaast blijkt uit dezelfde figuur dat verlies aan voedingsstoffen optrad voor kalium uit stengel en blad, voor Ca in de laatste fase van de ontwikkeling in een niet duidelijke hoeveelheid alleen uit de stengel bij de hoogste N-gift. Het verlies aan Mg uit het blad was niet van betekenis terwijl uit de stengel Mg verdween bij de hoogste N-giften. De hoeveelheden Ca en Mg in de aar namen bij alle N-trappen toe met de tijd en waren hoger dan de verliezen uit de vegetatieve delen. De K-opname in de aar bleef met name voor de hoogste N-trappen gedurende de laatste levensfase van de planten constant met een voorafgaande stijging gedurende de aarontwikkeling terwijl de opgenomen hoeveelheden in de aar kleiner waren dan de verliezen uit blad en stengel.

Het voorgaande betekent t.a.v. de relatieve verdeling van kalium (fig. 38) dat het aaraandeel kleiner was bij de suboptimale N-giften ten gunste van zowel blad als stengel. Het verschil tussen 110 en 120 voor de stengel was slechts in de beide laatste oogsten van betekenis, terwijl het bladaandeel al vanaf 90 dagen na opkomst voor object 110 duidelijk hoger was dan voor object 120.

Voor calcium was het aaraandeel laag (maximaal 20%) en gelijk voor de drie objecten. Na 90 dagen nam voor 110 het bladaandeel af en het stengelaandeel toe t.o.v. 130, terwijl 120 een tussenpositie innam. Het gegeven van object 120 voor het tijdstip 90 dagen week om onduidelijke redenen af.

Voor magnesium was het aaraandeel van de objecten 110 en 120 al duidelijk groter dan voor 130 vanaf 69 dagen na opkomst. Echter voor beide objecten alleen ten koste van het percentage in het blad. De verschillen tussen 110 en 120 voor het aandeel in blad en stengel waren niet van betekenis.

Fig. 38. Relatieve verdeling (%) van kalium, calcium en magnesium in delen van de hoofdspruit van tarwe bij N-bemesting vóór het zaaien.



Giften vóór het zaaien/dressings before sowing

- 840 mg N per pot (130)
- ◇—◇ 420 mg N per pot (120)
- ★—★ 105 mg N per pot (110)

Fig. 38. Relative distribution (%) of potassium, calcium and magnesium in parts of main shoot of wheat with N dressings before sowing.

De opname van de andere voedingsstoffen (H_2PO_4 , Cl, SO_4 en N) en van de hoeveelheden droge stof en organische anionen worden weergegeven in fig. 39 (absolute hoeveelheden) en fig. 40 (relatieve waarden). De gegevens van nitraat zijn niet opgenomen omdat het NO_3 -gehalte in de korrels nul, in de aar zeer laag (< 3 meq/kg) en in het vegetatieve deel van de plant vanaf ongeveer 60 dagen na opkomst slechts ± 50 meq NO_3 per kg droge stof bedroeg.

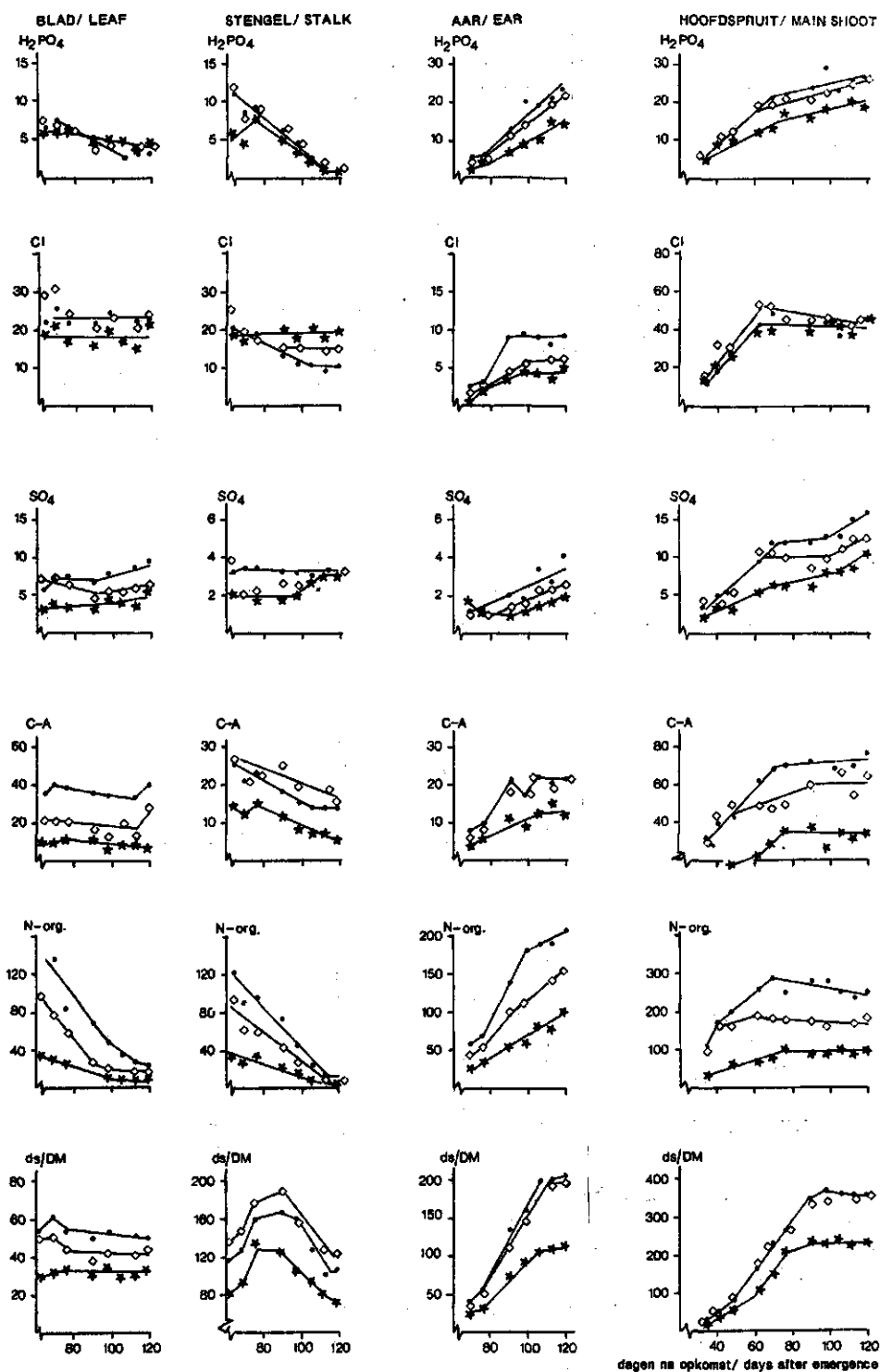
De hoeveelheden fosfaat en sulfaat in de hele hoofdspruit (fig. 39) namen toe tot het einde van de groeiperiode, de hoeveelheden chloride (vgl. kalium) en stikstof (alleen bij de twee hoogste N-giften) namen in geringe mate af vanaf een tijdstip rond de bloei terwijl de hoeveelheid organische anionen (C—A) vanaf hetzelfde tijdstip constant bleef. Voor N-org., C—A en SO_4 waren er duidelijke verschillen tussen de drie N-giften. Voor Cl waren de opgenomen hoeveelheden van de objecten 130 en 110 nagenoeg gelijk, en lager dan voor object 120 zoals dat ook voor kalium gevonden werd. De verschillen in H_2PO_4 -opname zijn voor de objecten 130 en 110 vanaf 50 dagen voor 120 ten opzichte van elk der andere objecten vanaf 70 dagen significant.

Fig. 39. Opname van H_2PO_4 , Cl, SO_4 (meq/100 pl.), droge stof (g/100 pl.), N-org. en C—A (meq/100 pl.) in hoofdspruit, blad, stengel en aar van de hoofdspruit van tarwe bij N-giften vóór het zaaien grondculture 1967.

Giften vóór het zaaien/dressings before sowing

- 840 mg N per pot (130)
- ◇—◇ 420 mg N per pot (120)
- ★—★ 105 mg N per pot (110)

Fig. 39. Uptake of H_2PO_4 , Cl and SO_4 (meq/100 pl.), dry matter (g/100 pl.), N-org. and C—A (meq/100 pl.) in main shoot, leaf, stalk and ear of main shoot of wheat with N dressings before sowing, soil culture 1967.



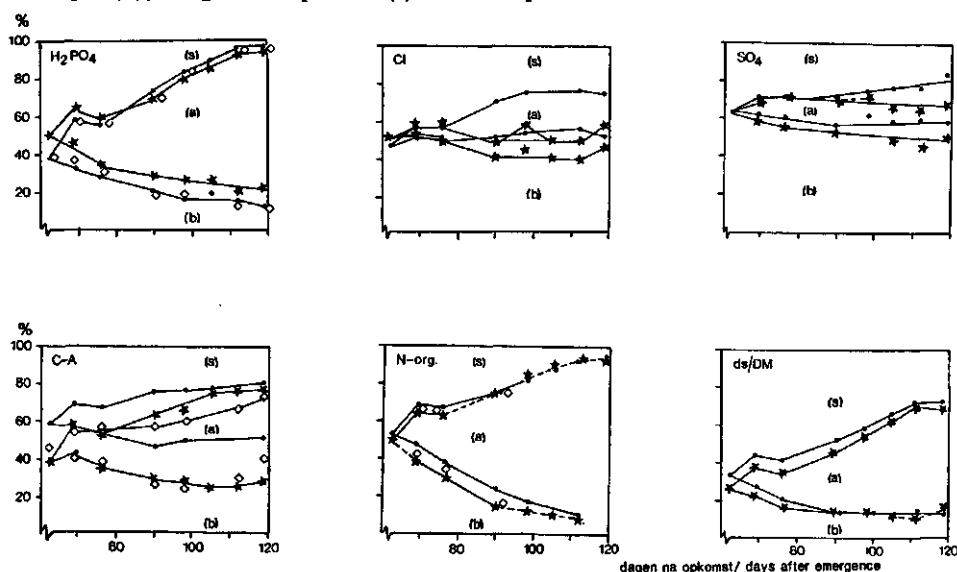
In de aar namen de hoeveelheden Cl en C—A toe tot 90 à 100 dagen na opkomst. Voor N-org., SO_4 en H_2PO_4 namen de hoeveelheden toe tot het einde van de proef. Vooral in de laatste ontwikkelingsfase waren de verschillen tussen de N-giften duidelijk, met uitzondering van C—A.

In de vegetatieve delen en vooral in de stengel nam de hoeveelheid H_2PO_4 af. De uiteindelijke hoeveelheid in de stengel was zeer laag (1,0 meq H_2PO_4 per 100 planten) en gelijk voor de drie N-giften. In het blad bleef meer fosfaat bij de laagste N-gift waardoor (fig. 40) een hoger bladaandeel voor object 110 t.o.v. de objecten 130 en 120 gevonden werd.

De hoeveelheid chloride in het blad was voor object 110 lager dan voor 120 en 130. Gedurende de ontwikkeling bleven deze hoeveelheden gelijk terwijl uit de stengel met toenemende N-gift meer Cl verloren ging. Dit netto-verlies komt voor de drie objecten in getalswaarden overeen met de hoeveelheden in de aar.

De hoeveelheden SO_4 in de aar waren zeer gering maar verschillend voor de N-giften. Voor het blad zijn de hoeveelheden SO_4 naar N-giften te onderscheiden. Voor de

Fig. 40. Relatieve verdeling (%) van voedingsstoffen, droge stof en organische anionen (C—A) in delen van de hoofdspruit van tarwe bij N-bemesting voor het zaaien, grondculture 1967. (b) blad hoofdspruit, (s) stengel hoofdspruit en (a) aar hoofdspruit.



Giften vóór het zaaien/dressings before sowing

●—● 840 mg N per pot (130)

◇—◇ 420 mg N per pot (120)

★—★ 105 mg N per pot (110)

Fig. 40. Relative distribution (%) of nutrients, dry matter and organic anions (C—A) in parts of wheat main shoot with N dressings before sowing, soil culture 1967. (b) leaf of main shoot, (s) stalk of main shoot and (a) ear of main shoot.

stengel waren de hoeveelheden bij de objecten 110 en 120 gelijk, en lager dan bij 130 vanaf 100 dagen na opkomst. Aan het einde van de groeiperiode nemen de hoeveelheden SO_4 in blad en stengel t.o.v. de voorgaande periode toe (Wood & Barrien, 1938; Wood, 1942), terwijl in dezelfde periode veel stikstof uit de vegetatieve delen verdwijnt. Dit N-verlies kwam voor de objecten 130 en 120 overeen met de hoeveelheid die in de aar teruggevonden werd. Voor object 110 was de hoeveelheid in de aar groter dan de verliezen uit de vegetatieve delen. De relatieve verdeling van stikstof (fig. 40) was voor alle N-giften gelijk behoudens een wat geringer bladaandeel bij de laagste N-trappen vóór de bloei. Dit wijst erop dat SO_4 uit organische zwavelverbindingen en met name uit de eiwitten minder verplaatst werd dan stikstof, hoewel Thomas et al. (1944), Willenbrink (1967) en anderen vonden dat zwavel als SO_4^{--} uit bladeren naar generatieve delen verplaatst werd.

De hoeveelheden organische anionen in blad en stengel stegen duidelijk met de N-trappen (fig. 39). De daling in het oudere blad was niet van betekenis maar in de oudere stengel zeer duidelijk. In de aar zijn de hoeveelheden organische anionen gelijk voor de objecten 130 en 120 en duidelijk hoger dan voor 110.

Samenvattend kan men zeggen dat de verdeling van de droge stof en van de bouw-elementen N en P (en vermoedelijk ook van S) over de onderzochte delen van tarwe vergelijkbaar was en dat de verschillen tussen de N-giften gering waren. Reeds eerder (10.2, tabel 22) werd in dit verband gewezen op de verschuiving naar een hoger stengel-aandeel (lager bladaandeel) voor de droge stof in de periode voor de bloei. Eenzelfde verschuiving deed zich voor bij N en P waarbij voor P het lagere bladaandeel voortduurde tot het einde van de proefperiode (fig. 40).

Dit resultaat komt overeen met de conclusies van Petrie (1937) die bij tarwe uit gegevens van Ballard & Petrie (1936) voor stikstof en fosfaat geen onderscheid in relatieve verdeling vond bij variërende N-giften. Williams (1936, 1938, 1955) concludeert bij haver hetzelfde voor de verdeling van fosfaat en stikstof wanneer de P-giften gevarieerd werden. Ook het verlies aan stikstof uit de bladeren, dat in de hier beschreven proeven ongeacht de N-gift 80 % van de maximale hoeveelheid bedroeg, komt overeen met door Petrie gevonden waarden. Daarentegen was het P-verlies uit de tarwebladeren, dat door voornoemde onderzoekers op 85-90 % gesteld wordt, in deze proeven 65 % voor object 130 en slechts ongeveer 30 % voor object 110.

Verschillen in relatieve verdeling onder invloed van variërende eenmalige N-bemesting traden wel op bij de niet door Petrie e.a. geanalyseerde kationen K, Ca en Mg en bij Cl en SO_4 (fig. 38 en 40).

Het lagere Ca- en Mg-aandeel van het blad bij de lage N-giften werd deels gecompenseerd door een hoger K-aandeel maar daar stond een geringer Cl- en SO_4 - en een enigszins hoger H_2PO_4 -aandeel tegenover, waardoor voor C—A (organische anionen) een duidelijke verschuiving naar een lager bladaandeel bij de lage en matige N-gift gevonden werd. In fig. 40 zijn vanwege overzichtelijkheid de gegevens voor droge stof, Cl en SO_4 van object 120 niet getekend.

De in het voorgaande behandelde gegevens over de opname van voedingsstoffen werden gevonden uit het produkt van droge stof (g/100 planten) en gehalten (meq per

kg droog materiaal) van de hoofdspruit of delen daarvan. De gehalten als zodanig laten geen conclusies toe over de verdeling van voedingsstoffen maar het zal uit het voorgaande duidelijk zijn dat bij suboptimale N-giften het N-, Ca-, Mg- en (C—A)-gehalte van de hoofdspruit voor de periode vanaf de bloei lager en het K- en Cl-gehalte hoger was dan bij de optimale N-gift.

11.2.2 Gedeelde stikstofgiften

Na elk van de drie tijdstippen waarop stikstof (in de vorm van NH_4NO_3) aan reeds groeiende planten werd aangeboden, steeg het NO_3 -gehalte aanvankelijk en daalde daarna (fig. 41). Naarmate het aanbod later (aan oudere planten) plaats had, werden minder hoge NO_3 -gehalten bereikt zowel in de hoofdspruiten als in de zijspruiten met en zonder aar. De eindwaarden bij late gedeelde gift waren evenwel hoger dan wanneer de stikstof ineens vroeg gegeven werd.

Dat de niet voor het zaaien gegeven stikstof nog volledig opgenomen werd volgt uit tabel 26 waar voor éénmalige en gedeelde N-giften weergegeven zijn de zgn. elementenrendementen (dit is de opgenomen hoeveelheid voedingsstof bij een bepaalde behandeling verminderd met de opgenomen hoeveelheid voedingsstof van de onbehandelde planten (blanco) uitgedrukt als percentage van de (als meststof) toegediende hoeveelheid voedingsstof). Vergeleken met object 130 (éénmalige, hoge N-bemesting) waren de rendementen voor de objecten met gedeelde en die met éénmalige lagere N-be-

Fig. 41. NO_3 -gehalte (meq/kg) in hoofdspruit (h) en in zijspruiten met (z + a) en zonder (z—a) aren van tarwe bij eenmalige en gedeelde N-bemesting, grond-culture 1967.

