NN 08201 AE 554

Stikstofvoeding, bodembehandeling en stikstofbemesting bij vruchtbomen (appel, peer)

BIBLIOTHEEK
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL
GEN. FOULKESWEG 1a
WAGENINGEN

P. Delver

NN08201.554

Stikstofvoeding, bodembehandeling en stikstofbemesting bij vruchtbomen (appel, peer)

Aan mijn ouders
Aan mijn vrouw

Dit proefschrift met stellingen van Piet Delver, landbouwkundig ingenieur, geboren te Djakarta (Indonesië) op 21 april 1921, is goedgekeurd door de promotor, dr. A. C. Schuffelen, hoogleraar in de landbouwscheikunde.

De rector magnificus van de Landbouwhogeschool
H. A. Leniger

Wageningen, 28 maart 1973

P. Delver

Stikstofvoeding, bodembehandeling en stikstofbemesting bij vruchtbomen (appel, peer)

Proefschrift
ter verkrijging van de graad van
doctor in de landbouwwetenschappen,
op gezag van de rector magnificus, prof. dr. ir. H. A. Leniger,
hoogleraar in de technologie,
in het openbaar te verdedigen
op vrijdag 1 juni 1973 des namiddags te vier uur
in de Aula van de Landbouwhogeschool te Wageningen

Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie

Wageningen - 1973

Abstract

DELVER, P. (1973) Stikstofvoeding, bodembehandeling en stikstofbemesting bij vruchtbomen (appel, peer), (Nitrogen nutrition, soil management and nitrogen dressing of fruit crops (apple, pear)). Doctoral thesis, Wageningen. ISBN 90 220 0432 5, (viii)+187 p., 80 figs, 33 tbs, 175 refs. Eng. summary.
Also: Versl. landbouwk. Onderz. (Agric. Res. Rep.) 790.

Due to the increased use of dwarfing rootstocks and fertilizer experiments dressings increased from 90–120 kg N/ha in 1958 to 170–270 kg in 1965. In deciding on the quantity of nitrogen dressing its interacting effects on growth and fruit production as well as the influence of soil, weather and undergrowth were studied. Some of the experiments were carried out in pots, the others in the field.

The discussions cover the availability of nitrogen in the soil and the nitrogen requirements of the trees, especially in relation to competition with a full grass cover and grass strips. The system with grass strips and mulched bare tree strips is considered a case of fertilizer placement since the soil under the grass strip is extremely low in nitrogen during the greater part of the season.

ISBN 90 220 0432 5

Dit proefschrift verschijnt tevens als Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 790.

© Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie, Wageningen, 1973.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm 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.

Stellingen

1

Vruchtbaarheidsfactoren zijn soms heterogeen over de wortelzône verdeeld. Er bestaat behoefte aan meer inzicht over de betekenis daarvan voor de plantevoeding.

2

De bemesting in een smalle ringvormige band onder de kroon van vruchtbomen, zoals die in het buitenland soms wordt aangetroffen, kan niet tot optimale stikstofvoeding leiden.

J. L. Mason, Proc. Am. Soc. hort. Sci. 85 (1964) 42–47.
Dit proefschrift.

3

De 'slechte-plekken' – methode is bij vruchtbomen een beter uitgangspunt voor onderzoek naar een tekort aan vocht dan naar wateroverlast.

4

Bij de voorbereiding van drainage voor fruitteelt op normaal aflopende bodemprofielen moeten de risico's van wateroverlast en verdroging beide in het onderzoek worden betrokken.

5

Het inzicht omtrent de betekenis van de stikstoftoestand van vruchtbomen voor de ontwikkeling van de rode spintmijt, Panonychus ulmi (Koch), kan worden verbeterd door de periodiciteit van deze stikstoftoestand in het onderzoek te betrekken.

6

In de Mesopotamische laagvlakte verandert in stroomafwaartse richting het verband tussen textuur en kalkgehalte van (irrigatie-) sedimenten. Dit moet worden verklaard uit vermindering van het verhang van de Eufraat en de Tigris.

P. Delver, Neth. J. agric. Sci. 10 (1962) 194–210

7

Met het voortschrijdende gebruik van kleine fruitboom-vormen in landen met meer zonneschijn dan Nederland zal de voorsprong in produktievermogen in zulke gebieden verminderen.

8

De financiële verliezen die door fysiogene bewaarziekten van hard fruit worden veroorzaakt zijn groter dan uit hun omvang zou mogen worden afgeleid.

Proefschrift P. Delver
Wageningen, 1 juni 1973

Dankbetuiging

Het ordenen van de gegevens voor dit proefschrift, verzameld over een lange periode van onderzoek, geschiedde onder leiding van prof. dr. A. C. Schuffelen. De auteur is zeer erkentelijk voor de vele aandacht die deze aan het manuscript besteedde en voor zijn kritische opmerkingen.

Aan ir. C. M. J. Sluijsmans, directeur van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, en aan de directie van het Proefstation voor de Fruitteelt moge dank worden gebracht voor de geboden gelegenheid tot het samenstellen van dit verslag en voor de elders zelden geëvenaarde faciliteiten gedurende het onderzoek.

Dr. ir. J. van der Boon is door zijn belangstelling en kennis op het gebied van de fruitteelt een belangrijk klankbord en een veel geraadpleegde steun geweest bij deze studie.

De toegewijde hulp bij het veld- en laboratoriumwerk verleend door de medewerkers C. Zuydwegt, H. G. Bomhof, J. Oele, P. J. Bolding en J. de Schipper mag niet onvermeld blijven.

Mej. J. S. van de Voorde, de heer Chr. Leinse en vóór hen een lange rij laboranten hebben in de loop van de jaren hun steentje bijgedragen. Mevrouw M. J. Luteijn-Kuijs en mej. M. A. van de Plasse verzorgden trouw het vele typewerk.

Onder de vaardige handen van dr. ir. E. Meijer Drees, Pudoc, onderging de tekst een schoonheidsbehandeling, terwijl mevrouw E. Brouns, eveneens van Pudoc, de Engelse teksten corrigeerde.

Curriculum vitae

De auteur bezocht van 1934 tot 1939 de Gemeentelijke HBS-B te Groningen en studeerde daarna aan de Landbouwhogeschool te Wageningen waar hij in 1948 het diploma Landbouwkundig Ingenieur, richting tropische landbouw I verwierf.

Van 1948 tot 1955 was hij verbonden aan het Rijkstuinbouwconsulentschap te Amsterdam, daarna aan het Proefstation voor de Groenteteelt in de volle grond te Alkmaar. Gedurende zijn tewerkstelling bij het Ministerie van Landbouw van Iraq (van 1957 tot 1960) werd hij (in 1958) benoemd aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid dat hem, na zijn terugkeer in Nederland, bij het Proefstation voor de Fruitteelt te Wilhelminadorp stationeerde.