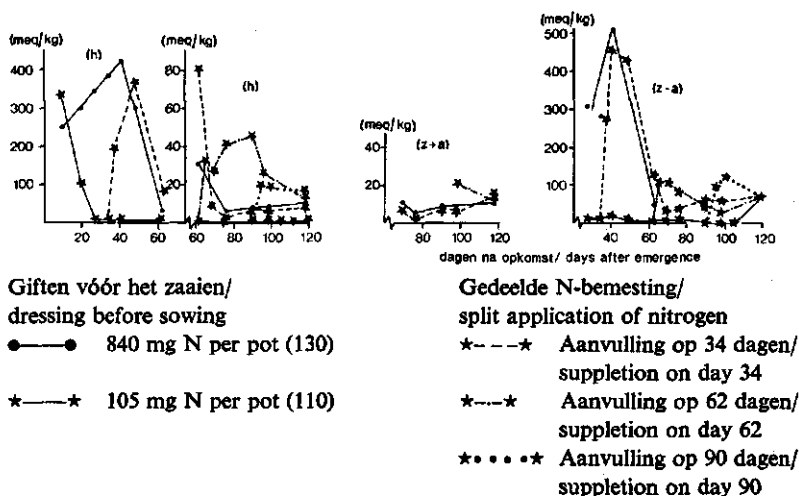


Fig. 41. NO_3 content (meq/kg) in main shoot (h) and in tillers with (z + a) and without (z—a) ears for wheat with N dressings before sowing and with split application of nitrogen, soil culture 1967.

Tabel 26. Elementrendement¹ voor stikstof (%) bij eenmalige en gedeelde N-bemesting, grondculture 1967 / Element efficiency for nitrogen (%) with N and N + K dressings before sowing and with split applications of these nutrients, soil culture 1967.

Behandeling / Treatment		Behandeling / Treatment		Behandeling / Treatment	
110	77,2	120	81,5	320	83,7
111	76,1	121	76,2	321	77,5
112	85,1	122	70,9	322	84,5
113	75,4	123	80,5	323	81,9
130	81,2	130	81,2	130	81,2

1. Bij de berekening werd uitgegaan van de opgenomen stikstof bij de eindogst (119 dagen na opkomst) en er werd geen rekening gehouden met de wortelverliezen. Indien dit laatste wel ingecalculceerd wordt (de maximale wortelproductie werd gevonden op 90 dagen na opkomst) dan worden voor het elementrendement waarden van ongeveer 100% gevonden.

Fig. 42. N-org. (meq/kg) in hoofdspruiten (h) en zijspruiten (z) van tarwe bij eenmalige en gedeelde N-bemesting, grondculture 1967, Inzet: N-org (meq/kg) in zijspruiten met aar (z + a).

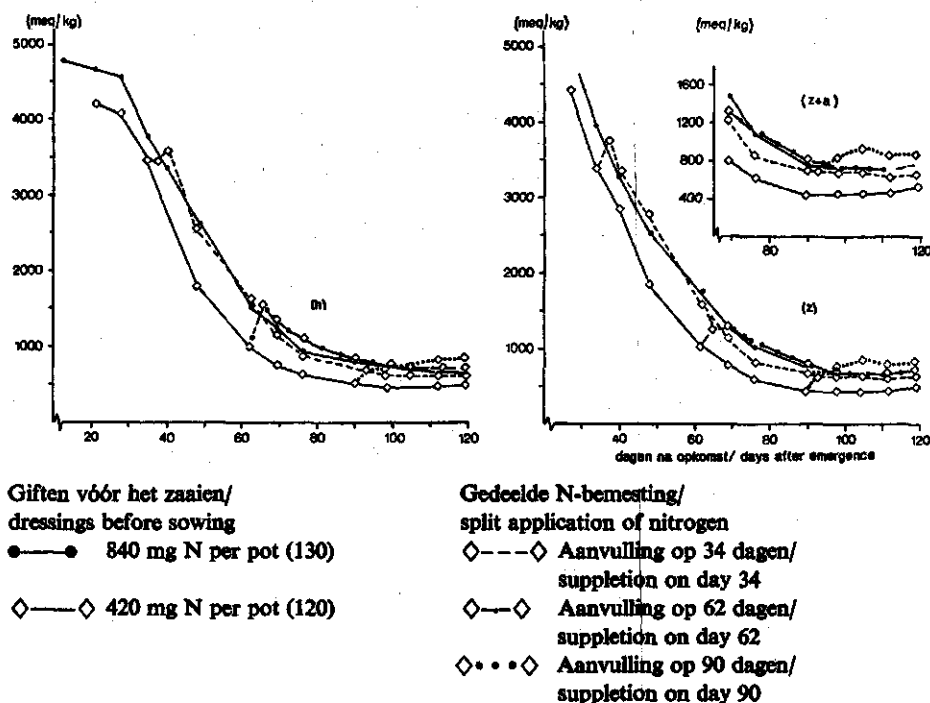


Fig. 42. N org (meq/kg) in main shoots (h) and tillers (z) of wheat with N-dressings before sowing and with split application of nitrogen, soil culture 1967.

Inset: N org (meq/kg) in tillers with ears (z + a).

mesting niet verschillend.

De veranderingen in het stikstof (N-org.)-gehalte in de hoofd- en zijspuiten van tarwe (fig. 42) tonen eveneens het effect aan van de laat toegediende stikstof. De gegevens van de N-serie met lage gift vóór het zaaien zijn hier niet weergegeven omdat de veranderingen vergelijkbaar waren met die van de N-serie met de matige begingift. De verschillen tussen de N-gehalten van de objecten 110 en 130 waren groter dan die welke voor 120 en 130 in fig. 42 zijn aangegeven. Het N-gehalte van de hoofdspuit steeg na toedienen van de tweede N-gift tot waarden die overeenkomen (121 en 122) met die van de eenmalige, hoge N-bemesting of werd zelfs hoger (123) dan die van object 130.

Dat deling van stikstofbemesting afhankelijk van het tijdstip van de tweede gift invloed heeft op de N-gehalten van de korrel is bekend (Coic, 1956; Van Burg, 1958; Primost et al., 1965; Kürten, 1964; Arnold & Dilz, 1970). Uit tabel 27 blijkt bovendien dat de verschillen tussen de korrels van de hoofdspuiten en die van de zijspuiten niet van betekenis zijn (zie ook McNeal & Davis, 1966) wanneer de tweede stikstofgift vroeg gegeven werd (111 en 121) of wanneer stikstof niet gedeeld werd (130 en 120). Ook bij de planten met de tweede N-gift in stadium 8 à 9 (122) waren de gehalten gelijk terwijl bij object 112 (lage begingift) de N-gehalten in de korrels van de zijspuiten duidelijk lager waren, maar hier waren de zijspuiten niet normaal gerijpt (doorwas). Slechts wanneer de stikstof zeer laat gegeven werd (123) waren de N-gehalten van de korrels der zijspuiten hoger dan die van de hoofdspuiten. De aanwezigheid van zij-

Tabel 27. Stikstofgehalte (meq/kg) in tarwekorrels van hoofd- en zijspuiten bij éénmalige en gedeelde N-bemesting, groncultuur 1970 / Nitrogen content (meq/kg) in wheat grains of main shoots and tillers with N dressings before sowing and with split application of nitrogen, soil culture 1967.

Behandeling / Treatment	Korrels van / Grains of	Dagen na opkomst / Days after emergence					
		90	93	98	105	112	119
130	hoofdspuit /main shoot	1370	.	1330	1120	1080	1140
	zijspuiten / tillers	1400	.	1265	1100	1160	1210
120	hoofdspuit / main shoot	1185	.	912	878	874	921
	zijspuiten /tillers	1165	.	927	797	896	994
121	hoofdspuit / main shoot	1360	.	1050	1157	987	1115
	zijspuiten / tillers	1388	.	1060	1090	1070	1115
122	hoofdspuit / main shoot	1578	.	1330	1315	1260	1325
	zijspuiten / tillers	1700	.	1355	1295	1260	1403
123	hoofdspuit / main shoot	.	1493	1305	1468	1670	1610
	zijspuiten / tillers	.	1680	1700	1710	1690	1700
111	hoofdspuit / main shoot	1395	.	1150	1080	1130	1190
	zijspuiten / tillers	1525	.	1255	.	1120	1145
112	hoofdspuit / main shoot	.	.	.	1980	2030	2138
	zijspuiten / tillers	.	.	.	1760	1280	1435
113	hoofdspuit / main shoot	.	1500	1670	.	2395	2470
	zijspuiten / tillers	.	.	.	.	.	.

spruiten (tabel 27, serie met matige begingift) betekent dat de laat toegediende stikstof over korrels van hoofd- en zijspruiten verdeeld werd, zodat bij afwezigheid van zijspruiten (tabel 27, serie met lage begingift) het N-gehalte in de korrels der hoofdspruiten aanzienlijk hoger was (tabel 27, vgl. 113 en 130). Ondanks deze verschillen tussen hoofd- en zijspruiten mag aangenomen worden dat de aan- of afwezigheid van zijspruiten niet de aard, hoogstens de mate der verschillen tussen de behandelingen beïnvloed heeft. Dit is één van de redenen waarom in het vervolg vooral de gegevens van de hoofdspruit behandeld zullen worden.

Wanneer zoals bij object 113 geen zijspruiten met aar tot ontwikkeling kwamen maar wel zijspruiten zonder aar gevormd werden, bleek in deze vegetatieve spruiten 22,3% van de totale hoeveelheid stikstof (478,4 meq/100 planten) teruggevonden te worden, terwijl dit bij de andere objecten slechts rond 2% bedroeg. Rawson & Donald (1969) vonden bij tarwe eveneens slechts 3,0% N in de zgn. 'tertiary' tillers (zijspruiten zonder aar). Dit betekent dat de zijspruiten zonder aar wel als reservoir voor voedingsstoffen kunnen dienen maar dat praktisch de hoeveelheden stikstof die 'ongebruikt' blijven gering zijn omdat de situatie van object 113 onder veldomstandigheden meestal niet zal voorkomen.

De verhouding korrel: stro voor stikstof werd voor de objecten van de N-serie weergegeven in fig. 43. Met name voor de serie met matige begingift (fig. 43 rechts) waren de verschillen tussen de objecten bij de hoofdspruit numeriek groter maar qua aard ge-

Fig. 43. Korrel: stro voor stikstof in hoofdspruiten (h), zijspruiten (z) en hele planten van tarwe bij lage (links) en matige (rechts) N-giften voor het zaaien, grondculture 1967.

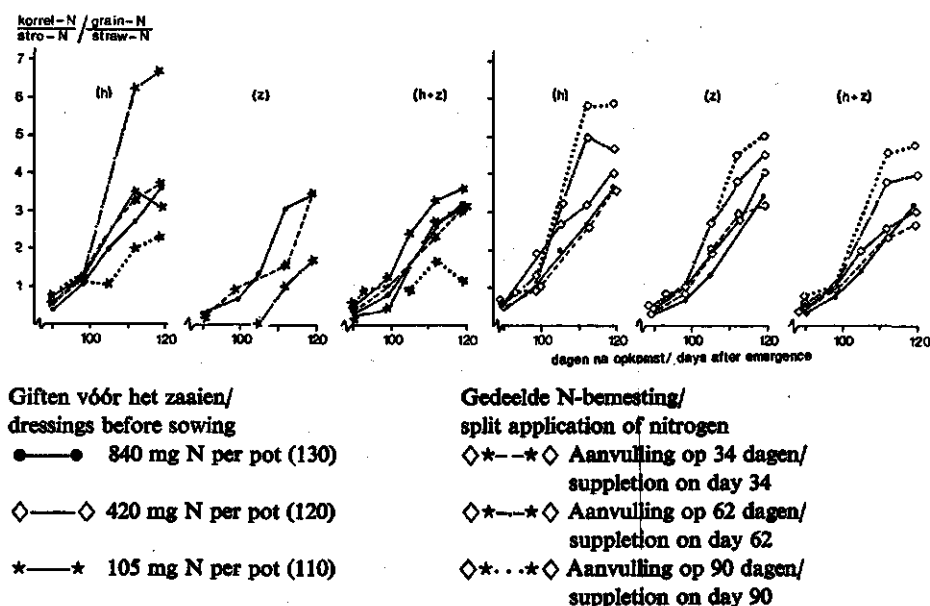


Fig. 43. Grain: straw for N in main shoots (h), tillers (z) and whole plants (h+z) of wheat with low (left) and medium (right) N dressings before sowing, soil culture 1967.

lijk aan die voor de hele plant. Dat de waarden van object 120 (matige, ongedeelde begingift) en 110 (lage, ongedeelde begingift) over de onderzochte periode steeds hoger waren dan voor object 130, hangt samen met een gering verschil in ontwikkeling van deze planten. Een verschuiving langs de tijd-as over een afstand van vijf dagen doet de curven samenvallen. Bij de vroege aanvulling met stikstof (121 en 111) kwam de verhouding korrel:stro overeen met de 'optimaal' bemeste planten terwijl bij latere (stadia 8 à 9 en 10.5.1) aanvulling vanaf 100 dagen na opkomst (zie fig. 43) hogere verhoudingen gevonden werden, uitgezonderd voor 113 waar zowel voor de hoofdspruit als voor de hele plant de verhouding korrel:stro lager was dan bij objecten 110 en 130. Dit betekent dat ook de vegetatieve delen van de hoofdspruit nog laat toegediende stikstof opnamen (tabel 29, N voor object 113), zelfs in die mate dat het aaraandeel voor dit object (fig. 44, N-org.) kleiner werd.

Wanneer de aanvulling met stikstof in een vroeg stadium plaats had (111 en 121) dan was het verschil in opname van voedingsstoffen in de plantedelen van de hoofdspruit in vergelijking met die van object 130 niet van betekenis voor kalium, fosfaat, chloride en sulfaat. De gegevens van deze componenten zijn daarom niet opgenomen in tabel 28. De relatieve verdeling komt dan voor K, P, Cl en SO_4 overeen met die van object 130 (zie fig. 38 en 40). Voor object 111 was de drogestofopbrengst der bladeren iets lager dan bij 130, zodat, als de verdeling dezelfde zou zijn, de gehalten van de hiervoor genoemde componenten in het blad iets hoger waren dan bij object 130.

Voor Ca, Mg en C—A zijn de verschillen in opgenomen hoeveelheden (tabel 28) tussen de objecten duidelijk. Uit dezelfde tabel blijkt voor stikstof dat er geen verschil tussen object 130 en object 121 resp. 111 voor de N-opname der plantedelen en de hele plant was en dat slechts bij object 111 de tendens naar hogere waarden aanwezig is. De relatieve verdeling (fig. 40) kwam in beide gevallen (121 en 111) overeen met die van object 130.

Voor calcium waren de opgenomen hoeveelheden in de hoofdspruit voor de objecten 111 en 121 (tabel 28) duidelijk lager dan voor 130, vooral voor de bladeren. De relatieve verdeling die uit deze gegevens berekend werd, leverde waarden voor het bladaandeel welke lagen tussen die van object 130 en die van object 110 resp. 120. Voor magnesium gold hetzelfde, maar alleen voor object 111 en bovendien waren (tabel 28) de verschillen in Mg-opname voor het blad kleiner dan bij Ca gevonden werd. Dat de berekende (C—A)-waarden (tabel 28) met name voor de bladeren eveneens lager waren en dat ook de relatieve verdeling verschoof naar een lager bladaandeel is vanzelfsprekend. De verschuiving naar een lager bladaandeel bracht voor de drie componenten Ca, Mg en C—A een groter aaraandeel met zich mee zonder dat het aandeel van de stengel veranderde (Mg en C—A) of een stengelaandeel tussen dat der objecten 110, resp. 120 en 130 (Ca). Anderzijds volgt uit het voorgaande dat de gehalten in het blad (en ook in de hele plant) voor Ca, Mg en C—A, ook na de vroege aanvullende N-gift, niet meer de waarden bereikten van het vergelijkingsobject.

Wanneer de N-bemesting langer uitgesteld werd nl. tot stadium 9 (112 en 122) of tot stadium 10.5.1 (113 en 123) betekende dit dat op het moment van N-toediening de vegetatieve delen blad en stengel hun maximale produktie al bereikt hadden (fig. 39,

Tabel 28. Opname (meq/100 planten) van N-org, Ca, Mg en C-A in delen van de hoofdspruit van tarwe bij 'optimale' en gedeelde N-bemesting, grondcultuur 1967 / Uptake (meq/100 plants) of N org., Ca, Mg and C-A in parts of main shoots of wheat under 'optimum' and split N dressings, soil culture 1967.

Dagen / Days	Blad / Leaves			Stengel / Stalks			Aar / Ears			Hoofdspruit / Main shoot		
	130	111	121	130	111	121	130	111	121	130	111	121
<i>Stikstof (N-org.) / Nitrogen (N org.)</i>												
62	138,2	143,0	140,9	121,8	126,6	108,2	.	.	.	260,0	269,6	249,1
69	138,4	133,0	130,9	89,8	88,9	94,9	58,7	61,3	56,0	286,6	283,2	262,5
76	97,0	117,0	97,9	83,0	98,4	88,8	68,9	80,2	72,8	248,9	295,6	259,5
90	66,4	68,2	52,9	71,1	70,6	58,3	134,5	174,6	142,4	280,9	309,2	253,6
98	49,8	38,4	36,9	46,5	41,8	41,5	181,5	170,0	155,5	277,8	250,2	233,9
119	24,1	25,9	27,2	10,8	11,5	12,5	211,1	247,1	207,7	245,9	284,0	247,4
<i>Calcium</i>												
62	31,7	22,8	29,7	10,7	8,4	8,8	.	.	.	42,4	31,2	30,7
69	39,4	25,8	29,5	9,3	7,7	8,1	1,1	0,6	0,8	49,8	34,1	38,4
76	36,9	27,9	30,7	11,3	8,4	11,3	2,9	2,3	2,5	51,1	38,6	44,5
90	37,8	33,2	32,3	13,2	10,6	10,2	4,6	6,3	5,4	55,6	50,1	47,9
98	41,3	24,7	31,3	10,1	8,3	9,3	5,1	4,1	4,4	56,5	37,1	45,0
119	48,8	35,3	35,0	8,6	7,8	8,8	7,1	7,3	6,3	64,5	50,3	50,1
<i>Magnesium</i>												
62	16,8	13,4	17,0	10,6	10,4	10,4	.	.	.	27,4	23,8	27,4
69	19,8	15,2	18,0	11,7	11,2	10,0	3,4	3,3	3,2	34,9	29,7	31,2
76	19,2	15,9	16,6	11,3	11,0	11,7	5,3	5,2	5,0	35,8	32,1	33,3
90	17,4	16,9	15,8	7,9	9,9	7,8	9,5	12,2	11,1	34,8	39,0	34,7
98	18,3	15,2	14,7	6,1	6,8	5,1	12,0	12,3	12,3	36,4	34,8	32,1
119	18,2	15,5	18,8	5,6	6,3	5,7	16,1	18,7	16,9	39,9	40,5	41,4
<i>Organische anionen / organic anions (C-A)</i>												
62	36,1	27,3	35,0	25,1	23,1	30,4	.	.	.	61,2	50,4	65,4
69	41,1	27,8	32,3	21,1	23,4	20,2	8,3	8,5	6,8	69,5	59,7	59,3
76	37,5	30,7	32,6	22,7	24,6	26,6	9,8	11,5	10,2	70,0	66,8	69,4
90	37,2	28,0	32,5	17,9	18,3	17,6	12,7	.	21,6	74,6	71,1	71,7
98	33,1	.	.	15,2	12,9	11,6	19,7	18,8	17,8	.	.	.
119	40,9	27,4	28,5	14,8	14,3	16,2	23,1	27,2	22,9	77,4	68,9	67,6

110 en 120). De hoeveelheid droge stof was lager dan bij de planten met de hoge éénmalige N-gift. Tenzij de aanvulling met stikstof heeft geleid tot beduidend hogere gehalten der diverse componenten zal de totale opname van het betreffende deel en, indien niet door de opname in andere delen gecompenseerd, ook voor de hele hoofdspruit lager geweest zijn dan bij het vergelijkingsobject gevonden werd.