Inhoud

1 Inleiding 1

2 Stikstofbemesting in enkele teeltgebieden 3

3 Literatuur over de invloed van stikstof op het gewas 14
3.1 Groei 14
3.2 Bloemaanleg 16
3.3 Vruchtzetting en rui 17
3.4 Vruchtgroei en rijping 18
3.5 Bewaarbaarheid 20
3.6 Vatbaarheid voor ziekten en plagen 21

4 Stikstof en vegetatieve ontwikkeling 22
4.1 Stikstof, bodemvocht en concurrentie door gras 22
4.2 Stikstofopname in verschillende perioden 29
4.3 Stikstofopname in de winter 38
4.4 Stikstofreserve en groei 46
4.5 Conclusies met betrekking tot de vegetatieve ontwikkeling 59

5 Stikstof, bloei en vruchtontwikkeling 61
5.1 Stikstofopname in verschillende perioden 61
5.2 Stikstofreserve, vruchtzetting en rui 69
5.3 Stikstofreserve en gevoeligheid voor nachtvorst 77
5.4 Conclusies met betrekking tot de bloei en de vruchtontwikkeling 84

6 Ontwikkelingen in de bodembehandeling 86

7 De stikstofhuishouding in zwart gehouden grond 89
7.1 Stikstofleverend vermogen en mineralisatie van organische stof 89
7.2 Factoren die de stikstofopname beïnvloeden 93
7.3 Stikstofbehoefte 97
7.4 Conclusies over de stikstofhuishouding in zwart gehouden grond 99

8 De stikstofhuishouding onder volvelds gras 101
8.1 Concurrentie om stikstof 101

8.2 Reactie van het gewas op concurrentie 106
8.3 Omstandigheden die de concurrentie beïnvloeden 111
8.4 Maatregelen tot aanpassing van de bemesting 120
8.4.1 Tijdstip van bemesting 120
8.4.2 Strokenbemesting 128
8.4.3 Bespuitingen met ureum 136
8.5 Stikstofbehoefte 140
8.6 Conclusies over de stikstofhuishouding in met gras begroeide grond 142

9 De stikstofhuishouding bij toepassing van grasstroken 144
9.1 Stikstof in de boomstrook 144
9.2 Stikstof in de grasstrook 151
9.3 Opname 153
9.4 Stikstofbehoefte 164
9.5 Conclusies over de stikstofhuishouding bij toepassing van strokenteelt 167

Samenvatting 169

Summary 172

Literatuur 181

1 Inleiding

De stikstofvoorziening van het gewas wordt in de fruitteelt als belangrijke produktiefactor ondervonden. De grootte, de kwaliteit en de bewaarbaarheid van de oogst hangen sterk, niet steeds positief, en vooral op gecompliceerde wijze samen met de stikstofopname.

Grondonderzoek is geen praktisch bruikbare methode gebleken voor de voorspelling van de stikstofbehoefte van het gewas. Daarom moet bij de bemesting gebruik gemaakt worden van kennis over de factoren welke de beschikbaarheid beïnvloeden. Naast het stikstofleverende vermogen en het vertikale transport in de grond onder invloed van profieleigenschappen en het weer, oefent vooral de onderbegroeiing invloed uit op de stikstofhuishouding. Deze kan uit een geheel of gedeeltelijk, tijdelijk of blijvend dek van gras, een groenbemester of onkruid bestaan, terwijl in jonge aanplantingen soms nog onderteelten worden aangetroffen. De laatste vijftien jaren hebben een sterke verschuiving te zien gegeven in de richting van grasstroken van verschillende breedte, voornamelijk door de ontwikkeling van de chemische onkruidbestrijding en de behoefte aan berijdbare grond.

De onttrekking van vocht en stikstof door de onderbegroeiing wordt dikwijls aangeduid met de te eng gestelde term concurrentie. De invloed daarvan op het fruitgewas is immers niet uitsluitend negatief.

Met bodembehandeling wordt in deze studie voornamelijk de ondergroei bedoeld. Maatregelen zoals ontwatering, beregening of diepe grondbewerking, die de stikstofhuishouding eveneens beïnvloeden, krijgen slechts beperkte aandacht.

Als gevolg van hun overjarige karakter nemen vruchtbomen het gehele jaar, zij het in sterk wisselende mate, stikstof op. Het moderne onderzoek heeft uitgewezen, dat daarbij alle voor de groei en vruchtdracht belangrijke processen in de plant worden beïnvloed. Bloemaanleg, vruchtzetting, rui, scheut- en vruchtgroei en de opslag van reservestoffen vinden echter in verschillende perioden plaats. Voor een goed bemestingsbeleid moet daarom aan de kennis over de stikstofhuishouding in de grond nog een dimensie worden toegevoegd: die van de invloed van de periodiciteit van de stikstofopname op het gewas. Op deze periodiciteit hebben de bemesting, de grond, het weer en de bodembehandeling grote invloed.

Het bodembehandelings- en bemestingsonderzoek in Nederland is vooral sedert omstreeks 1955 op gang gekomen. Het onderkennen van de stikstofconcurrentie door volvelds gras, vooral bij bomen op zwakke onderstamtypen, en daarnaast de gunstige financiële uitkomsten van de fruitteelt gedurende enkele jaren, hebben een sterke toename van het stikstofverbruik bevorderd (2). Deze ontwikkeling, en de samenge-

stelde invloed van stikstof op het gewas, de snelle wijzigingen in de teeltomstandigheden, de bodembehandeling en de onkruidbestrijding hebben vragen doen rijzen over de gewenste bemesting. Deze betreffen de hoeveelheid, het tijdstip en de verdeling. Met het oog hierop is het onderzoek verbreed en verdiept. Met behulp van tussen 1957 en 1972 verkregen gegevens zal worden getracht een synthese van het vraagstuk van de stikstofvoeding en de bemesting te geven.

Het onderzoek in veld- en potproeven met appel, peer en appelonderstammen als proefgewassen vond plaats vanuit het Proefstation voor de Fruitteelt te Wilhelminadorp. De resultaten van landelijke bodembehandelings- en bemestingsproeven, gedeeltelijk op regionale proeftuinen uitgevoerd en door anderen gepubliceerd, hebben sterk tot het verkregen inzicht bijgedragen.

Om praktische redenen wordt de invloed van stikstof op het gewas behandeld in een aparte bespreking van de desbetreffende proeven (Hoofdstukken 4 en 5). Bij de bespreking van de bodembehandeling (Hoofdstukkken 7–9) zijn ter zake doende proefresultaten als korte voorbeelden ter ondersteuning van het betoog in de tekst verwerkt.

2 Stikstofbemesting in enkele teeltgebieden

Het lijkt nuttig een studie over de invloed van stikstof op het gewas en de samenhang daarvan met de bodembehandeling vooraf te laten gaan door een overzicht van de gebruiken die men in de praktijk bij de bemesting aantreft. Hierin weerspiegelt zich de ervaring van de fruitteler, de betekenis die hij aan de stikstofvoorziening hecht, en ook de invloed van de voorlichting. Daarnaast kan blijken welke teelt- en bedrijfsomstandigheden op het stikstofgebruik van invloed zijn.