Voor kalium volgt uit tabel 29 en fig. 39 dat deze hogere gehalten in de hele hoofdspruit, in het blad en vooral in de stengel (niet in de aar) inderdaad gevonden werden. Voor bovengenoemde objecten bleef het aaraandeel (fig. 44) gelijk, maar naarmate de

Fig. 44. Relatieve verdeling (%) van voedingsstoffen, droge stof en organische anionen (C—A) in de hoofdspuit van tarwe bij eenmalige en gedeelde N-bemesting, grondculture 1967. (b) blad hoofdspuit, (s) stengel hoofdspuit, en (a) aar hoofdspuit.

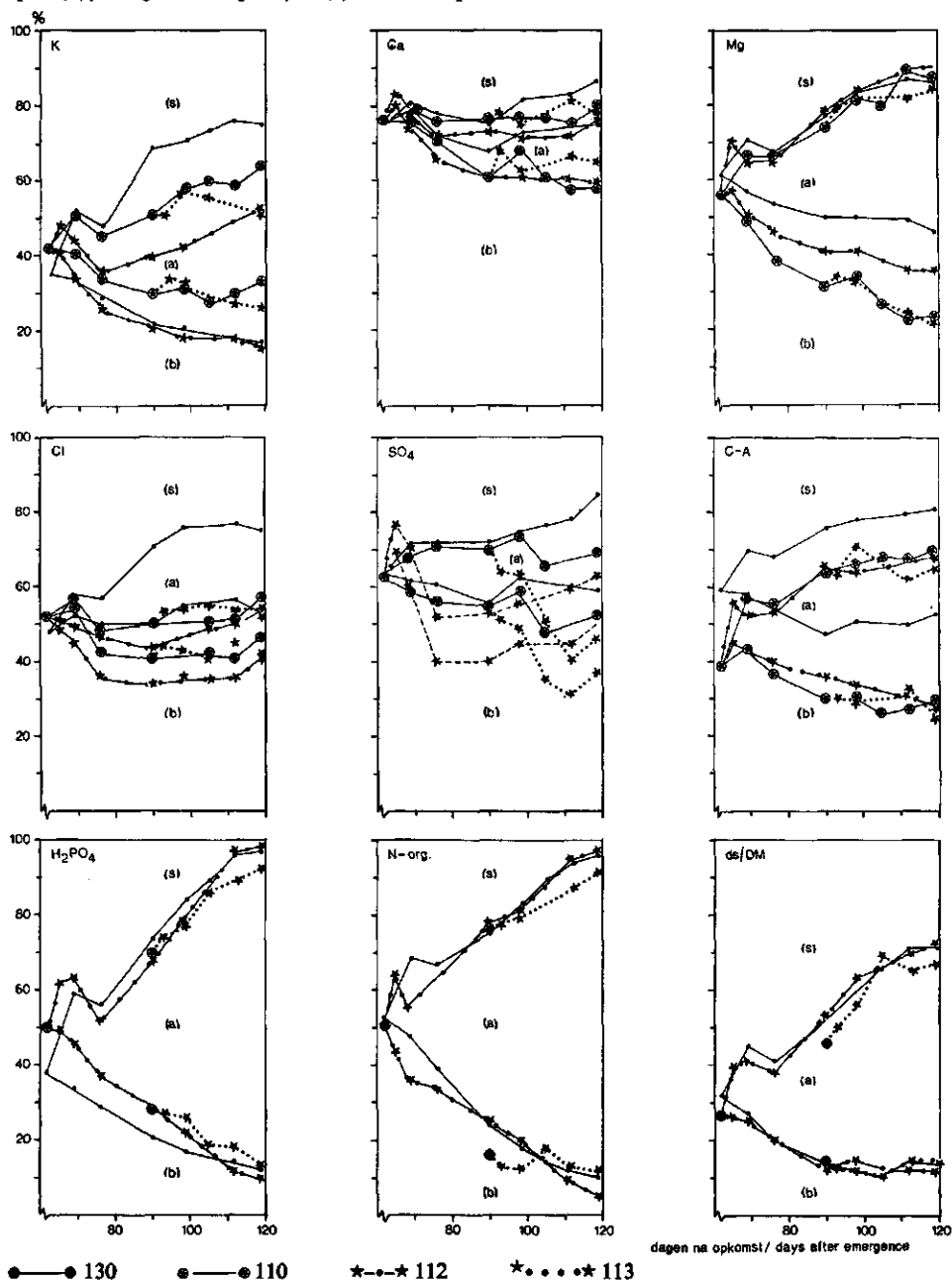


Fig. 44. Relative distribution (%) of nutrients, dry matter and organic anions (C—A) in main shoot of wheat with N dressings before sowing and split application of nitrogen, soil culture 1967. (b) leaf of main shoot, (s) stalk of main shoot and (a) ear of main shoot.

Tabel 29. Opname van voedingsstoffen (meq/100 planten) in delen van de hoofdspruit en in de hoofdspruit bij éénmalige en gedeelde N-bemesting, gronculture 1967 / Uptake of nutrients (meq/100 plants) in the main shoot and in its parts with N dressings before sowing and with split application of nitrogen, soil culture 1967.

Dagen / Days	Blad / Leaves					Stengel / Stalks					Aar / Ears				
	130	112	113	122	123	130	112	113	122	123	130	112	113	122	123
<i>Kalium/potassium</i>															
62	22,9					42,4									
65		28,5		34,3			36,5		43,5					9,5	
69	23,1	21,2		33,2		32,9	34,8		40,3		12,6	6,2		11,6	
76	17,6	19,6		24,4		32,1	47,7		39,3		11,7	6,7		10,7	
90	14,6	14,9		18,3		20,5	42,6		34,2		31,4	13,6		24,0	
93			19,8		23,0			28,4		35,8			13,2		20,2
98	12,6	13,1	21,7	17,6	24,3	17,6	40,5	28,2	27,4	38,3	30,1	17,1	16,4	28,5	25,2
105			20,2	14,7		14,6	36,2		24,6	43,0		20,5		36,0	
112	10,4	10,5	22,2	14,9	20,8	13,4	37,8	43,4	24,0	37,2	32,4	19,0	15,9	34,2	28,8
119	10,6	11,1	20,3	16,6	23,0	15,2	31,8	37,7	23,0	33,3	35,4	24,9	20,9	35,7	34,3
<i>Calcium</i>															
62	31,7					10,7									
65		11,6		24,9			2,5		7,5			0,5		1,1	
69	39,4	10,2		13,8		9,3	3,0		6,2		1,1	0,6		1,0	
76	36,9	13,4		23,3		11,3	5,8		9,1		2,9	1,2		2,4	
90	37,8	15,9		23,7		13,2	7,1		8,7		4,6	3,2		5,4	
93			8,4		21,8			2,6		6,3			1,1		2,7
98	41,3	16,2	10,6	26,6	22,0	10,1	7,5	4,3	9,8	9,2	5,1	2,9	2,4	4,0	3,1
105			10,0	26,7			7,5	5,8	8,4			3,7	4,0	3,9	
112	39,8	17,8	13,9	27,1	26,1	9,1	8,3		10,1	9,3	5,1	3,7	3,2	5,1	4,0
119	48,8	17,8	13,4	31,8	32,9	8,6	7,2	7,9	8,9	8,7	7,1	5,2	5,0	6,2	6,1
<i>Magnesium</i>															
62	16,8					10,6									
65		6,9		15,0			3,7		8,4			1,6		2,7	
69	19,8	7,5		15,7		11,7	5,1		9,2		3,4	2,1		2,2	
76	19,2	9,4		16,3		11,3	7,1		10,9		5,3	3,8		4,7	
90	17,4	9,7		11,9		7,9	5,2		8,3		9,5	9,2		12,6	
93			5,9		12,3			3,6		7,7			7,7		10,9
98	18,3	12,6	6,8	12,6	13,5	6,1	5,0	3,6	6,5	8,1	12,0	12,9	10,2	15,8	15,4
105			6,8	13,2				4,4	5,9				20,9	22,6	
112	17,9	12,7	8,1	14,1	12,4	4,9	3,6	5,9	5,2	5,1	14,0	19,9	19,8	21,0	27,1
119	18,2	13,9	7,2	13,1	13,2	5,6	3,8	5,3	5,2	5,4	16,1	21,4	20,8	23,1	25,3
<i>Chloride</i>															
62	20,6					22,0									
65		20,2		30,1			20,7		20,8			1,3		1,6	
69	25,7	17,6		30,9		20,6	19,9		20,6		2,5	1,5		1,9	
76	22,1	13,0		24,1		19,3	21,9		20,2		3,1	1,7		2,5	
90	22,0	12,9		21,8		12,8	21,2		15,1		8,9	3,7		5,7	
93			15,8		23,6			16,5		17,6			3,7		5,6
98	24,6	14,9	17,8	25,0	26,0	10,7	21,9	19,1	16,2	18,7	9,5	4,5	4,4	6,0	6,1
105		14,8	17,1	21,2	25,3		21,3	18,5	13,6	20,8		6,0	5,8	6,8	8,4
112	22,5	15,4	18,1	23,3	21,8	9,3	21,8	18,7	14,2	18,9	8,0	6,2	3,3	7,5	6,2
119	22,8	18,2	16,3	24,0	27,4	10,9	20,0	19,5	13,5	18,4	9,6	5,5	4,7	6,7	6,7

Dagen / Days	Blad / Leaves					Stengel / Stalks					Aar / Ears				
	130	112	113	122	123	130	112	113	122	123	130	112	113	122	123
<i>Organische anionen / organic anions (C-A)</i>															
62	36,1					25,1									
65	.	14,1		28,9		.	13,5		24,2			3,8		7,4	
69	41,1	10,0		18,6		21,1	13,2		21,5		8,3	4,6		7,7	
76	37,5	17,8		28,4		22,7	21,1		23,9		9,8	6,2		9,3	
90	35,2	16,3		20,3		17,9	15,7		23,2		21,5	13,1		21,6	
93	.	.	7,9	.	19,6	.	.	9,5	.	20,8	.	.	8,8	.	12,1
98	33,1	15,2	8,9	18,9	19,6	15,2	15,9	8,9	17,1	25,6	16,8	13,6	13,0	21,6	16,9
105	.	.	11,1	24,8	.	.	16,3	17,4	20,4	.	.	.	.	27,9	.
112	33,9	16,4	16,2	22,2	26,6	14,2	.	19,5	20,6	26,6	20,4	14,4	15,7	23,4	23,4
119	40,9	13,9	12,0	26,3	27,8	14,8	15,8	17,2	19,9	23,1	21,7	21,6	20,4	24,4	23,9
<i>Fosfaat / phosphate (H₂PO₄)</i>															
62	6,8					11,2									
65	.	6,7		8,5		.	5,2		9,5			1,9		3,7	
69	7,2	6,4		8,3		8,5	5,2		8,8		5,2	2,3		4,1	
76	6,4	6,8		7,7		9,7	8,7		11,4		5,8	2,9		5,1	
90	5,0	5,4		5,9		6,2	6,1		9,3		12,7	7,6		13,5	
93	.	.	5,0	.	5,8	.	.	4,8	.	7,3	.	.	8,5	.	13,9
98	4,8	5,2	5,2	5,6	6,1	4,5	4,9	4,7	6,4	6,6	19,7	13,6	10,2	20,8	19,2
105	.	.	5,0	4,1	.	.	.	3,7	3,0	.	.	.	18,3	25,1	.
112	3,7	2,6	4,9	3,9	4,4	1,1	0,7	4,0	2,3	2,0	20,8	19,9	18,6	26,6	27,9
119	3,2	2,2	3,6	3,8	4,2	0,8	0,6	2,2	0,7	0,9	23,1	22,5	22,9	31,1	31,5
<i>Sulfaat / sulphate (SO₄)</i>															
62	5,9					3,3									
65	.	3,9		5,7		.	1,3		2,2			0,4		0,7	
69	7,4	3,8		4,6		3,4	1,9		2,1		1,2	0,6		1,0	
76	7,3	3,6		4,2		3,4	4,3		3,1		1,3	1,0		0,9	
90	6,7	4,6		5,3		3,3	5,5		3,2		2,0	1,5		1,3	
93	.	.	3,5	.	5,9	.	.	2,5	.	2,8	.	.	0,9	.	1,8
98	8,1	5,9	4,6	6,2	6,3	3,2	6,0	3,5	3,3	3,9	1,6	1,4	1,3	1,4	1,6
105	6,0	5,4	4,5	5,6	5,5	2,9	6,5	6,5	2,0	2,9	3,5	1,9	2,3	2,1	2,5
112	8,8	7,0	5,3	7,5	7,2	3,3	6,2	10,9	3,6	4,4	2,6	2,3	1,2	3,0	2,5
119	9,3	7,8	7,3	6,5	7,6	2,3	5,6	10,9	3,0	4,7	4,2	1,8	1,6	2,8	3,3
<i>Stikstof / Nitrogen (N-org.)</i>															
62	138,2					121,8									
65	.	58,6		124,6		.	47,3		98,7			26,9		49,1	
69	138,4	66,3		141,0		89,8	80,6		105,7		58,7	37,8		56,0	
76	97,0	83,8		116,7		83,0	117,9		116,7		68,9	44,5		64,5	
90	66,4	63,9		69,7		71,1	81,8		72,0		143,4	112,5		163,9	
93	.	.	18,1	.	41,3	.	.	31,5	.	55,1	.	.	89,4	.	145,3
98	49,8	56,3	22,3	48,0	51,5	46,5	53,2	39,3	51,0	61,2	181,5	177,0	129,1	212,0	187,2
105	36,6	.	34,7	25,6	.	24,8	.	47,7	21,9	.	191,0	.	113,1	260,5	.
112	27,6	14,2	45,1	22,2	24,3	14,5	14,2	46,6	14,0	15,0	194,1	283,1	269,8	268,1	324,3
119	24,1	15,5	46,3	20,4	25,8	10,8	10,9	34,5	15,0	11,6	196,1	293,7	298,2	298,8	334,7

Hoofdspruit / Main shoot

Dagen / Days	Kalium / potassium					Calcium					Magnesium				
	130	112	113	122	123	130	112	113	122	123	130	112	113	122	123
62	65,3	.	.	.	.	42,4	.	.	.	.	27,4	.	.	.	.
65	.	70,9	.	87,3	.	.	14,6	.	33,5	.	.	12,2	.	26,1	.
69	68,6	68,1	.	85,1	.	49,8	13,8	.	21,0	.	34,9	14,7	.	27,1	.
76	61,4	73,7	.	74,4	.	51,1	20,4	.	34,6	.	35,8	20,3	.	31,9	.
90	66,5	71,7	.	76,5	.	55,6	26,2	.	37,8	.	34,8	24,1	.	32,8	.
93	.	.	61,4	.	79,1	.	.	12,1	.	30,8	.	.	17,2	.	30,2
98	60,4	70,9	66,3	73,5	87,8	56,5	26,6	17,3	40,4	34,3	36,4	30,5	20,6	34,9	37,0
105	.	.	.	75,3	.	.	.	19,8	39,0	.	.	.	32,1	41,7	.
112	56,2	68,6	81,5	73,1	86,8	54,0	29,8	20,8	42,3	39,4	36,8	36,2	33,8	40,3	44,6
119	61,2	68,4	78,9	75,3	89,6	64,5	30,2	26,3	46,9	47,7	39,9	39,1	33,3	41,4	43,9

	Chloride					Organische anionen / C—A					Fosfaat / phosphate (H ₂ PO ₄)				
	130	112	113	122	123	130	112	113	122	123	130	112	113	122	123
62	42,6	.	.	.	.	61,2	.	.	.	.	18,0	.	.	.	.
65	.	42,2	.	52,5	.	.	31,4	.	60,5	.	.	13,8	.	21,7	.
69	48,8	39,0	.	53,4	.	69,5	27,8	.	47,8	.	20,9	13,9	.	21,2	.
76	44,5	36,6	.	46,8	.	70,0	45,1	.	61,7	.	21,9	18,4	.	24,2	.
90	43,9	37,8	.	42,6	.	74,6	45,1	.	65,1	.	23,9	19,1	.	28,7	.
93	.	.	36,0	.	46,8	.	.	26,2	.	52,5	.	.	18,3	.	27,0
98	44,8	41,3	41,3	47,3	50,8	65,1	44,7	30,8	57,6	62,1	29,0	23,7	20,1	32,8	31,9
105	.	42,0	41,4	42,8	54,5	.	.	51,7	73,1	.	.	.	27,0	32,2	.
112	39,8	43,4	40,1	45,0	46,9	68,3	52,3	51,4	66,2	76,6	25,6	23,2	27,5	32,8	34,3
119	43,3	43,7	40,5	44,2	52,5	77,4	51,3	49,6	70,6	74,8	27,1	25,3	28,7	35,6	36,6

	Sulfaat / Sulphate (SO ₄)					Stikstof / Nitrogen (N org.)				
	130	112	113	122	123	130	112	113	122	123
62	9,2	.	.	.	.	260,0	.	.	.	.
65	.	5,6	.	8,6	.	.	132,8	.	272,4	.
69	12,0	6,3	.	7,7	.	286,9	184,7	.	302,7	.
76	12,0	8,9	.	8,2	.	.	246,2	.	297,9	.
90	12,0	11,6	.	9,8	.	280,9	258,2	.	305,5	.
93	.	.	6,9	.	10,5	.	.	139,0	.	241,7
98	12,9	13,3	9,4	10,9	11,8	277,8	286,5	191,7	311,0	298,8
112	14,7	15,5	17,4	14,1	14,1	236,3	311,5	361,5	304,3	363,6
119	15,8	15,2	19,8	12,3	15,6	245,0	317,7	379,0	334,2	372,1

stikstof vroeger gegeven werd, verschoof het bladaandeel naar lagere waarden en nam het stengelaandeel toe. Voor de objecten 113 en 123 nam de hoeveelheid kalium in blad en stengel (tabel 29) tot aan het einde van de groeiperiode toe en heeft dus in tegenstelling tot de andere objecten geen herverdeling plaats gehad.

Voor calcium (tabel 29) is nog duidelijker dan bij objecten 111 en 121 dat de opname in het blad, in mindere mate in de stengel en in de aar, lager was dan bij de overeenkomstige delen van object 130. Voor de relatieve verdeling (fig. 44) werden waarden gevonden tussen die van objecten 110 en 130 en dat betekent dat, naarmate de N-gift langer uitgesteld werd, het blad- en stengelaandeel overeenkwam met de ongedeelde objecten 110 en 120. In fig. 44 zijn de gegevens van de objecten met matige begingift (120, 122 en 123) niet weergegeven. De verschillen t.o.v. 130 waren van dezelfde aard als voor de objecten met lage begingift maar kleiner.

Voor Mg valt het hoge gehalte in de aar op. Er trad een duidelijke verschuiving naar een lager bladaandeel op dat bij lang uitstel van de N-bemesting (fig. 44, object 113) gelijk was aan dat van de ongedeelde lage N-gift (110).

De verschillen in verdeling van fosfaat bij gedeelde N-bemesting waren voor deze grond niet van betekenis. Zoals uit tabel 29 blijkt was de P-opname met name voor objecten 122 en 123 in alle plantedelen hoger dan voor object 130 terwijl voor objecten 112 en 113 dezelfde waarden in blad, stengel en aar van de hoofdspruit gevonden werden als voor object 110.

De verdeling van chloride (fig. 44) bij late aanvullende N-bemesting gaf een lager aaraandeel dan bij 130 te zien en tevens voor object 112 een nog lager bladaandeel dan bij 110 gevonden werd. Dit gold ook voor object 122 t.o.v. 120 (niet in fig. 44), terwijl de verdeling van de objecten 113 en 123 nagenoeg overeenkwam met die van 110 resp. 120. Dit betekent dat lage of late N-bemesting gepaard ging met Cl-ophoping in de stengel (tabel 29). Overigens geldt ook hier, evenals voor kalium, dat bij 113 en 123 geen netto-verlies uit de vegetatieve delen, dus geen herverdeling, optrad.

Eenzelfde beeld als voor Cl werd ook gevonden voor SO_4 waarbij echter ook de zeer laat gegeven stikstof (113 en 123) nog duidelijke verschuivingen in de relatieve verdelingen ten opzichte van object 110 resp. 120 teweegbracht (fig. 44). De veranderingen in blad- en stengelaandeel waren ook opvallend groot voor SO_4 in vergelijking met die bij andere voedingscomponenten (Cl, H_2PO_4 , etc.).

Het voorgaande brengt voor C—A van de objecten 112 en 113 t.o.v. 130 (fig. 44) een duidelijke verschuiving van blad- en stengelaandeel en een geringe verhoging van het aaraandeel mee zoals dat eerder voor de eenmalige lage N-bemesting (110) gevonden werd. Voor de objecten met matige N-gift vóór het zaaien gold hetzelfde t.o.v. 120 maar de verschillen met object 130 waren kleiner.

11.3 Opname en verdeling der voedingsstoffen, K-serie

11.3.1 Eenmalige kaliumgiften

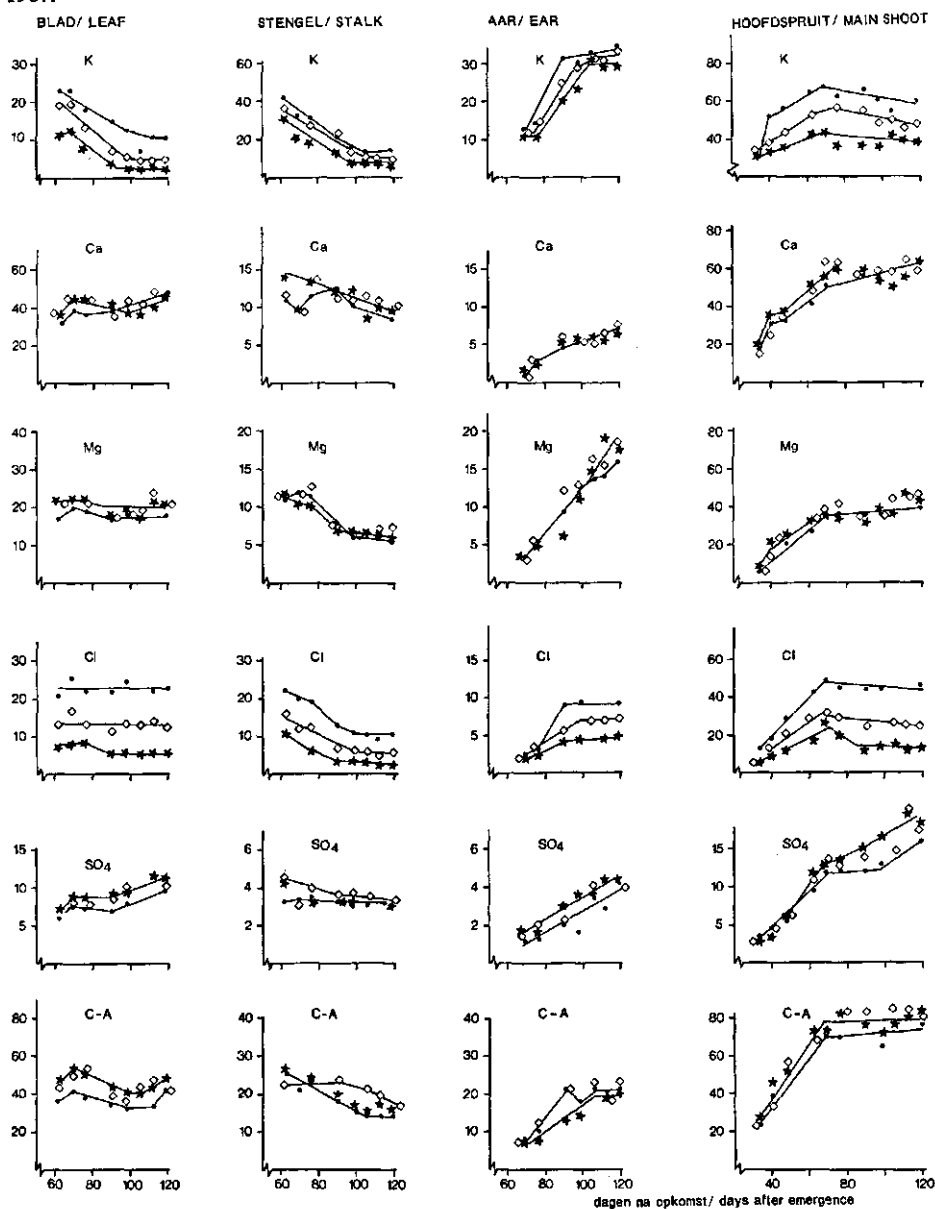
De resultaten van deze serie zijn op dezelfde wijze samengevat als voor de N-serie met dien verstande dat de componenten droge stof, N-org., H_2PO_4 en NO_3 hier niet behandeld worden omdat er geen significante verschillen in drogestofproductie, opname en verdeling met het vergelijkingsobject (130) gevonden werden.

Ook de verschillen in opname van Ca, Mg en SO_4 in de hoofdspruit of delen (fig. 45) daarvan waren gering. Voor Ca en Mg leidt het lage K-aanbod tot een geringe verhoging van de in blad en stengel opgenomen hoeveelheden (Yoshida, 1964), maar er waren geen verschillen in de aar zodat bij de oudere plant met een relatief hoog aar-aandeel de verschillen in de relatieve verdeling (fig. 46) niet van betekenis waren. De hoeveelheden SO_4 in het blad waren hoger bij de lage K-giften vanaf 90 dagen na opkomst. In de stengel waren de verschillen niet duidelijk terwijl in de aar bij lage K-bemesting (210) meer SO_4 gevonden werd en bij matige K-bemesting (220) de verschillen niet op alle tijdstippen significant waren. De relatieve verdeling voor SO_4 (fig. 46) was dezelfde voor de onderscheiden objecten.

Dat de K- evenals de Cl- opname (fig. 45) verschillen vertoonde onder invloed van variërende giften was te verwachten omdat KCl als meststof gebruikt werd. Daarnaast trad echter bij beide componenten een geringe verschuiving op in de relatieve verdeling bij de objecten 210 en 220 (fig. 46) ten gunste van de aar en ten koste van vooral het blad. Overigens daalde eerst rond de bloei het K-gehalte in de hoofdspruit voor het object met de laagste K-bemesting (210) beneden de grenswaarde van 200 meq per kg droge stof. In de periode vóór de bloei daalde het K-gehalte van 1100-200 meq/kg. De hier gevonden invloeden van K en Cl werken tegengesteld voor C—A en dit betekent dat (fig. 46) alleen voor object 210 (niet voor 220) een significant hoger blad-aandeel dan bij 130 gevonden werd.

De hoeveelheden kalium en chloride in de hele hoofdspruit namen voor de objecten 210 en 220 na de bloei regelmatig af tot ongeveer 90% van de maximale hoeveelheid zoals dat ook voor de N-objecten (fig. 37) gevonden werd. Van de componenten Ca, Mg, C—A en in mindere mate van SO_4 namen de hoeveelheden toe tot het einde van de groeiperiode maar vanaf ongeveer 70 dagen na opkomst daalde de toenamesnelheid. Netto-verliezen uit blad en stengel werden gevonden voor K, verliezen uit de stengel voor Cl, Ca, Mg, C—A en SO_4 . Bij Mg, Ca, SO_4 en C—A waren de verschillen tussen objecten 210 en 220 en tussen deze beide en object 130 niet duidelijk. In de aar namen de hoeveelheden Ca, Mg en SO_4 toe tot de laatste oogst, terwijl de hoeveelheden K, Cl en C—A in de laatste ontwikkelingsfase constant bleven. In alle hier beschreven gevallen week het beeld van opname versus tijd kwalitatief niet af van dat der 'optimaal' gevoede planten.

Fig. 45. Opname (meq/100 planten) van voedingsstoffen en organische anionen (C—A) in blad, stengel en aar van de hoofdspruit van tarwe bij variërende K-bemesting voor het zaaien, grondcultuur 1967.



Giften vóór het zaaien/dressings before sowing

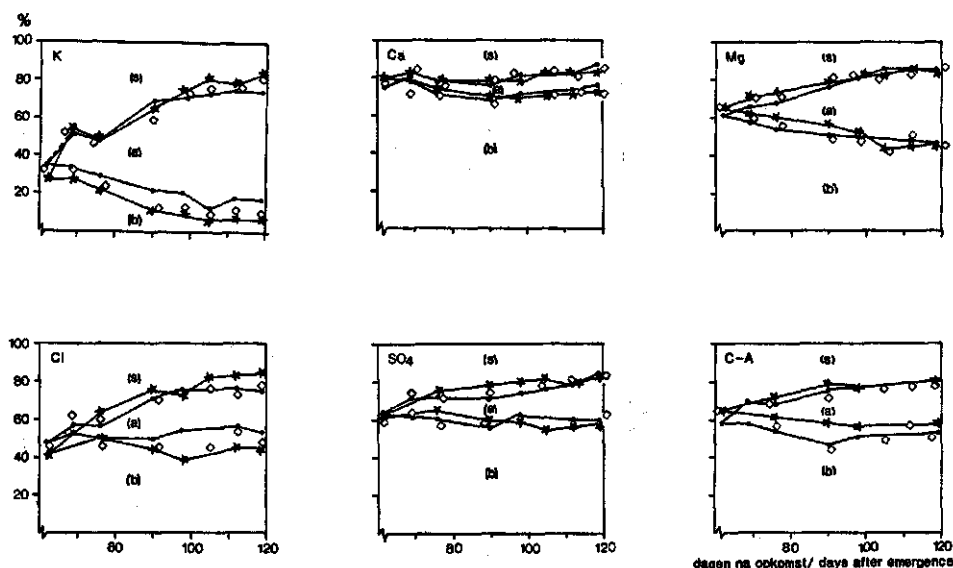
●—● 400 mg K₂O per pot (130)

◇—◇ 200 mg K₂O per pot (220)

★—★ 100 mg K₂O per pot (210)

Fig. 45. Uptake (meq/100 plants) of nutrients and organic anions (C—A) in leaf, stalk and ear of main shoot of wheat with K dressings before sowing, soil culture 1967.

Fig. 46. Relatieve verdeling (%) van voedingsstoffen en organische anionen (C—A) in de hoofdspruit van tarwe bij variërende K-bemesting voor het zaaien, grondcultuur 1967. (b) blad hoofdspruit, (s) stengel hoofdspruit en (a) aar hoofdspruit.



Giften vóór het zaaien / dressings before sowing

- 400 mg K₂O per pot (130)
- ◇—◇ 200 mg K₂O per pot (220)
- ★—★ 100 mg K₂O per pot (210)

Fig. 46. Relative distribution (%) of nutrients and organic anions (C—A) in the main shoot of wheat with K dressings before sowing, soil culture 1967. (b) leaf of main shoot, (s) stalk of main shoot and (a) ear of main shoot.

11.3.2 Gedeelde kaliumgiften

Evenals bij stikstofdeling het NO₃-gehalte toenam, nam bij gedeelde K-bemesting na het aanbod het K-gehalte in hoofd- en zijspuiten met en zonder aar (fig. 47) toe. In tegenstelling tot bij stikstof betekent laat aanbod van kalium echter dat de gehalten van het vergelijkingsobject in hoofd- en zijspuit met aar niet bereikt werden, terwijl bij de zijspuiten zonder aar (fig. 47, rechts) de K-gehalten zelfs lager waren dan bij object 210.

Dat de laat gegeven kalium minder werd opgenomen blijkt ook uit tabel 30 waarin de K-opname bij de laatste oogst (119 dagen na opkomst) voor de objecten 213 en 223 lager was dan zowel bij de gift ineens (130) als bij de gedeelde giften van de andere objecten. Wanneer stikstof en kalium tegelijk werden aangeboden (321, 322 en 323) werd meer van het laat toegediende kalium opgenomen en waren de verschillen van deze objecten t.o.v. object 130 en van de objecten onderling (tabel 30, rechts) niet significant.

Wanneer kalium vroeg (op 34 dagen na opkomst) aangevuld werd (211 en 221) dan

waren op het tijdstip dat er planteden onderscheiden konden worden geen verschillen meer in Ca- en Mg-opname van de delen en van de hele hoofdspruit. De verschillen van de objecten 210 en 220 t.o.v. 130 (fig. 45) waren op dat tijdstip trouwens al gering. Ook werd geen onderscheid tussen de objecten gevonden voor SO_4 en voor de ook in

Fig. 47. K-gehalten (meq/kg) in hoofdspruiten (h) en zijspruiten met z + a) en zonder (z—a) aar van tarwe bij eenmalige en gedeelde K-bemesting, grondculture 1967.

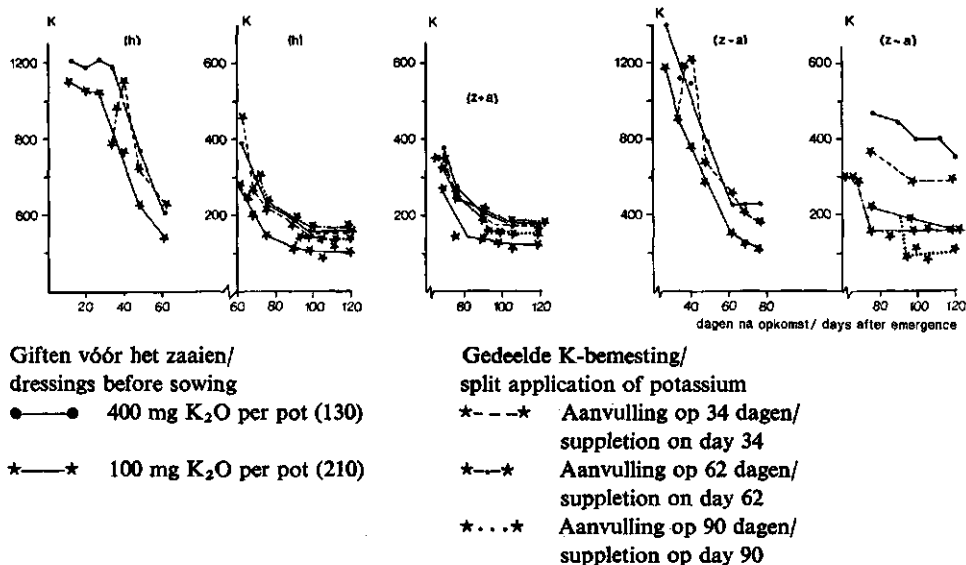


Fig. 47. K contents (meq/kg) in main shoots (h) and tillers with (z + a) and without (z—a) ears for wheat with K dressings before sowing and split application of potassium, soil culture 1967.

Tabel 30. Opname (meq/100 planten) van kalium¹ bij éénmalige en gedeelde K-bemesting, grondculture 1967 / Uptake (meq/100 plants) of potassium with K dressings before sowing and with split application of K, soil culture 1967.

Behandeling / Treatment		Behandeling / Treatment		Behandeling / Treatment	
210	79,0	220	100,1	320	99,0
211	135,7	221	125,1	321	131,1
212	131,7	222	125,8	322	133,1
213	109,0	223	119,9	323	137,3
130	138,9	130	138,9	130	138,9

1. Omdat geen potten met planten zonder K-bemesting in de proef opgenomen waren is het niet mogelijk om het elementrendement (vgl. tabel 26) voor kalium te berekenen. De opgenomen hoeveelheden zijn echter duidelijk hoger dan de giften van 100, 200 en 400 mg K_2O per pot die overeenkomen met resp. 21,3, 42,6 en 85,1 meq per 100 planten zodat zeker de K-voorraad aangesproken werd (berekende onttrekking 7–12 mg K_2O per 100 g grond).

fig. 45 al weggelaten componenten.