Het is niet eenvoudig, juiste gegevens over de toepassing van de bemesting te krijgen. Omtrent het stikstofverbruik zijn, als onderdeel van bedrijfsboekhoudingen, perceelsgewijs gegevens verzameld door het Landbouw Economisch Instituut[1]. Deze betreffen goed geleide, in grootte variërende en op moderne fruitteelt gerichte gespecialiseerde bedrijven. Het meststoffenverbruik mag hier representatief worden geacht voor moderne bedrijven in de betrokken gebieden: de Betuwe (rivierklei), Zeeland (zeeklei), de Noordoostpolder (NOP, zeeklei) en Noord-Brabant en Limburg (overwegend zand).

De volgende beschouwingen zijn grotendeels ontleend aan gegevens over de periode 1958–1965. Die uit 1966–1968 waren minder omvangrijk en geven dus een minder nauwkeurig beeld van het gemiddelde. De indruk bestaat, dat het stikstofgebruik na 1968 als gevolg van slechte bedrijfsuitkomsten iets verder is gedaald. Hierover waren nog geen gegevens beschikbaar.

Geregistreerde bedrijven en boomgaarden 1958–1965

Het aantal door het LEI uitgezochte bedrijven wisselde nogal. In de Betuwe waren het er aanvankelijk 25, later liep dit terug tot 17; in totaal hadden de gegevens betrekking op ruim 50 1–5-jarige aanplantingen en ruim 100 oudere.

In Zeeland startte men met 25 bedrijven, wat later verminderde tot 12, met ongeveer 25 1–5-jarige en 60 oudere aanplantingen.

In de Noordoostpolder waren 10 tamelijk uniforme bedrijven met 46 percelen bij het onderzoek betrokken.

In Noord-Brabant en Limburg varieerde het aantal bedrijven eerst tussen 14 en 18, later waren het er nog maar 10. In totaal betrof het ongeveer 25 jonge en 60 volwassen aanplantingen.

1. LEI, Interne rapporten 1958–1968.

Opgemerkt moet worden, dat de registratie niet altijd dezelfde bedrijven of percelen betrof; het kwam nogal eens voor dat een bedrijf uitviel en vervangen moest worden door een ander (of niet werd vervangen). Het zal duidelijk zijn dat het beeld, dat van het stikstof-gebruik in de loop van jaren valt te ontwerpen, door de omstandigheden waaronder de uiteenlopende hoeveelheden werden toegediend slechts een algemene benadering van de situatie kan geven.

Boomgaarden met appels op hoogstam waren alleen in de Betuwe ruim vertegenwoordigd, struikvormige appels in alle gebieden behalve de Noordoostpolder (NOP). In dit jonge fruitteeltgebied kwamen uitsluitend moderne beplantingen met spilvorm voor. De spilvorm bij appels was in alle centra ruim vertegenwoordigd. Bij peren werden diverse boomvormen aangetroffen. Hiernaar werd geen onderscheid gemaakt.

Er bestonden grote verschillen in ondergroei. In de Betuwe overheersten aanvankelijk volvelds gras en brede grasstroken. In Zeeland werd de grond meestal onbegroeid ('zwart') gehouden of werden grasstroken ter breedte van de halve rijafstand of groenbemesters toegepast. In de NOP was overwegend sprake van grasstroken. In Noord-Brabant en Limburg werd de grond aanvankelijk zwart gehouden of ingezaaid met groenbemesters; later werden beide systemen verdrongen door grasstroken.

Ondanks de gevarieerde omstandigheden waaronder de gegevens over de toegepaste stikstofbemesting werden verzameld werd toch een poging ondernomen om tot enkele algemene conclusies te komen.

Organische bemesting

Uit de gegevens kon een indruk worden verkregen over het gebruik van stalmest en groenbemesting in 1958–1965. Deze moeten als niet onbelangrijke stikstofbronnen naast de kunstmest worden beschouwd.

In de Betuwe kregen jonge (1–5-jarige) opstanden in 27% van de gevallen stalmest (soms kippemest), oudere in slechts 6%. In Zeeland waren deze getallen 16 resp. 15%. In de NOP, waar in jonge aanplantingen aanvankelijk vooral groenbemesting werd toegepast, werd in 10 resp. 31% van de gevallen stalmest gegeven. In het laatste getal weerspiegelt zich de nabijheid van het Friese weidegebied. In Noord-Brabant en Limburg was het gebruik hoger dan elders: 39 resp. 29% van de aanplantingen kreeg stalmest. Hiervan had 14 resp. 10% betrekking op kippemest; het gebruik daarvan zal later nog zijn toegenomen.

De giften waren niet hoog en met de stikstofwerking daarvan werd, zoals uit de gegevens van Zeeland werd berekend, bij de hoogte van de kunstmestgift geen rekening gehouden (Fig. 1). Bij jonge aanplantingen wordt stalmest echter vaak rond de stam aangebracht en zal dan ook bij lage giften per ha ter plaatse van de wortels als aanvullende stikstofbron van betekenis zijn.

In Noord-Brabant en Limburg werd ook bij gebruik van kippemest vrijwel niet op kunstmest bezuinigd: per 1000 kg (ongeveer 16 kg N waarvan 60% werkzaam) werd gemiddeld slechts 1,4 kg minder kunstmeststikstof gegeven.

De toepassing van groenbemesting verschilde nogal: in de Betuwe kwamen weinig

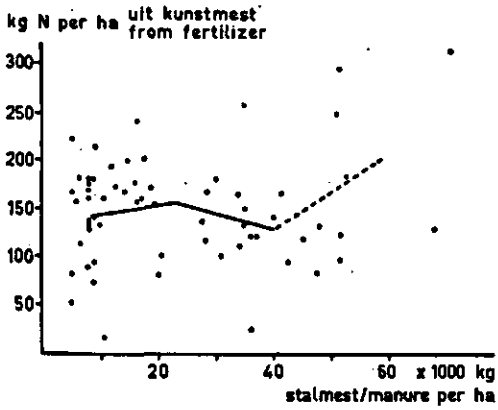


Fig. 1. Stalmestgebruik en stikstofgiften in boomgaarden in Zeeland, 1958–1965. Naar gegevens van het LEI.

Fig. 1. Use of farmyard manure and nitrogen fertilizer in orchards in Zeeland, 1958–1965. Data from Agricultural Economics Research Institute.

gevallen voor; in Zeeland werd bij jonge en volwassen boomgaarden in 15 resp. 6% van de gevallen groenbemesting toegepast; in de NOP werd deze alleen in jonge percelen veel aangetroffen; in Noord-Brabant en Limburg werd echter in de onderzochte jaren dooreen genomen bij 30–45% van de gevallen groenbemesting vermeld. Het gebruik is in deze jaren overal, vooral door de overgang naar het grasstrokensysteem, duidelijk afgenomen.