Voor kalium en chloride, de in dit verband belangrijkste voedingscomponenten, veranderde de samenstelling van de delen voor objecten 211 en 221 (tabel 31) op dezelfde wijze als bij 130. Alleen voor het blad was er een gering verschil in K- en Cl-opname t.o.v. object 130 waaruit voor beide voedingsstoffen een lager bladaandeel volgt. De hoeveelheden C—A waren voor de plantedenen gelijk aan die van object 130 en dus was ook de relatieve verdeling voor C—A gelijk aan die van object 130.

Het toedienen van kalium (als KCl) op latere tijdstippen (212, 213, 222, 223) had op de opgenomen hoeveelheden kalium en chloride (fig. 48) dezelfde invloed. In fig. 48 zijn de gegevens van 212 en 222 niet opgenomen. De K- zowel als de Cl-opname bereikte met name in het blad en daardoor ook in de hele plant niet meer de waarden van

Tabel 31. Kalium- en chloride opname (meq/100 planten) in delen van de hoofdspruit en in de hoofdspruit van tarwe bij éénmalige en gedeelde K-bemesting, grondcultuur 1967 / Potassium and chloride uptake (meq/100 plants) in the main shoot and its parts with K dressings before sowing and with split application of K, soil culture 1967.

Dagen / Days	Blad / Leaves			Stengel / Stalk			Aar / Ears			Hoofdspruit / Main shoot		
	130	211	221	130	211	221	130	211	221	130	211	221
<i>Kalium / potassium</i>												
34	31,4									31,4		
37		36,0	39,6								36,0	39,6
40	52,5	48,6	48,3							52,5	48,6	48,3
48	55,8	51,4	51,5							55,8	51,4	51,5
62	22,9	23,9	17,6	42,4	52,3	40,6				65,3	75,5	58,2
69	23,1	19,4	20,7	32,9	29,6	28,2	12,6	10,9	11,6	68,6	59,9	60,4
76	17,6	15,7	15,8	32,1	29,2	29,7	11,7	11,6	12,3	61,4	56,5	57,8
90	14,6	10,6	11,1	20,5	24,7	30,4	31,4	27,1	23,2	66,5	62,4	64,0
98	12,6	10,6	10,2	17,7	18,6	21,6	30,1	27,2	27,9	60,4	56,4	59,7
105			7,8	14,6	10,5	16,6	33,4	36,0	33,0			57,4
112	10,4		9,0	13,4	12,0	16,4	32,4	34,0	33,2	56,2		58,6
119	10,6	9,1	9,1	15,2	14,5	15,1	35,4	40,9	33,9	61,2	64,5	58,1
<i>Chloride</i>												
34	11,9									11,9		
37		13,2	12,1								13,2	12,1
40	18,4	16,7	13,5							18,4	16,7	13,5
48	28,7	22,4	21,2							28,7	22,4	21,5
62	20,6	20,3	15,2	22,0	22,8	16,2				42,6	42,1	31,4
69	25,7	19,9	23,3	20,6	15,6	15,3	2,5	2,2	2,3	48,8	37,7	40,9
76	22,1	19,7	21,5	19,3	16,9	14,7	3,1	2,8	2,3	44,5	39,4	38,5
90	22,0	17,4	20,8	12,8	12,7	14,5	9,1	6,0	6,1	43,9	36,2	41,3
98	24,6		23,0	10,7		13,7	9,5	7,4	10,3	44,8		47,0
105			19,0	10,9		11,2	8,7	9,1	9,6			39,8
112	22,5	22,7	20,7	9,3	6,6	10,3	8,0	9,2	8,3	39,8	38,5	39,3
119	22,8	21,8	21,5	10,9	9,7	11,1	9,6		7,4	43,3		40,0

Fig. 48. Opname (meq/100 planten) van voedingsstoffen en produktie (meq/100 planten) van organische anionen (C—A) in blad, stengel en aar van hoofdspruit van tarwe bij eenmalige en gedeelde K-bemesting, grondculture 1967.

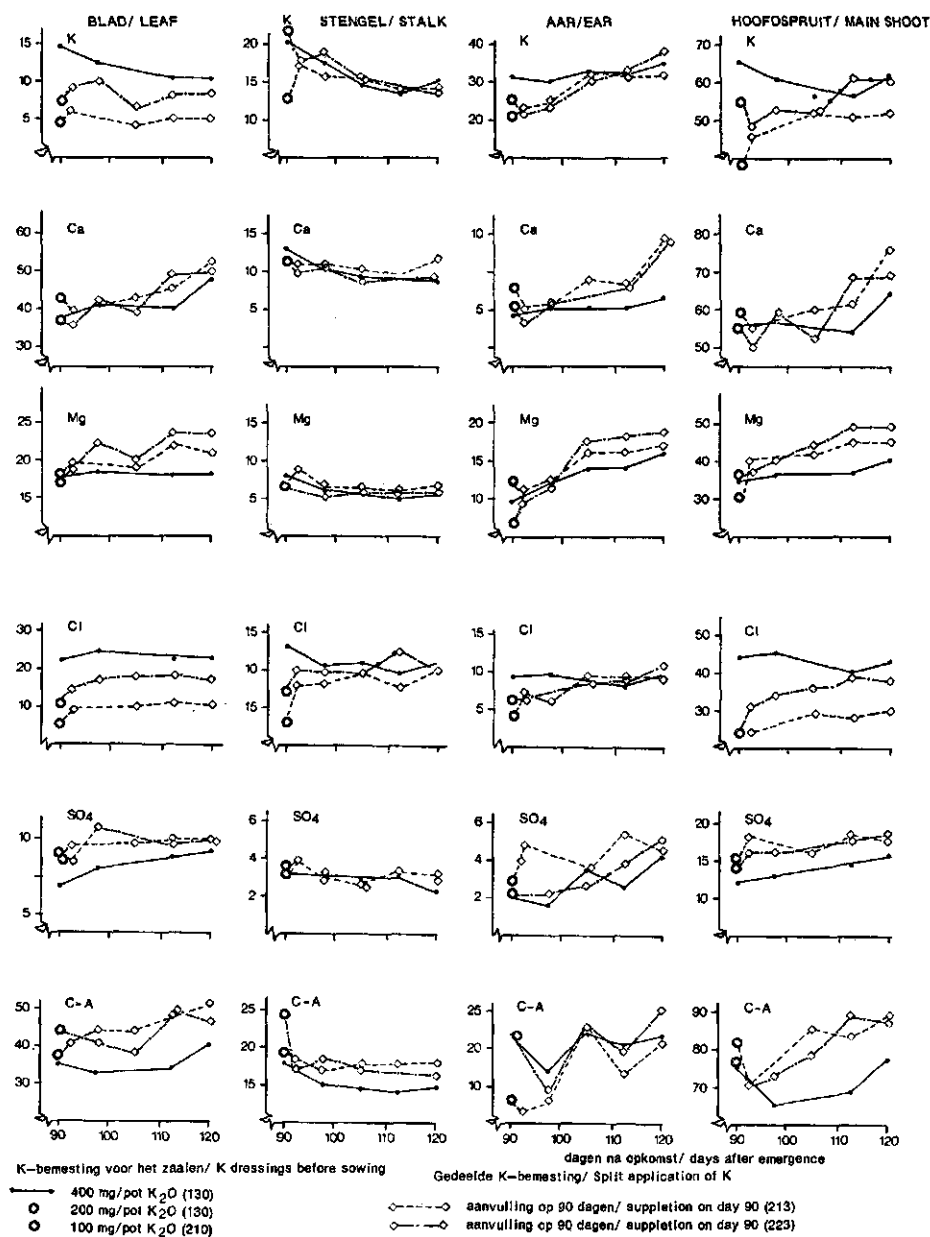


Fig. 48. Uptake (meq/100 plants) of nutrients and production (meq/100 plants) of organic anions in leaf, stalk and ear of main shoot of wheat with K dressings before sowing and split application of potassium, soil culture 1967.

het vergelijkingsobject (130), terwijl bij late N- of N + K-giften de opname van kalium en chloride (fig. 38) juist hogere waarden bereikte.

De gegevens over de K- en Cl-opname in fig. 48 betekenen een daling van het blad-aandeel voor beide elementen t.o.v. object 130 en wel vooral ten gunste van de aar. De invloed op C—A was daardoor gering.

Opvallend was de relatief sterke stijging van de hoeveelheden Ca en Mg in de hoofdspruit aan het einde van de groeiperiode terwijl de verschillen (fig. 45) voor de objecten 210 en 220 t.o.v. object 130 niet van betekenis waren. Bovendien traden de verschillen tussen object 130 enerzijds en objecten 223 en 213 anderzijds alleen op bij blad en aar en niet bij de stengel. Dit wijst erop dat een hoog aanbod van kalium in deze fase van ontwikkeling, leidt tot relatief sterke verplaatsing van Ca en Mg naar eindstandige delen van de plant. Dit is dan een gevolg van de door Isermann (1969) beschreven uitwisseling van Ca (en Mg) in het transportweefsel en de verplaatsing van deze ionen met de transpiratiestroom naar de toppen van de plant. De ook absoluut hogere waarden voor de Ca- en Mg-opname in de bovengrondse delen van de hoofdspruiten van de objecten 213 en 223 zijn alleen te verklaren wanneer de uitwisseling en omhoogstuwing van Ca en Mg al in de wortel plaats heeft gehad en dus in vergelijking met 130 meer Ca- en Mg-ionen in de bovengrondse delen terecht gekomen zijn.

Deze hogere Ca- en Mg-opname werd slechts ten dele door de hogere SO_4 -opname gecompenseerd en resulteerde in een duidelijk verschil (fig. 48) in C—A bij blad, stengel en hele plant. De gegevens van de aar laten geen conclusie toe, mede als gevolg van de variaties der SO_4 -hoeveelheden.

12 Samenvatting grondcultures

De aanduiding deling van meststoffen wordt hier gebruikt voor alle gevallen waarin meer dan één bemesting toegepast wordt. Deling van meststoffen is de methode waarbij een hoeveelheid A die (meestal) vroeg bv. vóór het zaaien gegeven wordt maar die ook nul kan zijn en waarbij een hoeveelheid B op een later tijdstip (of tijdstippen) toegediend wordt. Behandelingen aangeduid als uitgestelde, extra of over-bemesting waarvan de betekenis zeer subjectief is, vallen dus ook onder de meer algemene aanduiding van deling.

De bemesting vóór het zaaien zowel voor N, K als $N + K$ is in deze potproef als vergelijkingsobject genomen. Dit betekent dat de als optimaal gekozen gift behalve 'optimaal' ook zo dient te zijn dat geen groeiremming in een zeer jong stadium (kiemremming) optreedt. Aan de laatste voorwaarde is, gelet op fig. 28, wel voldaan maar uit de korrelopbrengst-curve (fig. 35) blijkt dat de gift van 840 mg N per pot geen maximale opbrengst heeft gegeven. Een verhoging van de gift zou echter als consequentie gehad hebben een vertraagde opkomst met een blijvende achterstand t.o.v. lagere al dan niet gedeelde bemesting.

Ook bij de grondculture was het mogelijk (fig. 31, 10.2.1) bepaalde ontwikkelingsfasen van de tarweplanten te onderscheiden. Zij waren echter minder duidelijk dan bij de planten op watercultures. Bovendien trad gedurende de rijping (fig. 31, fase IV) verlies aan droge stof uit blad en stengel op wat bij de watercultures niet gevonden werd. Dit is inherent aan een suboptimale voedings- en/of vochttoestand.

De gegevens van opbrengst en opbrengst-bepalende factoren van deze potproef (fig. 33, 34 en 35 en samengevat in fig. 36) komen goed overeen met resultaten van gedeelde N-bemesting onder veldomstandigheden. Het aantal zijspuiten met aar (fig. 33) bedroeg 1 à 1,5 per plant, hetgeen een halmgetal van 2 à 2,5 betekent. Deze waarde is volgens Brouwer (1970) voor zomergranen gewenst. Daarnaast blijkt ook het effect van deling op de opbrengst-bepalende factoren (fig. 36 en 10.3) met de resultaten in het veld (Jonker & De Jong, 1966; De Jong & Jonker, 1967) overeen te komen. Deze effecten die bij de veldproeven tot een absolute verhoging van de opbrengst door deling van de N-giften leiden, werden in de potproef bij lagere opbrengsten gevonden. Dit hangt samen met de keuze van de giften vóór het zaaien die te laag waren om voldoende vegetatief materiaal te vormen (Dilz, 1969). De latere N-giften konden ondanks verhoging van het aantal korrels per aar en/of het 1000-korrelgewicht een relatief minder gunstige invloed hebben.

Hiermee wordt het belang van een 'regelmatig' veldgewas, al dan niet verkregen door een vroege N-bemesting, voor een positief effect op de korrelopbrengst bij latere

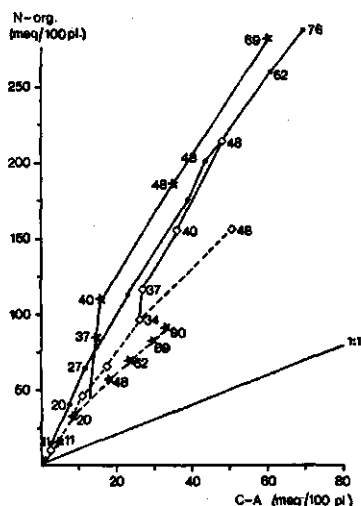


Fig. 49. N-org. en C—A (meq/100 pl.) in tarwe hoofdspruit bij éénmalige en gedeelde N-bemesting, grondcultuur 1967. 48: Dagen na opkomst.

Fig. 49. N org and C—A (meq/100 pl.) in main shoot of wheat with N dressings before sowing and split application of nitrogen, soil culture 1967. 48: Days after emergence.

N-giften nog eens onderstreept. Het is dan ook jammer dat bij onderzoek over de invloed van deling van N-bemesting in veld- en potproeven vrijwel uitsluitend korrel- en slechts in een beperkt aantal gevallen stro-opbrengsten gemeten worden. Een volledige oogstanalyse (halmgetal, aantal korrels per aar en 1000-korrel-gewicht) blijft meestal achterwege. Overigens was bij deze potproef het verschil tussen de korrelopbrengst van een hoofd- en zijspruit (uit tabel 25 voor object 130 berekend als resp. 1720 en 840 mg per aar) beduidend groter dan de 10 à 15 % welke voor veldgewassen (Brouwer, 1970) opgegeven wordt. Het gewicht van de hoofdspruit van object 130 kwam wel overeen met dat van object NPK in de watercultuur.

De relatie N-org. versus C—A (fig. 49) in deze grondcultuur is voor object 130 vergelijkbaar met die der watercultuur (fig. 26, object NPK). Bij de lage en matige N-gift (resp. object 110 en 120) weken de curven al in het jeugd stadium af naar de (C—A)-as als gevolg van het optredende N-tekort en daarmee gepaard gaande (C—A)-productie in de wortels (hoofdstuk 9). Ofschoon deze grond een geringe N-mineralisatie had werd nog stikstof opgenomen zodat de overgang naar een lagere N-toestand in de plant meer geleidelijk verliep dan bij de watercultuur (fig. 26).

Wanneer de aanvullende gift stikstof vroeg gegeven werd (objecten 111, 121 en 321) trad voor object 111 een relatief hoge N-opname op gedurende een korte tijd na de aanvulling met stikstof. Dit wordt beschouwd als een gevolg van de grote voorraad koolhydraten in de planten met N-gebrek. Voor de in verhouding minder N-arme planten van 121 gebeurde dit niet. De aanvulling met stikstof of stikstof + kalium op latere tijdstippen (62 en 93 dagen na opkomst) heeft voor de relatie N-org.-(C—A) geen betekenis meer gehad omdat dan de herverdeling in de plant belangrijker geworden is dan de opname.

Wanneer gesproken wordt over deze verdeling of herverdeling in de plant is het van belang dat het systeem waarbinnen de processen zich afspelen 'gesloten' is of dat de aan- of afvoer bekend is. Voor de hier besproken potproef geldt dat er geen verliezen

Fig. 50. Relatieve verhouding van droge stof en opname van voedingsstoffen in hoofdspruit van tarwe bij planten van object 130, grondculture 1967.

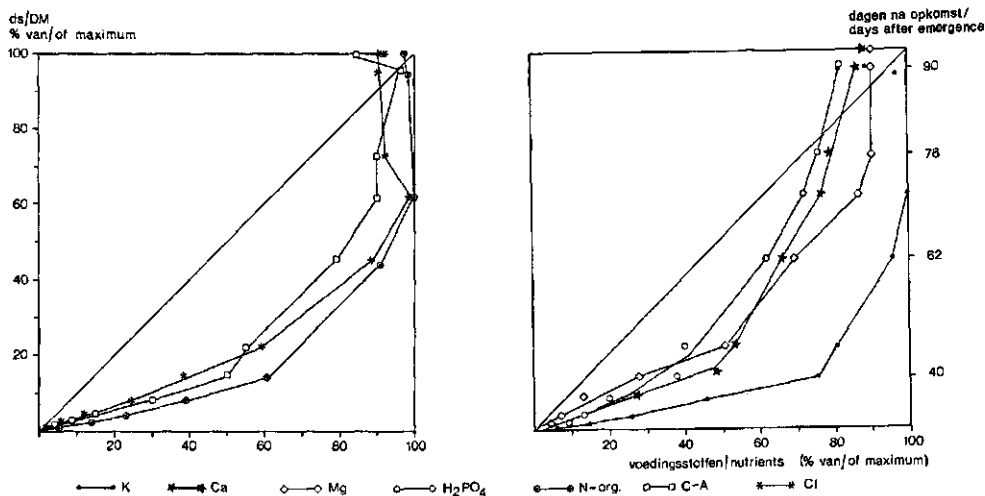


Fig. 50. Relative ratio of dry matter and uptake of nutrients in main shoot of wheat, treatment 130, soil culture 1967.

door regen of dauw en van de bovengrondse delen geen mechanische verliezen geweest zijn. De wortels konden maar ten dele uitgespoeld worden zodat de analyse-resultaten in de teruggevonden wortelmassa vermoedelijk niet representatief zijn. Over eventuele verliezen door guttatie en vervluchtiging van N₂ uit bovengrondse delen via de Van Slyke reactie (Stenlid, 1958) zijn uit deze proef geen gegevens beschikbaar. Men mag aannemen dat deze verliezen klein geweest zijn.

De beweeglijkheid van kalium als oorzaak voor een snelle ophoping in de plant blijkt duidelijk uit fig. 50. Hieruit is te zien dat op een tijdstip rond 50 dagen na opkomst de opgenomen hoeveelheden van N en Cl na K volgen en daarna Ca en Mg gevolgd worden door P. In tegenstelling tot de watercultures loopt voor alle componenten de opname vóór op de drogestofproductie. Dit hangt samen met de zeer hoge concentraties van oplosbare zouten (aanbod van voedingsstoffen) in het wortelmilieu bij het begin van de groei. Overigens komt het resultaat voor P (fig. 50) in deze potproef met grond overeen met de gegevens voor P in de watercultures, wat er op wijst dat hoewel in deze grond de hoeveelheid beschikbaar fosfaat hoog was (P-Al is 120 mg P₂O₅/100 g grond), de concentratie in de bodemoplossing en dus het directe aanbod laag was, en dat dit ook door de bemesting niet veranderde.

Variërend aanbod van stikstof vóór het zaaien (fig. 37, 38, 39 en 40) had wat betreft de zgn. bouwelementen N, P en vermoedelijk ook S geen of zeer geringe consequenties voor de relatieve verdeling. Van N en P kwam op nagenoeg gelijke wijze ongeveer 85% in de aar terecht en in blad en stengel bleven slechts resp. 10 en 5% achter (fig. 40). Vergelikt men dit met de watercultures, waar in blad en stengel 15 à 20% N en P in de hoofdspruit achterbleven, dan blijkt dat zeker voor stikstof ook bij de hoogste N-gift

slechts de minimale hoeveelheid in de vegetatieve delen achterblijft. Ook voor alle gedeelde N-giften week de relatieve verdeling niet af van object 130, behalve voor object 113 (fig. 44) waarbij van de laat toegediende stikstof relatief meer in blad en stengel bleef.

Variërend eenmalig aanbod van kalium had zoals te verwachten geen invloed op de opname, verwerking en verdeling van stikstof temeer omdat in het jeugd stadium ook bij de laagste K-gift de gehalten nog boven de deficiëntiewaarde 200 meq K/kg droge stof bleven. De bij granen belangrijke plaats van kalium in het KNO_3 systeem (hoofdstuk 9) blijkt tevens uit het feit (fig. 37) dat bij suboptimale N-giften vóór het zaaien wel de opname van Ca en Mg (met name in het blad) achterbleef, maar dat de hoeveelheid kalium in de hoofdspruit gelijk (voor object 120 zelfs hoger) was voor alle N-giften.

De K- en Cl-opname in de hoofdspruit en de delen daarvan (fig. 45) varieerde wel met het K-aanbod. De iets hogere Ca- en Mg-opname in blad en stengel bij de lage K-giften is niet van betekenis en de relatieve verdeling van de voedings-elementen (fig. 46) onder invloed van variërend K-aanbod vóór het zaaien week alleen voor K en Cl enigszins af van die van het vergelijkingsobject.

Het verlies aan voedingsstoffen uit blad en stengel en de verplaatsing daarvan naar de aar begon voor stikstof al zeer vroeg, zelfs eerder dan het maximum van de drogestofproductie van deze delen, en gold voor de N-, N + K- en K-giften of dezelfde wijze. Voor fosfaat en kalium traden verliezen uit blad en stengel op, terwijl voor de andere voedingsstoffen (SO_4 , Cl, Mg en Ca) uit de stengel geringe en niet voor alle N-giften gelijke verliezen optraden. Omdat in deze grondculture netto K- en Cl-verliezen uit de hoofdspruit, ongeacht de N- (fig. 39) c.q. K- (fig. 45) gift, gevonden werden, kan kalium als het meest bewegelijke voedingsion beschouwd worden. Gelet op de verplaatsing naar de aar volgen daarna ook voor de grondculture N en P, terwijl Ca, Mg en SO_4 moeilijk verplaatsbaar zijn. Voor SO_4 heeft enige ophoping in de oudere bladeren plaats. Het chloride blijkt, al dan niet met K als tegenion, snel opgenomen te worden, verplaatst te worden en mogelijk naar buiten te verdwijnen. Transport van chloride naar de aar is niet aantoonbaar.

Het delen van de N-, K- en N + K-giften in verband met de hier bedoelde opname en verdeling der voedingsstoffen betekent, dat, wanneer de aanvulling in een vroeg stadium (stadium 6 volgens Feekes' schaal) plaats had (zie fig. 49), de geringe afwijkingen van de 'optimale' toestand snel hersteld werden en deze objecten (111, 121, 321) met object 130 overeenkwamen (tabel 28 en 31). Wanneer de aanvulling met meststoffen later plaats had (stadia 8 à 9 en 10.5.1, resp. 62 en 90 dagen na opkomst) betekent dit, dat het proces van verplaatsing in de plant leidend tot netto verlies en/of herverdeling doorkruist werd door extra aanbod. Voor stikstof in de N-serie bleek dit geen enkele invloed te hebben omdat ook de laat gegeven N nog volledig werd opgenomen (elementrendementen van 85% en volgens toelichting (zie tabel 26) van 100%) en met name in de korrel (fig. 43) verwerkt werd. Voor de overige elementen (voor fosfaat geldt hetzelfde als voor stikstof) en componenten betekent dit dat voor de N-serie de K-opname (als KNO_3) minstens gelijk werd aan die van de planten van object 130 en

dat de Ca- en Mg-opname weinig meer veranderde in vergelijking met de objecten met lage en matige N- en N + K-giften voor het zaaien (110 resp. 120 en 320).

Veranderingen in de hoeveelheid kalium per plant traden wel op bij gedeelde K-bemesting als de aanvullende gift laat gegeven werd (fig. 48). Hierbij werd voor kalium niet de situatie der planten van object 130 bereikt. Uit de gegevens voor Mg en Ca kan geconcludeerd worden dat behalve het aanbod (van K) in het ontwikkelingsstadium van de plant, waarin de niet-metabolische processen de overhand krijgen, ook de zgn. verdringing (in dit geval van Ca en Mg door K) een rol speelt bij de hoeveelheid die in blad en aar terug gevonden wordt (fig. 48). Het is evenwel nodig het hier genoemde proces gedetailleerd te onderzoeken alvorens deze uitspraak bevestigd kan worden.

13 Conclusies

Uit het voorgaande en met name uit hoofdstukken 9 en 12 blijkt dat de verschillen tussen de waterculture- (2.1.1) en grondculture-techniek (2.2.1) niet leiden tot wezenlijke verschillen in groei en ontwikkeling van tarweplanten. Het aanbod van voedingsstoffen op constant niveau in het eerste geval leidt wel tot een andere wijze van afrijpen (4.4) en een iets andere verdeling van droge stof over plantedelen (4.3) dan wanneer het aanbod van voedingsstoffen geleidelijk vermindert zoals bij de proeven met grond, maar de normale wijze van groeien van de eenjarige zaaddragende plant blijft. Dit geldt naast de hoofdspruit ook voor de zijspruiten met of zonder aar waarvan het aantal bij de watercultures vele malen groter is dan bij de grondculture en waarvan de vorming doorgaat zolang voedingsstoffen aangeboden worden en zolang ook de omstandigheden van licht, temperatuur, etc. gunstig blijven.

De hoeveelheden meststoffen en de N-opname bij pot- en veldproeven zijn te vergelijken (Dilz, 1964) mits men dit doet op basis van drogestofproductie en niet op basis van aantal planten of gewicht c.q. oppervlak van de grond, en uitgaat van planten met hetzelfde ontwikkelingsritme (gelijke zaaitijd bv.). Het door Dilz (1964) besproken 'rand-effect', waarmee bedoeld wordt dat op potten de planten aan de rand meer zijspruiten vormen dan die in het midden, is bij de hier gebruikte potten met 10 planten per pot waarvan 6 à 7 langs de rand nauwelijks van betekenis. Slechts in extreme gevallen met lage N-giften voor het zaaien en late c.q. zeer late aanvulling met stikstof (10.2.2.1, objecten 112 en 113) werden in de potproef nog zijspruiten (doorwas) gevormd terwijl dit in het veld onder vergelijkbare omstandigheden meestal niet meer plaats heeft. Bovendien bleek in de potproeven (10.2.2.1) het gemiddelde aantal halmen per plant (2,5) met het voor zomergranen in het veld gewenste aantal (Brouwer, 1970) overeen te komen.

Vergelijking van gegevens van watercultures, van cultures met grond in potten en van veldproeven is gezien het voorgaande in ieder geval mogelijk wanneer alleen gegevens van de hoofdspruit gebruikt worden. Dit impliceert dan een zekere mate van onafhankelijkheid van de hoofdspruit. Het is duidelijk dat assimilaten van de hoofdspruit en ook voedingsstoffen via het wortelstelsel van deze hoofdspruit naar de zijspruiten gaan zolang deze jong en in ontwikkeling zijn. Vanaf de fase der strekking blijkt (Quinlan, 1962; Williams, 1964) dat de verplaatsing van ^{14}C -verbindingen en naar men mag aannemen ook van voedingsstoffen naar deze spruiten niet meer van betekenis is. De zijspruiten ontvangen dan assimilaten via het eigen assimilerende weefsel en water en voedingsstoffen van de eigen wortels, en zijn niet meer afhankelijk van de hoofdspruit. Uitzonderd bij de behandeling van N-onthouding in een zeer jong

stadium (hoofdstuk 5) blijkt bij de hier beschreven water- en grondculture bovendien dat de behandelingen van N-onthouding c.q. N-deling een zeer duidelijk effect heeft op het aantal zijspuiten. Dit betekent eveneens dat vergelijking van effecten van behandelingen bij alleen de hoofdspuit voordelen biedt, ook al zullen voor opbrengstgegevens van de hele plant de zijspuiten meegerekend moeten worden. Omdat het althans bij de hier gebruikte technieken niet mogelijk was de wortels van de zijspuiten van die der hoofdspuiten te scheiden, zal, wanneer men de hoeveelheden plantevoedingsstoffen in de wortels kwantitatief t.o.v. die der bovengrondse delen van betekenis acht, voor een volledige balans van opname en verwerking de hele plant in de analyse betrokken moeten worden.

De invloed van continue of van intermitterende voeding in waterculture (vergelijkbaar met eenmalige en gedeelde bemesting in grondculture) op de chemische samenstelling (gehalten en opgenomen hoeveelheden) werd voor de jonge tarweplanten (hoofdstuk 9 en 12) weergegeven door de relatie N-org.- (C—A) welke gebaseerd is op de hypothese van Dijkshoorn et al. (1968) over de opname en verwerking van anorganische voedingsionen en de daarmee samenhangende produktie van organische anionen. Uit fig. 51, waarin de gegevens van object 130 van de grond- en van het overeenkomstige object NPK van de waterculture opgenomen zijn, blijkt dat de resultaten kwalitatief overeenkomen. De kwantitatieve verschillen, nl. de grotere hoeveelheid stikstof in de grondculture bij gelijke C—A, zijn een gevolg van het hogere N-aanbod (840 mg N per pot van 2,5 kg grond met 19% vocht komt overeen met 140 meq N per liter bodemvocht) en het aanbod als NH_4 -stikstof. Omdat, zoals o.a. bleek uit een incubatieproef in deze grond, de nitrificatie pas laat in het voorjaar op gang komt zal door de tarweplanten NH_4 naast NO_3 opgenomen worden. Bij de opname en verwerking van NH_4 worden geen organische anionen (C—A) geproduceerd (Dijkshoorn et al., 1968) zodat om deze reden bij de grondculture een verschuiving naar de N-org.-as te verwachten is. Wanneer stikstof in lagere NH_4 -concentraties of als NO_3 (waterculture)

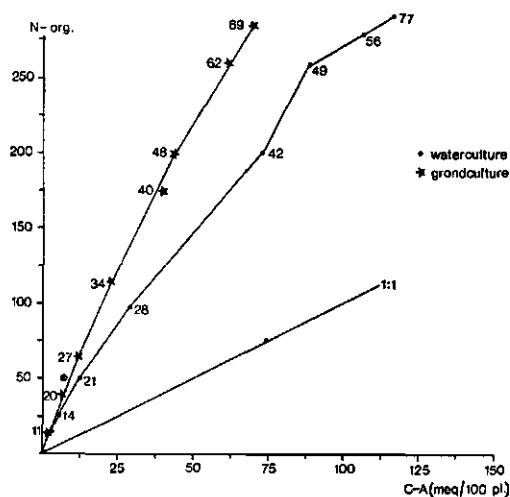


Fig. 51. N-org. en C—A (meq/100 pl.) in tarwe hoofdspuit op water- en grondculture.

Fig. 51. N org. and C—A (meq/100 pl.) in main shoot of wheat on soil and water culture.

wordt aangeboden, wordt verwacht dat de curven samenvallen, zoals dat voor die van de waterculture (fig. 26) en die van de matige N-gift bij de grondculture (fig. 49) nagenoeg het geval is.

Ook de opname en verdeling van voedingsstoffen bij de oudere tarweplanten (vanaf omstreeks de bloei) komen voor de potproef met grond en voor de waterculture overeen. Dit geldt niet alleen voor de volgorde van bewegelijkheid der componenten ($K > N = P > Mg > Ca > Cl$), maar evenzo voor de relatieve verdeling over de plantedelen. Bij onbeperkt aanbod van stikstof en fosfaat (waterculture) wordt voor beide bij de rijpe hoofspruit 65% in de aar en 15 à 20% in blad en stengel teruggevonden; bij de grondculture, waarin zeker geen optimale N-toestand verondersteld mag worden, is dit 85% voor de aar en 10 en 5% voor resp. blad en stengel. Dilz (1964) vond voor veldgewassen van tarwe en haver 75% van de stikstof in de korrel terug. Voor kaf (= aar minus korrel) kan in dit geval ongeveer 10% van de totale hoeveelheid stikstof gerekend worden.

Overigens wordt de relatie N-org.-(C—A) niet alleen in belangrijke mate beïnvloed door de aan- of afwezigheid van stikstof in wat voor vorm dan ook maar evenzo door de aan- of afwezigheid van chloride of sulfaat. De sterke verlaging van C—A in een systeem met overwegend chloride dat snel opgenomen wordt zoals bij de ON-toestand in de waterculture (6.3.2) wordt ten dele tegengewerkt wanneer ook een goed opneembaar kation zoals hier kalium aanwezig is. In een systeem met SO_4 als anion (Marschner & Ossenberg-Neuhaus, 1970) bleek de opname van kalium door afgesneden wortels en door intacte planten van gerst wel door Ca verlaagd te worden, terwijl bij een $CaCl_2$ -oplossing juist meer kalium opgenomen werd in vergelijking met een oplossing met lage Ca-concentratie. Men mag daarom verwachten dat mede afhankelijk van de begeleidende anionen het (C—A)-gehalte en onder invloed daarvan de opbrengst (De Wit et al., 1963) en ook de hoeveelheden en de verdeling der voedingsstoffen voor de plant zullen afwijken van een als referentie gekozen situatie.

Deling van de stikstofgift waarmee bedoeld wordt meer dan één gift per groei-periode (10.1) bleek in deze potproef te leiden tot dezelfde effecten op de opbrengst-bepalende factoren zoals die ook in veldproeven van Coic (1956) en De Jong (1969) gevonden werden (10.2.2.1 t/m 10.2.2.3). De uiteindelijke opbrengst (10.2.2.4) is voor de objecten met gedeelde bemesting voor de hier beschreven potproef echter niet hoger dan bij de eenmalige stikstofgift. De oorzaak hiervoor is allereerst het lage niveau van de mestgift ook al is deze met 840 mg N per pot van 2,5 kg grond en 10 planten per pot hoger dan de door Dilz (1964) voor potten met 6 kg grond en 20 planten aanbevolen eenmalige gift van 1200 mg stikstof per pot.

De hoge elementrendementen van 80–100% voor stikstof in deze potproef (11.2.2), die bovendien ook in veldproeven met dezelfde grond (Laboratorium voor Landbouwscheikunde, niet gepubliceerde gegevens) gevonden werden, wijzen erop dat in dit geval geen of zeer weinig kunstmeststikstof in de organische stof van de grond vastgelegd wordt. Alle stikstof kan dus direct opgenomen worden en heeft in het algemeen bij vroege toediening vooral invloed op het halmgetal, bij late toediening op het aantal korrels per aar en bij zeer late toediening vooral effect op het 1000-korrel-gewicht en

het N-gehalte van de korrel.

Het voordeel van langzaam ter beschikking komende stikstof in latere groeistadia is in deze grond niet aanwezig en bovendien dient in een dergelijk geval ook regelmatig stikstof aangeboden te worden om goede opbrengsten te verkrijgen. Dit laatste betekent dat op dit soort gronden, die bovendien droogte-gevoelig zijn, uit oogpunt van plantevoeding bemesting via beregening aan te bevelen is. Technische en economische bezwaren zullen praktische uitvoering hiervan echter in de weg staan.

Voor onderzoek over deling van stikstofbemesting en daarbij ook het voorspellen over het al of niet voordelig zijn van deze deling op bepaalde gronden, is het gebruik van het stikstofrendement als differentiërend kenmerk aan te bevelen. Omdat stikstof als belangrijkste voedingscomponent beschouwd moet worden voor een voldoende aantal aren en korrels, en ook het gewicht en de kwaliteit van de korrel er goeddeels door bepaald wordt, dient bij dit soort onderzoek meer nadruk gelegd te worden op de opname en verwerking van stikstof dan op de uiteindelijke korrel- en/of stro-opbrengst. De resultaten van de werkwijze van De Jong (1969) die het rendement van de vroeg gegeven stikstof bij gebrek aan gegevens over stikstof in het gewas uitdrukt als de meeropbrengst aan stro en/of korrel wijzen er al op dat een dergelijke benadering tot concrete voorspellingen over het te verwachten effect van stikstofdeling kan leiden. Uit laatst genoemd onderzoek en uit gegevens van de hier beschreven potproef blijkt tevens dat een lage N-toestand (Dilz, 1964) niet noodzakelijkerwijs een gunstig effect (dwz. hogere korrelopbrengst dan bij eenmalige bemesting) van deling der N-bemesting betekent.