Kunstmestgiften

Fig. 2 geeft het berekende verbruik aan stikstof uit kunstmest voor de vier teeltgebieden. Dit is overal duidelijk gestegen. Factoren die hierop van invloed zijn geweest zijn de gunstige resultaten van bemestingsproeven, vooral in grasboomgaarden, de hieruit voortvloeiende propaganda voor een hoger stikstofverbruik en gunstige bedrijfsuitkomsten. Tussen de gebieden onderling bestaan echter duidelijke verschillen. In de Betuwe was de toename het sterkst. De aanleiding tot een hoger stikstofverbruik was hier ook groter dan elders: in de meeste boomgaarden kwam volvelds gras voor en stikstofgebrek was daar niet onbekend. In sommige gevallen werd in dit gebied tijdelijk zelfs 400–600 kg N per ha gegeven (bij de berekening buiten beschouwing gelaten).

In Zeeland, waar de grond overwegend zwart werd gehouden of waar grasstroken werden toegepast, was zichtbaar stikstofgebrek vrijwel onbekend en ging van de voorlichting ook een minder sterke stimulans tot zwaarder bemesten uit.

Opvallend is, dat in de spillenaanplantingen van de Noordoostpolder het gebruik ongeveer even sterk is gestegen als in die van de Betuwe, ondanks het verschil in onderbegroeiing. In de NOP kwamen uitsluitend grasstroken voor. De opvatting, dat de stikstofbehoefte bij dit systeem belangrijk lager is dan bij volvelds gras, kwam dus niet tot uitdrukking in de gegevens over 1959–1965. Men zou in dit gebied ook aan een grotere stikstofbehoefte van de grond door het ontbreken van 'oude kracht' kunnen denken, maar deze overweging heeft in de praktijk weinig invloed op het stikstof-

Fig. 2. Stikstofgiften bij volwassen boomgaarden in vier teeltgebieden. Spilvorm: 5 jaar en ouder, overige: 8 jaar en ouder.

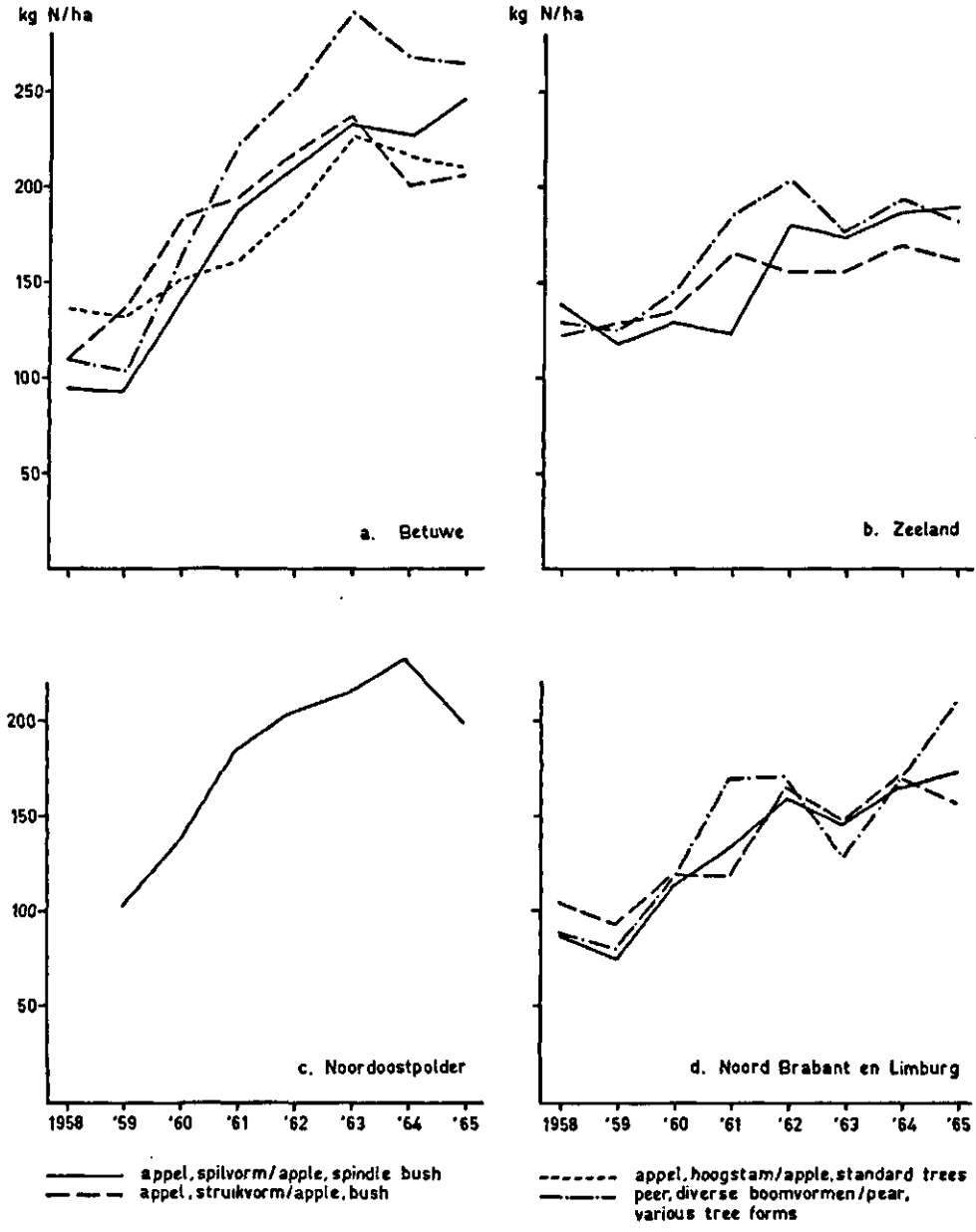


Fig. 2. Average nitrogen dressings in productive orchards in four fruit-growing areas. Spindle bush: 5 years and older; other tree forms: 8 years and older.

gebruik. Vermoedelijk moet de sterke toename vooral worden toegeschreven aan de overwegend gebruikte veel stikstof vragende combinatie met de zwakke onderstam M. 9, het hoge produktieniveau (veel appels van het ras Golden Delicious) en een grotere neiging van de fruittelers om de heersende opvattingen over de wenselijkheid van hoge giften te volgen.

In Noord-Brabant en Limburg is het stikstofverbruik als gevolg van het lagere beginniveau sterker gestegen dan in Zeeland. Het verbruik bij appels (spilvorm) bleef later echter op een wat lager peil, vermoedelijk omdat in het eerstgenoemde gebied sterkere onderstammen (M. 2, 4, 7) werden toegepast dan in Zeeland (M. 9). Misschien is het hogere gebruik van organische mest in de zandgebieden mede van invloed geweest.

De in het voorgaande veronderstelde invloed van de onderstam bij appels komt ook tot uitdrukking in het verschil tussen de typen aanplanting. De toename van het stikstofverbruik in de Betuwe is bij spillen (op de zwakke tot matig sterke onderstammen M. 9, 4, 2 en 7) duidelijk groter geweest dan bij hoogstammige of struikvormige boomgaarden (sterke onderstammen, zoals de zaailing, M. 16 en 11). Eenzelfde tendens valt bij spillen in Zeeland ten opzichte van struikvorm-aanplantingen te bespeuren. In Noord-Brabant en Limburg was het verschil in toegepaste onderstam tussen spillen en struikvorm-aanplantingen minder duidelijk.

Aan peren werd meestal een grotere stikstofbehoefte toegedacht dan aan appels.

De invloed van de bedrijfsgrootte

Voor de vele gegevens uit de Betuwe werd het verband nagegaan tussen de bedrijfsgrootte en het stikstofgebruik gedurende twee perioden. In 1958–1959 waren de giften nog vrij laag. Een sterke toename vond plaats in 1960–1963. Uit Fig. 3 blijkt, dat de spreiding tussen de giften op de kleine bedrijven veel groter was dan op de grote. De

Fig. 3. Bedrijfsgrootte en stikstofbemesting voor appelaanplantingen in het achtste groeijaar en ouder (Betuwe).

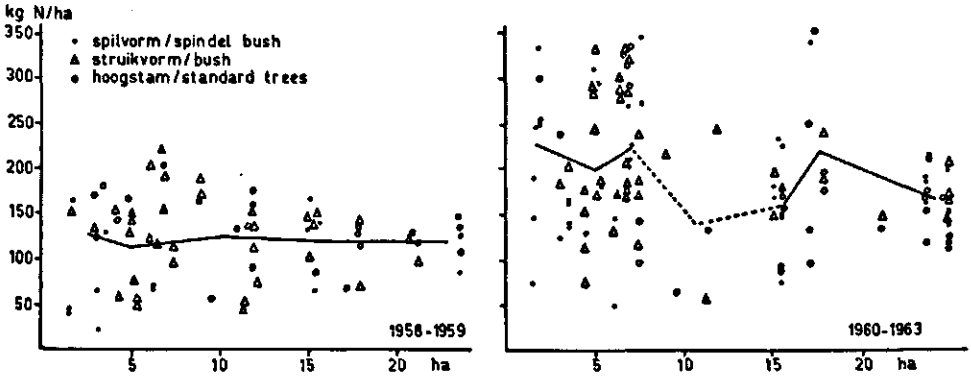


Fig. 3. Size of holdings and nitrogen dressings in apple orchards, eight years and older (Betuwe area).

toename van het verbruik was op de kleine bedrijven ook groter: in de eerste en tweede periode bedroeg het op bedrijven kleiner dan 10 ha 126 respectievelijk 210 kg N per ha, gemiddeld over alle typen appelaanplantingen. Op de bedrijven met meer dan 10 ha boomgaard was dit 118 resp. 170 kg N per ha.

De verklaring voor dit verschillende gedrag moet waarschijnlijk in de leiding van het bedrijf worden gezocht. Op het 'kleine' bedrijf is de leider meestal ook eigenaar en daarom vrij in het kiezen van het bemestingsniveau, b.v. bij het experimenteren met zeer hoge giften. Op het 'grote' bedrijf is de leider meer gebonden aan een bemes-

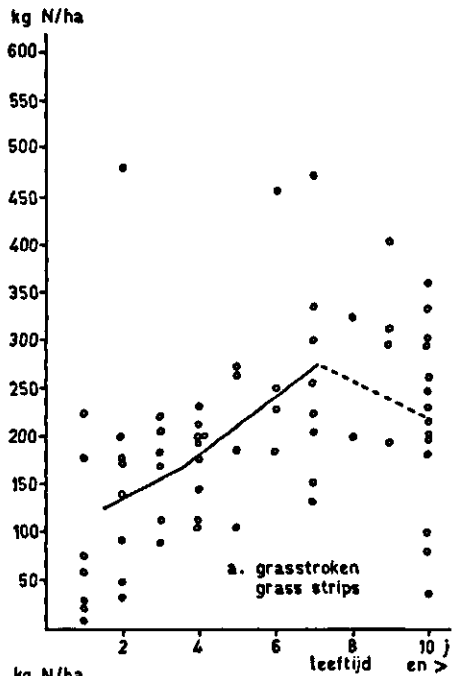


Fig. 4. Leeftijd en stikstofgift bij spillenaanplantingen van appel met verschillende ondergroei, 1961–1965 (Betuwe).

Fig. 4. Age and nitrogen dressing for spindle bush apple orchards under different soil-management systems, 1961–1965 (Betuwe area).

tingsbudget, wat een meer star beleid ten aanzien van de giften impliceert. Anderzijds lijkt de kans op verwaarlozing van de bemesting op het kleine bedrijf ook meer aanwezig.

De invloed van de leeftijd

De leeftijd van de aanplanting speelde een belangrijke rol bij het vaststellen van de stikstofgift. Voor appels (spilvorm) is in de Figuren 4–7 het verband weergegeven tussen de leeftijd en de hoeveelheid stikstof voor de vier teeltgebieden afzonderlijk en onderscheiden naar de onderbegroeiing. De figuren hebben betrekking op 1961–1965, de periode waarin het verbruik zich reeds op een hoog niveau bevond maar nog iets verder toenam (Fig. 2). Een samenvatting geeft Fig. 8.

Vooral in de Betuwe in de eerste 7–8 jaren, en in de NOP in de eerste 5 jaren, namen de giften sterk toe. In de beide andere gebieden was de invloed van de leeftijd ook aanwezig, maar zwakker.

Voor de verklaring van deze invloed en van de verschillen tussen de gebieden moet van verscheidene overwegingen worden uitgegaan.

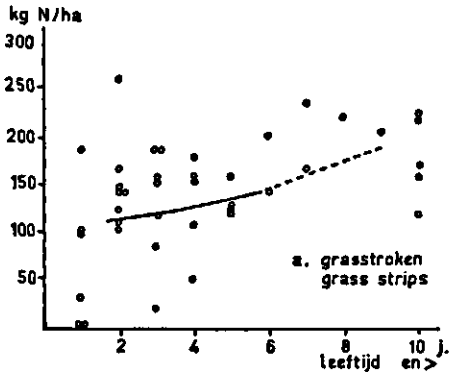


Fig. 5. Leeftijd en stikstofgift bij spillen-aanplantingen van appel met verschillende ondergroei, 1961–1965 (Zeeland).

Fig. 5. Age and nitrogen dressing for spindle bush apple orchards under different soil-management systems, 1961–1965 (Zeeland).