De opname en verdeling van de andere voedingsstoffen dan stikstof wordt enerzijds bepaald door het aanbod, een zekere selectie bij de opname en de verplaatsing van voedingsstoffen van het ene plantedeel naar het andere. In verband met de opname werd al gewezen op het verschil tussen een systeem met chloride en een met sulfaat als begeleidend anion. Daarnaast wordt natrium wel opgenomen door de wortel maar zijn de hoeveelheden in de bovengrondse delen minimaal. Bij tarwe wijst dit op een selectie in het opname- en/of transportsysteem. Kalium daarentegen wordt door tarwe zowel in grond- als in waterculture in grote hoeveelheden opgenomen en getransporteerd. De verdeling van voedingsstoffen in de plant is kwalitatief eveneens voor water- en grondculture dezelfde maar in de planten op waterculture zullen de zgn. niet-bouw-elementen zich gemakkelijk ophopen waardoor kortdurende ingrepen in het aanbod (van kalium bv.) nauwelijks invloed hebben. Daarnaast zullen vooral bij de oudere planten waarbij een deel van het metabolische opname-mechanisme niet meer functioneert door de transpiratie zich voedingsstoffen in de transpirerende delen (bladeren o.a.) ophopen. Transpiratie in combinatie met hoog aanbod van kalium op één tijdstip (deling van K-bemesting zoals aangegeven in hoofdstuk 11.3.2, fig. 45) leidt tot een relatief hoog aandeel van calcium in blad en aar en een laag stengelaandeel, terwijl in de waterculture wanneer K door Ca vervangen wordt (object OK, hoofdstuk 6.3.2, tabel 16) hetzelfde gebeurt in blad en aar resp. stengel maar dan voor kalium. Dit verschijnsel werd door Isermann (1969, 1970) ook gevonden voor gerst en verklaard door uitwisseling van kationen aan de wanden van het transportweefsel die dan ver-

plaatst worden naar eindstandige delen. Bij gerst werd zodoende relatief en ook absoluut meer Ca teruggevonden in de kafnaalden en voor het geval deze verwijderd werden in het bovenste deel van de aar (de korrel werd niet apart onderzocht). De hoeveelheid Ca in graankorrels speelt voor zover bekend geen rol voor de kwaliteit van het meel. De verschijnselen van stip bij appels en neusrot bij tomaten welke toegeschreven worden aan tekort aan calcium en aanleiding geven tot vruchten van mindere kwaliteit zouden echter wellicht voorkomen kunnen worden door een ingreep in de verdeling van calcium. Dit zou kunnen door een gedeelde kalium-, of mogelijk magnesiumbemesting waarbij uiteraard de hoogte van de gift, het tijdstip waarop deze wordt toegediend en de andere omstandigheden duidelijk onderzocht dienen te worden. De praktische maatregelen zoals bespuiten met Ca-zouten die thans getroffen worden om met name stip in appels te voorkomen (Literatuur overzichten bij Fischer (1967), Van der Boon et al. (1970)) hebben bezwaren voor de kwaliteit van het oogstproduct terwijl de resultaten van de bespuitingen t.a.v. de symptomen in het algemeen nogal teleurstellend zijn. De Ca-toestand van de grond blijkt niet gecorreleerd te zijn met de symptomen en de kwaliteit van het produkt zodat kalkgiften geen effect hebben. Het is echter te verwachten dat een niet te hoge gedeelde K-bemesting een praktische mogelijkheid biedt het Ca-niveau in de vrucht te verbeteren.

Uit het hier beschreven onderzoek blijkt dat door de wijze van voeden zoals variatie in concentratie en tijd van toedienen, invloed kan worden uitgeoefend op het transport en de daaruit voortvloeiende verdeling van anorganische en organische bestanddelen van de plant.

Nader onderzoek zal moeten uitwijzen in hoeverre dit voor de praktijk zal leiden tot een doelmatiger gebruik van meststoffen en kwalitatief beter oogstproduct.

Samenvatting

Het onderzoek heeft betrekking op de invloed van intermitterende voeding op ontwikkeling en groei, opname, verdeling en herverdeling van voedingsstoffen bij tarwe.

Deze intermitterende voeding werd bereikt door tijdens bepaalde ontwikkelingsfasen (uitstoeling, strekking, bloei, rijping) in watercultures stikstof, kalium of alle voedingsstoffen te vervangen of weg te laten en na een periode van 14, 28 of meer dagen weer volledige voeding toe te dienen. In de proeven met grond werden variërende giften vóór het zaaien van stikstof, kalium of beide tijdens de fase der uitstoeling, de aarvorming of de bloei aangevuld tot de hoogste eenmalige gift. De proefopzet komt zodoende overeen met die van veldproeven met gedeelde bemesting. Om veranderingen tijdens de ontwikkeling te kunnen nagaan werden periodiek planten geoogst en de hoofdspruiten van deze gesplitst in blad, stengel (+ bladschede) en aar (verdeeld naar korrel en kaf).

De ontwikkeling van de proefplanten blijkt wanneer men alleen de hoofdspruiten beschouwt voor water- en grondcultures en volgens gegevens uit de literatuur ook voor veldproeven vergelijkbaar te zijn. De ontwikkeling van zijspruiten gaat bij continue aanbod van voedingsstoffen, met name stikstof (watercultures), onbeperkt door. In grondculture worden overeenkomstig de veldsituatie slechts 2,5 aardragende spruiten per plant ontwikkeld.

De resultaten van de korrel- en stro-opbrengsten, van het halmgetal, het aantal korrels per aar en het (1000)-korrel-gewicht werden voor de hele plant en voor hoofd- en zijspruiten afzonderlijk bestudeerd.

De opname van voedingsstoffen en de veranderingen daarin door de genoemde behandelingen in de jonge tarweplanten (vóór de bloei) werd voor elke nutrient apart beschreven en samengevat door middel van de relatie N-org. versus C—A (= organische anionen). Het verschil hierbij tussen water- en grondculture werd verklaard door verschil in stikstof-vorm (NO_3 in waterculture en deels NH_4 in grondculture). In de oudere plant treden verliezen aan kalium naar het wortelmilieu op (althans bij grondcultures), worden stikstof en fosfaat binnen de plant herverdeeld zodanig dat netto-verlies uit blad en stengel (stikstof) en blad (fosfaat) ten gunste van de aar optreedt en nemen de hoeveelheden calcium, magnesium, chloride en sulfaat in de hele hoofdspruit en meestal ook in de delen daarvan toe tot het einde van de groeiperiode.

De verplaatsing van voedingsstoffen binnen de plant en dus ook de mate van herverdeling hangt niet alleen samen met het aanbod in het voedingsmilieu maar ook met de relatie opname en drogestofproductie. Voedingsstoffen waarvan de opname door de jonge plant vooruitloopt op de drogestofproductie ($K > N = P$) worden meer

verplaatst dan die (Ca, Mg en Cl) waarvan de opname nagenoeg parallel loopt met de drogestofproductie.

Tevens blijkt zowel uit de water- als uit de grondculture dat een onregelmatig aanbod van voedingskationen (bv. K) kan leiden tot vervanging van andere kationen (Ca bv.) in het transportweefsel waardoor relatief (t.o.v. continu aanbod) meer van de laatstgenoemde in de transpirerende delen terecht komt.

Summary

The influence of intermittent nutrition on dry-matter production, on contents (meq/kg) and amounts (meq per plant) of inorganic nutrients was studied in water and soil cultures with wheat as a test crop.

From the results of this study notably from chapters 9 and 12 it is clear that differences between the techniques of water (2.1.1) and soil cultures (2.2.1) do not lead to essential differences in growth and development of wheat plants. Supplying nutrients at a constant level (water culture) brings about a different way of ripening (4.3) and no losses of dry matter from plant parts (fig. 8). But the character of a normal seed-bearing annual is the same as in soil culture where the store of nutrients decreases during growth. This holds for main shoots and tillers (with and without ears); the number of the latter increases in water culture as long as nutrients, especially nitrogen, are supplied and conditions such as light and temperature are favourable for growth (Aspinall 1961, 1963; section 4.2).

According to Dilz (1964) data of dry matter and N uptake from pot and field trials are only comparable if based on dry matter of plants grown with these techniques and not on number of plants, weight or soil surface (per pot or per field plot). In this pot trial with soil the average of 2.5 culms per plant is in agreement with the number normally (Brouwer, 1970) found for spring wheat in the field. When inner plants of the pot bear less tillers than outer plants (light side) this is called the 'side effect' (Dilz, 1964). Water culture plants with very pronounced tillering show this effect but in soil culture with 10 plants per pot of which 6 to 7 are outer plants the effect is of none importance. New tillers with or without few and small grains only develop with low (105 mg N per pot) dressings before sowing and suppletion of nitrogen at a very late stage of development (10.2.2.1 treatments 112 and 113). This situation is normally not found in the field because of light shortage.

Values of main shoots from water and soil cultures as well as from field trials are similar. Therefore these main shoots must be to some degree independent from the tillers. Young tillers need the leaves and root system of their parents to get carbohydrates, water and nutrients. But in wheat plants at the stage of shooting Quinlan & Sagar (1962) found no transport of ^{14}C from main shoot to tillers or in the opposite direction. This was verified by Williams (1964) with timothy. From this stage on the conclusion of independence of main shoots and tillers, seems reasonable. By comparing only main shoots the influence of treatments 0N, 0K, split application of nitrogen and potassium on numbers of tillers (Chapter 5, 10.2.2.1, Fig. 33, Table 24) is excluded.

With the technique of water culture used in these trials it is not possible to distin-

guish between roots of main shoots and tillers. In soil culture a part of the older roots is lost by cleaning them (Fig. 29). Therefore the balance of uptake, assimilation and excretion of nutrients will be incomplete although the amounts of nutrients in the roots of older plants are far less than in the aerial parts.

The influence of intermittent nutrition in water cultures and split application of N, K and N + K in soil culture on chemical composition of main shoots of young wheat plants is summarized in Fig. 51 by the relationship N-org. vs. C—A (= organic anions). According to Dijkshoorn et al. (1969) with rye grass, uptake and reduction of NO_3 in aerial parts (leaves) results in production of organic nitrogen and an equivalent amount of organic anions (carboxylates) from which a part is translocated to the roots for maintaining the process of cation and anion uptake by decarboxylation and exchange of H^+ and HCO_3^- . The main shoots of wheat (and according to Fig. 11 the same holds for the tillers) grown under optimum conditions (as supposed for water culture) retain, in the period of 35 to 49 days after emergence (Fig. 10) nearly 1000 meq of carboxylates per kg of dry matter. This content decreases gradually in older plants (Fig. 10).

Usually for cereals excess uptake of anions, especially nitrate, results in an alkaline effect in the growth medium (in the water culture this was corrected by refreshing the solutions (Table 2) twice a week) and in a store of nitrate (and sulphate) in the plant. The difference between the N-org. and C—A relationship for water culture (Figs. 51 and 26, treatment NPK) and soil culture (Figs. 51 and 49, treatment 130, i.e. 840 mg N and 400 mg K_2O per pot before sowing) can be explained by the difference in N source. In water culture all nitrogen was given as NO_3 , in the soil NH_4NO_3 was used and from an incubation trial it was evident that NH_4 was available for uptake at least until day 60 after emergence. Uptake of NH_4 ions suppresses the uptake of metallic cations and positive charge of NH_4^+ is eliminated without production of organic anions (C—A). This results in, relative to the water culture, a high N-org. content and a low C—A content as expressed in Fig. 51. Withdrawal of nitrogen (waterculture) or low dressings of nitrogen (soil culture) lead to a relative decrease of N-org. against C—A production; the latter, according to Dijkshoorn et al. (1969), proceeds slowly in the roots by using HCO_3^- . In soil culture (Fig. 49) there is the same process but because of mineralisation of nitrogen the transition is smoother than in water culture (Fig. 26) from which nitrate is withdrawn and replaced by chloride (treatment 0 and 0N).

Uptake, distribution and redistribution in older (from flowering on) main shoots of wheat are also in good agreement for water and soil culture. The order of mobility $\text{K} > \text{N} = \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Cl}$ is the same for both. This mobility is, as regards translocation (redistribution), connected with uptake and dry-matter production for young plants as represented in Fig. 27 (Chapter 9) for water culture and in Fig. 50 (Chapter 12) for soil culture. Potassium is supposed to be the most mobile nutrient in this cereal because of the fast uptake of this element relative to dry-matter production in young shoots (Figs. 27 and 50) and because from the older plant part is retranslocated to the root medium. (Fig. 45). Nitrogen and phosphorus are only redistributed within the shoots; P from stalks only, N from leaves and stalks. In water culture (Fig. 13) 65%

of both nutrients are found in the ears and 15 to 20% in leaves and stalks of main wheat shoots. In soil culture (Fig. 40) these values for nitrogen were 85, 10 and 5% for ears, leaves and stalks respectively. Dilz (1964) found in field trials with wheat and oats, 75% of total nitrogen in the grains (for chaff (= ear minus grain) 10% of total nitrogen can be used) The amounts of Mg, Ca and Cl increase in all parts of the plant until the end of the growth period, for these elements no net losses are found; more Mg than Ca is found in the ear (grains) so that Mg is probably more mobile. By decomposition of proteins in older plants some sulphur is stored as SO_4 in leaves. The amounts of Na in aerial parts of wheat (also in water culture with 1 meq Na per liter) are very low, especially if compared with K; in roots the contents are higher but still to low to influence (C—A) contents.

Uptake and distribution of nutrients are generally determined by the qualitative and quantitative supply in the growth medium, the selection of the uptake mechanism and the translocation from one plant part to another. An example of different N source (NH_4 or NO_3) was already given. But also in a system with SO_4 or Cl as anions (Marschner & Ossenberg-Neuhaus, 1970) differences in amounts taken up and mobility influence (C—A) content and the distribution in the different plant parts.

As was seen in Table 9 Na is taken up by roots in large amounts. However the small amounts found in aerial parts of wheat, points to a selectivity in the transport system for Na. As opposed to Na, K is taken up by cereals in large quantities and is transported easily.

With water culture the continuous uptake of nutrients leads to stores so that changes in supply of nutrients (e.g. K) during short intervals do not influence development and growth of plants and only have a small effect on distribution. If, as in older plants, transpiration is important changes in uptake and distribution can be found. With split application of K (Section 11.3.2, Fig. 45) in soil culture, Ca in leaves and ears (transpiring parts) was higher than in stalks. In water culture replacing K by Ca (treatment 0K, section 6.3.2, Table 16) the same is found for potassium. These results can be explained by exchange of ions in the transport system (Isermann, 1969, 1970) and translocation of the exchanged ions to transpiring parts. The amount of Ca does not seem to influence the quality of grain of cereals.

By split application of nitrogen (in this pot trial (Fig. 6) suppletion of N on day 34, 62 and 90 after emergence i.e. at tillering, earing and flowering), the effect on yield-determining factors (Fig. 38, 10.2.2.1 till 10.2.2.4) is the same as under field conditions (Coic, 1956; de Jong, 1969). Nitrogen applied during tillering and shooting has the most important influence on the number of culms whereas nitrogen dressed at earing and their flowering gives more grains per ear and a higher (1000) grain weight. Yet none of the treatments with split application of nitrogen outyielded (10.2.2.4) the dressing of 840 mg N per pot before sowing (treatment 130). Related to this, soils with low level of available soil nitrogen give a remarkable effect on grain yield (Dilz, 1964). In field trials (de Jong, 1969) no close correlation was found between yields of the untreated plots (controls) and the effect of nitrogen (dressings in one or split application and expressed as yields of grains resp. straw) was found. To be able to forecast the

effect of split application of N on different soil types as was tried by de Jong (1969), it would be better to use the uptake of nitrogen (kg/ha) either by grain or straw or both instead of dry-matter production (kg/ha of grains and straw) because in humid areas nitrogen is the most important factor for determining yield.

Literatuur

- Achtnich, W., 1954. Der Einfluss zeitlich variierter Nährstoffgaben auf den Ertrag bei Gerste und Hafer. Z. Acker- PflBau 99: 273-294.
- Alberda, Th. J., 1965. The influence of temperature, light intensity and nitrate concentration on dry matter production and chemical composition of *Lolium perenne* L. Neth. J. agric. Sci. 13: 335-360.
- André, G. M., 1912. Sur la conservation des matières salines pendant la cours de la végétation d'une plants anuelle. C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris 26: 1379-1382.
- Arnold, G. H. & K. Dilz, 1970. Stikstofbemesting van granen. 20. Produktie van kwaliteitstarwe door middel van stikstofoverbemesting op proefvelden in de praktijk. Stikstof 6: 135-140.
- Aspinall, D., 1961. The control of tillering in the barley plants. I. The pattern of tillering and its relation to nutrient supply. Aust. J. biol. Sci. 14: 493-505.
- Aspinall, D., 1963. The control of tillering in the barley plants. II. The control of tiller bud growth during ear development. Aust. J. biol. Sci. 16: 285-304.
- Ballard, L. A. T. & A. H. K. Petrie, 1936. Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. 1. The effect of N supply on the growth of the plant and its parts. Aust. J. exp. Biol. med. Sci. 14: 135-152.
- Barley, K. P. & N. A. Naidu, 1964. The performance of three Australian varieties at high levels of nitrogen supply. Aust. J. exp. Agric. Anim. Husb. 4: 39-45.
- Berthold, G., 1930. Zur Kenntnis der Wirkungen eines plötzlichen Nährsalzentzuges beim Mais. Z. Bot. 23: 94-131.
- Boon, J. van der, B. J. van Goor & L. K. Wiersum, 1970. Discussion-meeting on bitter pit in apples. Techn. Commun. Int. Soc. Hort. Sci. 16: 3-31.
- Bremner, P. M., 1969. Effects of time and rate of nitrogen applications on tillering, sharp eyespot (*Rhizoctonia solani*) and yield in winter wheat. J. agric. Sci., Camb. 72: 273-280.
- Brenchley, W. E., 1929. The phosphate requirement of barley at different periods of growth. Ann. Bot. 43: 88-111.
- Brouwer, W., 1970. Handbuch des speziellen Pflanzenbaues. Paul Parey, Berlin - Hamburg.
- Brouwer, R., P. J. Jenneskens & G. J. Borggreve, 1961. Growth responses of shoots and roots to interruptions of the nitrogen supply. Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass. 1961: 29-37.
- Burd, J. S., 1919. Rate of absorption of soil constituents at successive stages of plant growth. J. agric. Res. 18: 51-72.
- Burg, P. F. J. van, 1958. De overbemesting van granen door middel van ureum-bespuiting. Stikstof 2: 182-189.
- Burg, P. F. J. van, 1959. De invloed van een stikstofoverbemesting op granen: het verdelen van de totaal benodigde hoeveelheid stikstof over voorjaarsgift en late overbemesting. Stikstof 2: 338-342.
- Chambers, W. E., 1953. Nutrient composition of the produce of the Broadbalk continuous wheat experiment. III. Changes during one season's growth. J. agric. Sci. 43: 473-484.
- Coic, Y., 1956. La nutrition et la fertilization azotée du blé d'hiver. 1-4. Annls agron. 1956: 115-131.
- Coic, Y. & E. Jolivet, 1953. La fertilization azotée semi-tardive et tardive du blé d'hiver. 1. Action sur le rendement. C. r. hebd. Séanc. Acad. Agric. Fr. 39: 741-744.
- Curtis, O. F. & D. G. Clark, 1950. An introduction to plant physiology. McGraw Hill, London.