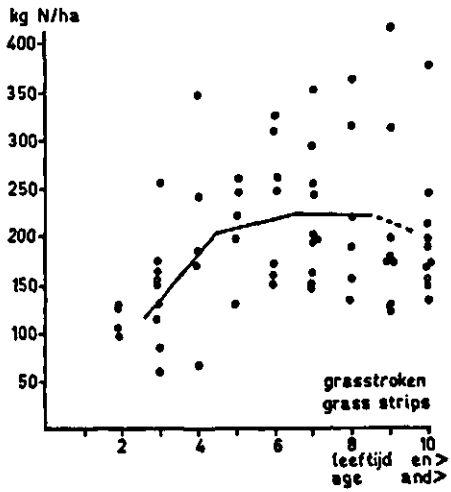


Fig. 6. Leeftijd en stikstofgift bij spillen-aanplantingen van appel met ondergroei van grasstroken, 1961–1965 (Noordoostpolder).

Fig. 6. Age and nitrogen dressing for spindle bush apple orchards with grass strips, 1961–1965 (Noordoostpolder).

Fig. 7. Leeftijd en stikstofgift bij spillen-aanplantingen van appel met verschillende ondergroei, 1961–1965 (Noord-Brabant en Limburg).

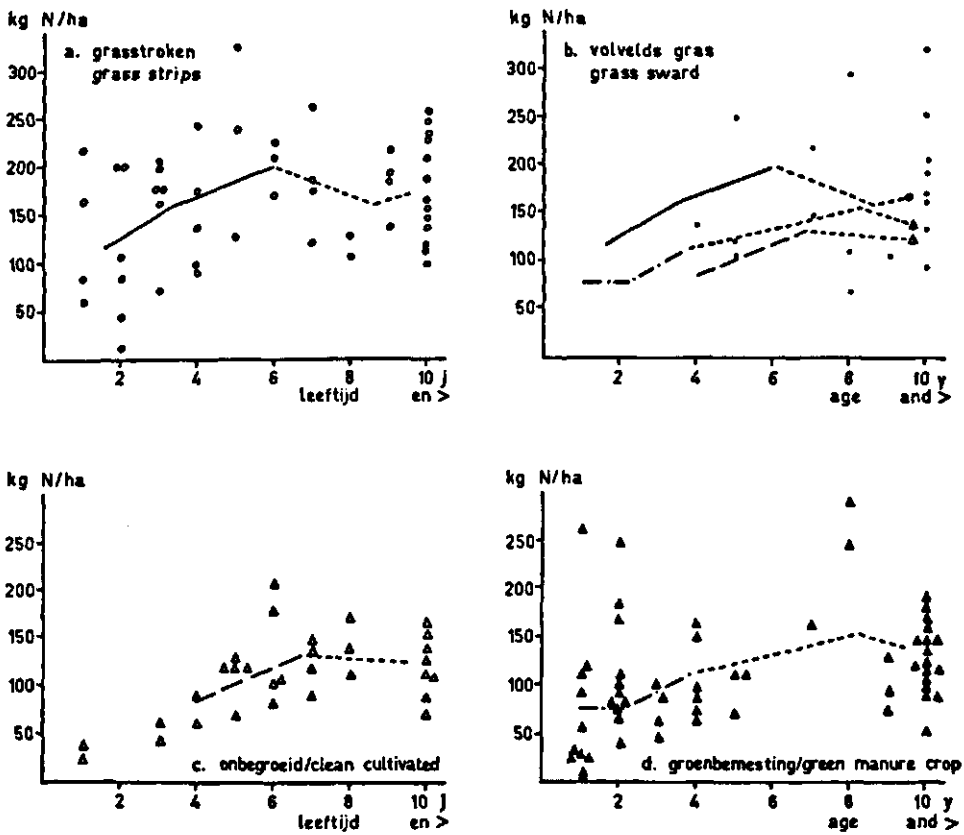


Fig. 7. Age and nitrogen dressing for spindle bush apple orchards under different soil-management systems, 1961–1965 (Noord-Brabant en Limburg).

Fig. 8. Leeftijd en stikstofgift bij spillen-aanplantingen van appel met verschillende ondergroei, 1961–1965: samenvatting van de Fig. 4–7.

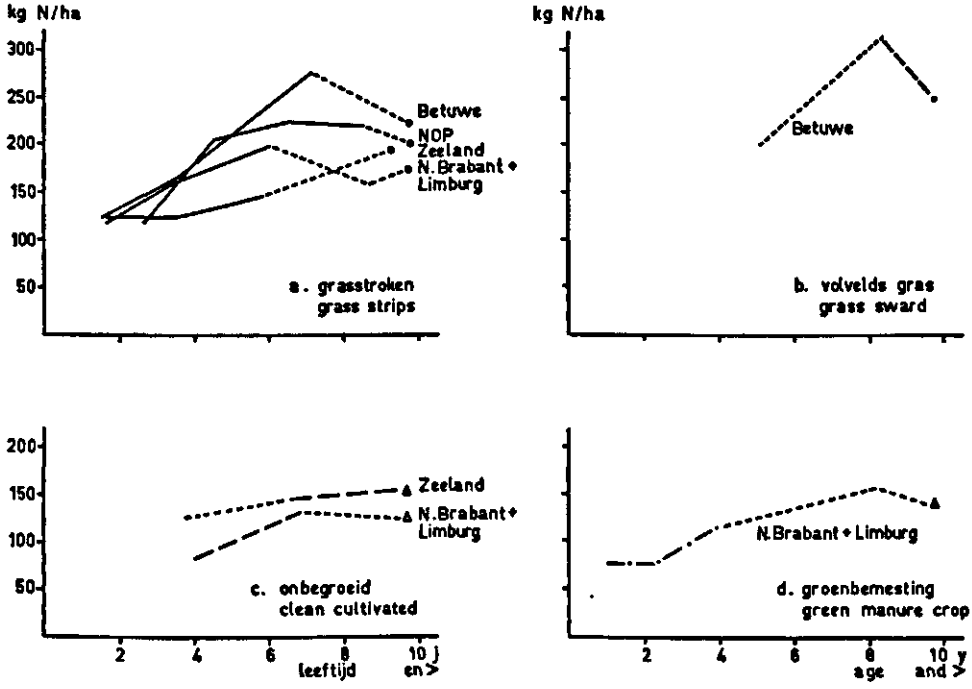


Fig. 8. Age and nitrogen dressing for spindle bush apple orchards under different soil-management systems, 1961–1965 for all areas together (from Figs. 4–7).

De nogal eens aangetroffen gewoonte om bij jonge gewassen de meststof plaatselijk rondom de stam aan te brengen en de latere omschakeling naar breedwerpige bemesting betekent per ha op zichzelf reeds een toename in het stikstofverbruik met het ouder worden. Daarbij behoeft van een groot verschil in beschikbaarheid van stikstof in de wortelzone nog geen sprake te zijn.

In de jeugdfase, waarin de bomen nog klein en niet in volle produktie zijn, bestaat voorts de neiging, om door hoge, met de boomgrootte toenemende giften de groei te stimuleren teneinde de aanplant zo snel mogelijk gesloten te krijgen. Is dit eenmaal het geval, dan vormen beperking van de groei ten gunste van de vruchtbaarheid en ter besparing van snoeiarbeid, daarnaast wellicht ook ervaringen met een achteruitgang van de vruchtkleur of -kwaliteit bij veel stikstof, motieven om de giften weer wat te temperen: in de Betuwe en in de NOP is bij '10-jarige en oudere' aanplantingen (in de Betuwe gemiddeld uiteraard veel ouder dan 10 jaar) sprake van een lichte teruggang van de stikstofgiften.

Dat het gesloten raken van de aanplant een sein kan vormen tot matiging van de bemesting kan aannemelijk worden gemaakt door vergelijking van gegevens over de beplantingsdichtheid. Deze werden eveneens aan de betreffende LEI-rapporten ontleend (Fig. 9).

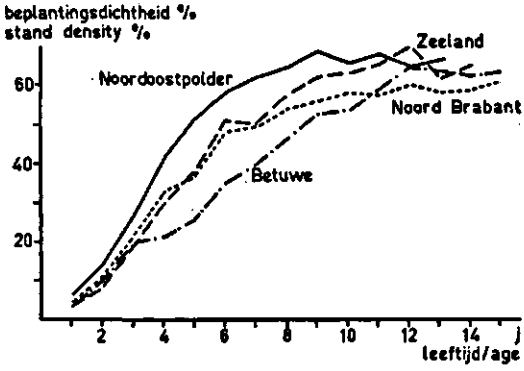


Fig. 9. Leeftijd en dichtheid van spillenaanplantingen van appel in vier teeltgebieden, 1958–1965.

Fig. 9. Age and density of spindle bush apple orchards in four areas, 1958–1965.

De bomen in de Betuwe stonden vooral ook op de matig sterke onderstammen M. 2, 4 en 7 en waren meestal wijder geplant dan in de Noordoostpolder met overwegend M. 9. Bovendien is de groei in de Betuwe van nature trager dan in de NOP. Daardoor raakten de spillenaanplantingen in de Betuwe zeker vier jaar later gesloten. Inderdaad blijkt uit de figuren 4 en 6 (grasstroken, gras), dat de maximale giften in de NOP al in het vijfde jaar werden bereikt, in de Betuwe pas in het zevende tot achtste groeijaar.

Een overweging, die bij een relatief sterke onderbegroeiing met gras nog kan hebben gegolden (Betuwe), vormt de met de leeftijd van het gras afnemende stikstofconcurrentie. De praktijk is met dit verschijnsel bekend, en kan ook in verband hiermee de neiging hebben, bij oudere grasmatten wat minder stikstof te geven.

De vertikale spreiding van de giften in de figuren 4–7 demonstreert tenslotte, dat nog verscheidene andere factoren een rol moeten hebben gespeeld bij het vaststellen van de bemesting. Dit zullen onder andere zijn geweest: de toename in 1961–1965 van het bemestingsniveau, de bedrijfsomstandigheden (Fig. 3), de ras-onderstam-combinatie (produktiviteit, gevoeligheid van de vruchtkleur voor veel stikstof), een overbemesting, en vooral persoonlijk inzicht.

Invloed van de onderbegroeiing

Door het te kleine aantal gegevens kan per gebied niet goed worden vastgesteld welke invloed de onderbegroeiing op de bemesting heeft. In de Betuwe is een lichte neiging waarneembaar om acht- tot tienjarige boomgaarden in volvelds gras meer stikstof te geven dan die met (brede) grasstroken. In Zeeland lijkt het niveau in volgroeide aanplantingen met grasstroken wat hoger te liggen dan bij zwart gehouden grond. In Noord-Brabant en Limburg wordt zeker rekening gehouden met een vergrote stikstofbehoefte bij grasstroken ten opzichte van onbegroeid of groenbemesting. Over het geheel genomen heeft de grasonderbegroeiing een variatie in de stikstofgift van slechts enkele tientallen kg per ha tot gevolg. Dit lijkt minder dan op grond van de grote invloed van gras op de stikstofvoorziening zou mogen worden verwacht.

De periode 1966–1968

De LEI-gegevens hadden in de drie laatste ter beschikking staande jaren op minder bedrijven betrekking dan in de voorgaande. Bovendien waren toen alleen spillenaanplantingen van appel met grasstroken als onderbegroeiing ruim vertegenwoordigd. Voor de volwassen aanplantingen hiervan werden in 1966, 1967 en 1968 respectievelijk de volgende gemiddelden van het stikstofverbruik per ha berekend: Betuwe 248, 268 en 247; Zeeland 177, 189 en 140; Noordoostpolder 205, 155 en 150, Noord Brabant en Limburg (alleen 1966) 195 kg. Bij vergelijking van deze gemiddelden met die van de voorgaande jaren (Fig. 2) moet er rekening mee worden gehouden, dat de bedrijfsuitkomsten in 1965, 1966 en 1967 respectievelijk redelijk, matig en uitgesproken slecht waren. Deze factor zal meer dan andere invloed hebben gehad op het stikstofgebruik. De daling in 1968, vooral merkbaar in Zeeland en in de Noordoostpolder, moet grotendeels aan de lage fruitprijzen van 1967 worden toegeschreven. In de NOP werd al in 1967 minder gemest. De overweging, dat de stikstofbehoefte bij de strokenteelt minder groot is dan aanvankelijk werd verondersteld (1962–1965), kan hierbij hebben meegespeeld.

Samenvatting

De factoren die op het stikstofgebruik in de fruitteelt in 1958–1968 van invloed zijn geweest kunnen als volgt worden samengevat.

De groeiende bekendheid met de concurrerende invloed van een onderbegroeiing met gras heeft overal, maar speciaal in het rivierkleigebied, een hoger stikstofgebruik in de hand gewerkt. Dit is echter mede bevorderd door de aanvankelijk goede bedrijfsuitkomsten (Elema & Kuyvenhoven, 1965). Daarnaast zal de toepassing van zwakkere, meer stikstof eisende onderstammen een rol hebben gespeeld. De stijging heeft zich na 1963 niet duidelijk verder voortgezet, mede door de algemene overgang naar het minder concurrerende grasstrokensysteem. Slechte fruitprijzen moeten voor het lagere stikstofgebruik in 1968 verantwoordelijk worden gesteld.

Op de giften hebben verder invloed gehad: de leeftijd van de aanplant, de bedrijfsgrootte en de onderbegroeiing.

De grote resterende spreiding wijst op de invloed van niet-meetbare factoren zoals persoonlijk inzicht, teelt- en gewasomstandigheden.

3 Literatuur over de invloed van stikstof op het gewas

Bij de toepassing van bemesting wordt vaak rekening gehouden met de veelzijdige invloed van stikstof op het fruitgewas. In de Hoofdstukken 4 en 5 komen slechts enkele aspecten hiervan naar voren. Een vollediger beeld kan worden verkregen door een bespreking vooraf van literatuurgegevens.