- Deleano, N. T. & P. Gotterbarm, 1936. Beiträge zum Studium der Rolle und Wirkungsweise der Mineral- und organischen Stoffe im Pflanzenleben. III. Der qualitative Stoffwechsel der Mineral- und organischen Substanzen des Roggens und der Gerste. Beitr. Biol. Pfl. 24: 19-49.
- Dilz, K., 1964. Over de optimale stikstofvoeding van granen. Versl. landbouwk. Onderz. 641.
- Dilz, K., 1968. Stikstofbemesting van granen. 8. Gedeelde stikstofgiften op winter- en zomertarwe. Stikstof 5: 471-481.
- Dilz, K., 1969. Stikstofbemesting van granen. 17. Stikstofhoeveelheden, gedeelde stikstofgiften en CCC op wintertarwe. Stikstof 6: 11-15.
- Dobben, W. H. van, 1958. Het effect van hittedschade bij granen tijdens de bloei. Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass. 1958: 21-29.
- Dobben, W. H. van, 1959. Enige waarnemingen over de stikstofhuishouding van tarwe en maanzaad. Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass. 1959: 93-106.
- Dobben, W. H. van, 1960. De invloed van de weersomstandigheden op het rendement van de late stikstofbemesting bij winterrogge in de jaren 1956/1959. Stikstof 3: 71-87.
- Dobben, W. H. van, 1961. De stikstofhuishouding van tarwe en maanzaad. Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass. 1961: 45-61.
- Dobben, W. H. van, 1962a. De verdeling van droge stof over de organen bij granen en gras in afhankelijkheid van de stikstofvoorziening. Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass. 1962: 77-89.
- Dobben, W. H. van, 1962b. Gedeelde stikstofgiften bij granen. Stikstof 3: 368-372.
- Dobben, W. H. van, 1965a. De stikstofbemesting van granen. Buffer 11: 7-12.
- Dobben, W. H. van, 1965b. Neue Gesichtspunkte auf dem Gebiet der Roggendüngung mit Stickstoff in West-Europa. Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass. 1965: 75-81.
- Doughty, L. R. & F. L. Engledow, 1928. Investigations on yield in the cereals. V. A study of four wheat fields, the limiting effect of population density on yield and an analytical comparison of yield. J. agric. Sci., Camb. 18: 317-346.
- Dijkshoorn, W., D. J. Lathwell & C. T. de Wit, 1968. Temporal changes in carboxylate content of ryegrass with stepwise changes in nutrition. Pl. Soil 29: 369-390.
- Egmond, F. van & V. J. G. Houba, 1970. Production of carboxylates (C—A) by young sugar-beet plants grown in nutrient solution. Neth. J. agric. Sci. 18: 182-187.
- Engel, H., 1929. Beiträge zur Kenntnis des Stickstoffumsatzes grüner Pflanzen. Planta 7: 133-165.
- Feekes, W., 1941. De tarwe en haar milieu. Versl. tech. Tarwe Comm. 17: 560-561.
- Fisher, H., 1967. Herbstliche Rückwanderung aus den Blättern. In: W. Ruhland, ed., Handbuch der Pflanzenphysiologie. Band 13: Der Stofftransport in der Pflanze. Springer, Berlin - New York.
- Fox, J. E., 1969. The cytokinins. In: M. B. Wilkins, ed., Physiology of plant growth and development. McGraw-Hill, London.
- Gericke, W. F., 1924a. The beneficial effect to plant growth of the temporary depletion of some of the essential elements in the soil. Science, N. Y. 49: 321-324.
- Gericke, W. F., 1924b. The beneficial effect to wheat growth due to depletion of available phosphorus in the culture media. Science, N. Y. 50: 297-299.
- Gericke, W. F., 1925. Salt requirements of wheat at different growth phases. Bot. Gaz. 80: 410-426.
- Gregory, F. G., 1937. Mineral nutrition of plants. Ann. Rev. Biochem. 6: 557-579.
- Gros, A., 1954. Les résultats pratiques des épandages tardifs d'azote sur le blé. Bull. Engrais 359: 12-18.
- Hartman, Th. A., 1959. Invloed van hittedschade tijdens de bloei van granen. Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass. 1959: 107-115.
- Hendricks, S. B., 1966. Salt entry in plants. Proc. Soil Sci. Soc. of Am. 30: 1-7.
- Heukeshoven, W., 1930. Der zeitliche Verlauf der Nährstoffaufnahme. Forschungsdienst 2: 12-24.
- Heyland, K. U., 1961. Untersuchungen über die Bedeutung der Ernährung mit N, P und K in verschiedenen Entwicklungsstadien für den Ertrag des Sommergersten. Arb. landw. Hochsch. Hohenheim 7.

- Heyland, K. U., 1963. Wasserkulturversuche mit zeitlich gestaffelten NPK-gaben. Z. Acker- u. PflBau 11: 68-83.
- Houba, V. J. G., F. van Egmond & E. M. Wittich, 1971. Changes in production of organic nitrogen and carboxylates (C—A) in young sugar-beet plants grown in nutrient solutions of different nitrogen composition. Neth. J. agric. Sci. 19: 39-48.
- Isermann, K., 1969. Aufnahme und Verlagerung von Calcium bei der höheren Pflanze. Diss. Hohenheim.
- Isermann, K., 1970. Der Einfluss von Adsorptionsvorgänge im Xylem auf die Calcium-Verteilung in der höheren Pflanze. Z. Pfl. Ern. Düng. Bodenk. 126: 191-204.
- Itallie, Th. B. van, 1937. Het verloop van de opname van stikstof, fosforzuur en kali door verschillende gewassen te velde. Versl. landbouwk. Onderz. 43: 13-54.
- Jong, J. G. de, 1969. De invloed van de vruchtbaarheid van de grond op het effect van gedeelde stikstofgiften bij wintertarwe. Stikstof 6: 4-11.
- Jonker, J. J., 1964. De stikstofbemesting van granen in de IJsselmeerpolders. Stikstof 4: 206-212.
- Jonker, J. J. & G. J. de Jong, 1966. Invloed van gedeelde stikstofgiften en van CCC op de opbrengst van granen in Oostelijk Flevoland. Stikstof 5: 160-174.
- Jungk, A., 1968. Die Alkalität der Pflanzenasche als Mass für den Kationenüberschuss in der Pflanze. Z. Pfl. Ern. Düng. Bodenk. 120: 99-105.
- Keller, Chr. & M. Baggiolini, 1954. Les stades repères dans la végétation du blé. Revue romande Agric. Vitic. Arboric. 10: 17-21.
- Kent-Jones, D. W. & A. J. Amos, 1950. Modern cereal chemistry. 4th ed. North. Publ. Co., Liverpool.
- Knowles, F. & E. J. Watkin, 1931. The assimilation and translocation of plant nutrients in wheat during growth. J. agric. Sci. 21: 612-637.
- Kürten, P. W., 1964. Die Düngung von Qualitätsweizen. Boden Pfl. Landw. Schriftenreihe 11: 32-48.
- Langer, R. H. M., 1956. Growth and nutrition of timothy (*Phleum pratense*) I. The life history of individual tillers. Ann. appl. Biol. 44: 166-183.
- Langer, R. H. M., 1957. Growth and nutrition of timothy (*Phleum pratense*). II. Growth of the plant in relation to tiller development. Ann. appl. Biol. 45: 528-541.
- Langer, R. H. M., 1966. Mineral nutrition of grasses and cereals. In: F. L. Milthorpe & D. J. Ivins, eds., The growth of cereals and grasses. Butterworths, London.
- Large, E. C., 1954. Growth stages in cereals. Pl. Path. 3: 128-129.
- Lawton, K. & R. L. Cook, 1954. Potassium in plant nutrition. Adv. Agron. 6: 253-303.
- Leopold, A. C., 1949. The control of tillering in grasses by auxin. Am. J. Bot. 36: 437-440.
- Leopold, A. C., 1955. Auxin and plant growth. California University Press.
- Liebscher, G., 1887. Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre. J. Landwirt. 35: 335-519.
- Liese-gang, H., 1927. Kaliversuche mit Mais in Wasserkultur bei vergleichsweise zeitweilig geänderter Kalidarbietung. Ernähr. Pfl. 23: 113-117.
- Löhr, E., 1953. Die Redistribution von Kalium in Getreide. Physiologia Pl. 6: 859-863.
- Loehwing, W. F., 1953. Mineral nutrition in relation to ontogeny of plants. In: E. Truog, ed., Mineral nutrition of plants. University of Wisconsin Press, Wisconsin.
- Loehwing, W. F., 1942. Nutritional factors in plant growth and development. Proc. Iowa Acad. Sci. 49: 61-112.
- Lungegärdh, H. & R. L. Mitchell, 1951. Leaf analysis. Hilger & Watts. Ltd. London.
- Marschner, H. & H. Ossenberger-Neuhaus, 1970. Bedeutung des Begleitnions bei den Wechselbeziehungen zwischen K^+ und Ca^{++} im Bereich hoher Aussenkonzentrationen. Z. PflErn. Düng. Bodenk. 126: 217-229.
- McLean, E. O., 1957. Plant growth and uptake of nutrients as influenced by levels of nitrogen. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 21: 219-223.
- McNeal, F. H. & D. J. Davies, 1966. Protein content of wheat kernels from different parts of the spike. Agron. J. 58: 635-636.

- Meier, B. S., D. B. Anderson & R. H. Böhring, 1960. Plant physiology. Nostrand Company, Princeton, New-Yersey.
- Mengel, K. & H. Forster, 1968. Der Einfluss einer zeitliche variierten, unterbrochenen K-Ernährung auf Ertrags- und Qualitätsmerkmale von Gerste. Z. Acker- u. PflBau 127: 317-326.
- N. N., 1968. Blé, la date d'apport de la fumure azotée et son fractionnement éventuel. Bul. Engrais 503: 15-18.
- Os, A. J. van, 1966. De invloed van de stikstofvoeding op de distributie der assimilaten bij zomerrogge. Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass. 1966: 51-65.
- Paxinos, St. A., 1933. Die Nährstoffaufnahme der Pflanze aus ständig sich erneuernder (durchfließender) Nährlösung. Z. PflErn. Düng. Bodenk. 28: 1-36.
- Petrie, A. H. K., 1936. Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. 1. The effect of nitrogen supply on the growth of the plant and its parts. Aust. J. exp. Biol. med. Sci. 14: 135-142.
- Petrie, A. H. K., 1937. Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. 3. The effect of N supply on the drifting composition of the leaves. Aust. J. exp. Biol. med. Sci. 15: 385-392.
- Philip, D. J., 1969. Apical dominancy. In: M. B. Wilkins, ed., Physiology of plant growth and development. McGraw-Hill, London.
- Primost, E., 1965. Die Düngung im Getreidebau. In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Band III. Springer, Wien - New York.
- Quinlan, J. D. & G. R. Sagar, 1962. An autoradiographic study of the movement of ^{14}C -labelled assimilates in the developing wheat plant. Weed Res. 2: 264-273.
- Remy, Th., 1931. Der Verlauf der Nahrungsaufnahme und das Düngerbedürfnis der Kulturgewächse. Ernähr. Pfl. 27: 301-318.
- Ringoet, A. & D. de Zeeuw, 1968a. Discrimination between calcium and strontium in oat plants. I. Influence of the growth stage of the plants and of the osmotic potential of the root medium. Z. Pflanzenphysiol. 59: 238-248.
- Ringoet, A. & D. de Zeeuw, 1968b. Discrimination between calcium and strontium in oat plants. II. Relation to the differential chemical binding of both ions. Z. Pflanzenphysiol. 59: 249-257.
- Rawson, H. M. & C. M. Donald, 1969. The absorption and distribution of nitrogen after floret initiation. Aust. J. agric. Res. 20: 799-808.
- Rippel, A. & O. Ludwig, 1926. Untersuchungen über physiologische Gleichgewichtszustände bei Pflanzen. Verlauf der Trockensubstanzerzeugung und Stickstoffaufnahme bei *Helianthus annuus* L. unter verschiedener Höhe der Stickstoffversorgung. Biochem. Z. 177: 310-334.
- Rippel, A., 1927. Über den Zusammenhang zwischen dem Aufnahmeverlauf der Bodennährstoffe bei den höheren Pflanzen und der Beweglichkeit dieser Stoffe in der Pflanze. Biochem. Z. 187: 272-283.
- Russel, E. J., 1931. Fertilization in modern agriculture. Bull. Minist. Agric. 28: 1-229.
- Sande Bakhuizen, H. L. van de, 1937. Studies on wheat grown under constant conditions. A monograph on growth. Fd Res. Inst. Stanford Univ. Misc. Publ. 8.
- Schuffelen, A. C., J. J. Lehr & M. Rosanow, 1952. The technique of pot experiments. Trans. int. Soc. Soil Sci. 2: 263-268.
- Schuffelen, A. C., A. Mulder & J. Ch. van Schouwenburg, 1966. Quick tests for soil and plant analysis used in small laboratories. Neth. J. agric. Sci. 9: 2-20.
- Snedecor, G. W., 1956. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. 5th ed. Iowa State University Press, Ames.
- Söding, H., 1952. Die Wuchsstofflehre. Thieme Verlag, Stuttgart.
- Stenlid, G., 1958. Salt losses and redistribution of salts in higher plants. In: W. Ruhland, ed., Handbuch der Pflanzenphysiologie, Band IV, Springer, Berlin - New York.
- Stoy, V., 1965. Photosynthesis, respiration and carboxylate accumulation in spring wheat in relation to yield. Physiologia Pl. Suppl. 4: 1-125.
- Thomas, M. D., R. H. Hendriks, L. B. Bryner & G. R. Hill, 1944. A study of the sulphur metabolism of wheat, barley and corn using radioactive sulphur. Physiol., Lancaster 19: 227-244.
- Thorne, G. N., 1962. Effect of applying nitrogen to cereals in the spring or at ear emergence. J. agric. Sci., Camb. 58: 89-97.

- Tuil, H. D. W. van, J. E. M. Lampe & W. Dijkshoorn, 1964. The possibility of relating the ash-alkalinity to the organic salt content. *Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass.* 1964: 157-160.
- Tuil H. D. W. van, 1965. Organic salts in plants in relation to nutrition and growth. *Versl. landbouwk. Onderz.* 657.
- Wagner, H., 1932a. Zum Wachstumverlauf verschiedener Getreidearten ins besondere von Hafer. I. Z. Pflern. Düng. Bodenk. 25: 48-102.
- Wagner, H., 1932b. Beiträge zum Wachstumverlauf und zur Nährstoffaufnahme der Zuckerrübe im ersten und zweiten Wachstumsjahr. II. Z. Pflern. Düng. Bodenk. 25: 129-155.
- Wagner, H., 1932c. Beiträge zum Wachstumverlauf landwirtschaftlicher Nutzpflanzen. III. Mais, Buchweizen, Senf, Tabak und Mohn. Z. Pflern. Düng. Bodenk. 26: 8-57.
- Walkley, J., 1940. Protein synthesis in mature and senescent leaves of barley. *New Phytol.* 39: 262-274.
- Walkley, J. & 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.
- Wardlaw, J. F. & H. K. Porter, 1967. The redistribution of stem sugars in wheat during grain development. *Aust. J. biol. Sci.* 20: 309-318.
- Watson, D. J., 1936. The effect of applying a nitrogenous fertiliser to wheat at different stages of growth. *J. agric. Sci.* 26: 391-414.
- Wellington, P. S., 1966. Germination and seedling emergence. In: F. L. Milthorpe & D. J. Ivins, eds, *The growth of cereals and grasses.* Butterworths, London.
- Willenbrink, J., 1967. Der Transport der phosphor- und schwefelhaltigen Verbindungen. In: W. Ruhland, ed., *Handbuch der Pflanzenphysiologie.* Band 13: *Der Stofftransport in der Pflanze.* Springer, Berlin - New York.
- Wilfarth, H., H. Römer & G. Wimmer, 1906. Über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen in verschiedenen Zeiten ihres Wachstums. *Landw. Versstn.* 63: 1-71.
- Williams, R. D., 1964. Assimilation and translocation in perennial grasses. *Ann. Bot., N. S.* 28: 419-426.
- Williams, R. F., 1936. Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. 2. The effect of phosphorus supply on the growth of the plant and its parts. *Aust. J. exp. Biol. med. Sci.* 14: 165-184.
- Williams, R. F., 1938. Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. 4. The effect of phosphorus supply on the total, protein, and soluble N contents and water content of the leaves and other plant parts. *Aust. J. exp. Biol. med. Sci.* 16: 65-84.
- Williams, R. F., 1955. Redistribution of mineral elements during development. *A. rev. Pl. Physiol.* 6: 25-65.
- Williams, R. D., 1957. Growth and nutrition of timothy (*Phleum pratense*). III. Absorption and distribution of nitrogen, phosphorus and potassium during the first year of growth. *Ann. appl. Biol.* 45: 664-673.
- Wit, C. T. de, W. Dijkshoorn & J. C. Noggle, 1963. Ionic balance and growth of plants. *Versl. landbouwk. Onderz.* 69. 15.
- Wittenrood, H. G., 1957. Grafische voorstelling van de ontwikkeling van een plant. *Jaarb. Inst. biol. scheik. Onderz. LandbGewass.* 1957: 87-95.
- Wood, J. G. & B. S. Barien, 1939a. Studies on the sulphur metabolism in plants. I. Preliminary investigations on the effects of different external concentrations of sulphate, ammonia and cystine on the sulphur containing compounds in leaves. *New Phyt.* 38: 125-149.
- Wood, J. G. & B. S. Barien, 1939b. Studies on the sulphur metabolism in plants. III. On changes in amounts of protein sulphur and sulphate sulphur during starvation. *New Phyt.* 38: 265-272.
- Wood, J. G., 1942. Metabolism of sulphur in plants. *Chronica bot.* 7: 1-5.
- Yoshida, F., 1964. Interrelationships between potassium and magnesium absorption by oats (*Avena sativa* L.). *Versl. landbouwk. Onderz.* 642.
- Zattler, F., 1934. Beiträge der Nährstoffaufnahme der Pflanze. Wasserkulturversuch mit Hopfen bei zeitweiliger Darbietung und Entziehung. *Prakt. Bl. PflBau PflSchutz* 12: 99-155.