3.1 Groei

De vegetatieve groei van vruchtbomen vindt grotendeels plaats van mei tot september. Aanvankelijk, tijdens het schuiven van de knoppen en het ontplooien van de eerste blaadjes, put de boom voor de vorming van droge stof uit zijn reserves. Pas in de loop van mei wordt de groei afhankelijk van nieuw opgenomen voedingsstoffen. De blad- en scheutgroei zijn het sterkst in mei–juni, de houtgroei is het sterkst in juli, de wortelgroei in augustus (Poulsen & Jensen, 1964). Het aantal tot scheut uitgroeiende knoppen en de vroegheid van uitlopen zijn afhankelijk van de stikstofreservetoestand van het gewas. De lengtegroei van de scheuten is vooral afhankelijk van de stikstofvoorziening in het voorjaar. Deze beïnvloedt ook het tijdstip van afsluiten van de groei door de vorming van een eindknop (Magness et al., 1948; Hill-Cottingham, 1963; Mori et al., 1963; Delap, 1967a). Van der Boon & Butijn (1961) vonden dienovereenkomstig een samenhang tussen de scheutgroei en het nitraatgehalte in de grond in juni.

Een belangrijke factor is de snoei. Deze prikkelt de groei en kan daardoor het effect van stikstof nivelleren (Schneider & McClung, 1957). Bos (1967) betoogt dan ook, dat de aan stikstofbemesting toegeschreven versnelde groei vaak een gevolg is van te sterk snoeien.

Scheut-, hout- en wortelgroei zijn, gedeeltelijk via de bloemaanleg, negatief gecorreleerd met de vruchtdracht. Daardoor kon Schulz (1963) voor enkele fruitsoorten een verband vaststellen tussen de breedte van de jaarringen en de dracht. Tussen wel en niet dragende bomen bestaat bovendien een verschil in verdeling van de groei over de delen van de boom: bij dragende bomen vindt relatief meer blad- dan wortelgroei plaats vergeleken met niet dragende bomen. Hoewel de vruchtgroei ten koste gaat van de produktie van vegetatieve delen is de 'assimilation rate', de totale hoeveelheid gevormde droge stof per cm^2 bladoppervlakte, het grootst bij dragende bomen (Maggs, 1963).

Behalve van de stikstofopname in het voorjaar hangt de groei ook af van de stikstoftoestand van het gewas vóór het uitbotten. Roberts (1921) was een van de eersten

die dit in een potproef waarnam. Nadien is daarnaar veel onderzoek verricht (Weinberger, 1949; Harley et al. 1949, 1958; Oland, 1959; Hill-Cottingham, 1963; Yoko Mizo, 1964; Delap, 1967b; Hill-Cottingham & Williams, 1967). In dit verband moet op de functie van de wortels als opslagorgaan voor stikstof worden gewezen. De verminderde bovengrondse groei als gevolg van wortelsnoei moet voor een deel aan vermindering van de voedingsreserves worden toegeschreven (Henze, 1964).

Stikstofopname tijdens de lengtegroei van de scheuten vertraagt het moment waarop deze groei wordt beëindigd (Hill-Cottingham, 1963). Dit is vooral waarneembaar bij appels op sterke onderstam (Weissenborn, 1967) en bij opname kort vóór de vorming van de eindknop. Een voorbeeld is het St. Janslot. Deze hernieuwde lengtegroei na een periode van stilstand wordt waargenomen vanaf eind juni; ze wordt in de hand gewerkt door neerslag na een periode van droogte.

Wordt het afsluiten van de lengtegroei vertraagd, dan vinden ook de verhouting en de ontwikkeling van de kouderesistentie van de scheuten later plaats. Stikstof, vooral in de zomer gegeven, kan daardoor in streken met koude winters of bij vroeg invallende vorst schade door bevriezing in de hand werken. Richard (1963) nam bij appelbomen meer vorstscheuren waar als in de herfst in plaats van in het voorjaar was bemest. Volgens Way (1954) en Van Eyden (1968) is het effect van een zware dracht hierop echter ongunstiger dan dat van zware of late stikstofbemesting.

Ondanks de vele studies over het wortelstelsel van vruchtbomen is aan de invloed van stikstof op de wortelgroei, speciaal wat betreft de doorworteling van de grond, weinig aandacht besteed. Stikstofgebrek gaat weliswaar samen met een fijner wortelstelsel waarin het aandeel van dunne wortels groter is dan bij ruime stikstofvoorziening, maar uit dergelijke waarnemingen (onder andere van Butijn & Schuurman, 1957; Coker, 1959 en Matzner, 1966) kan men niet concluderen, dat de doorwortelingsgraad, dus de ontsluiting van de bodem, bij stikstofgebrek groter is. Deze vraag lijkt wel van belang met het oog op de toegankelijkheid van voedingsstoffen. Bij talloze gewassen, ook bij vruchtbomen, is een toename van de spruit-wortel-verhouding bij stijgende hoeveelheden beschikbare stikstof vastgesteld. Matzner (1966) merkt hierover op, dat een grote kroon-wortel-verhouding bij vruchtbomen alleen acceptabel is als de vocht- en luchthuishouding van de grond in orde zijn; anders kunnen gemakkelijk fysiologische storingen zoals kurkstip en beurtjaren optreden. De vraag is echter, of men in het wortelgewicht een maat mag zien voor de eisen die het gewas aan de grond stelt. Voor dit soort beschouwingen lijkt het juister, de hoeveelheid bovengrondse delen te betrekken op het door de wortels ontsloten deel van de bodem.

De wortelgroei vertoont twee groeigolven, met maxima in april-juni en augustus tot in de herfst. Daartussen treedt een depressie op die dieper is naarmate scheutgroei en dracht groter zijn. In de winter staat de wortelgroei niet geheel stil (Kolesnikov, 1955, 1960; Head, 1967; Weller, 1967). Over een invloed van een in de tijd wisselend stikstofaanbod is weinig bekend. Alleen een onderzoek van Delap (1967a) geeft de indruk dat deze, hoewel zwak, aanwezig is: toediening van stikstof in mei-juli gaf bij appels meer wortelgroei dan toediening in de winter.

3.2 Bloemaanleg

Wat betreft de invloed van stikstof op de bloemknopvorming is de door Kraus en Kraybill gemodificeerde theorie van Klebs (1913) in grote lijnen nog bruikbaar. Kobel (1954) en Bömeke (1965) omschrijven deze als volgt.

Een hoge C/N (C, assimilatie of ophoping van assimilaten tegenover N, stikstofvoeding of stikstoftoestand) bevordert de bloemaanleg, maar hierbij moeten ook de groei en de absolute waarden van C en N in aanmerking worden genomen.

Is de stikstofopname zeer gering, dan treedt zowel bij lage als bij hoge C/N geen groei of bloei op. Het gewas lijdt dan ernstig aan stikstofgebrek en vertoont geel of (door anthocyaanvorming) rood blad. Een dergelijk laag stikstofniveau treft men in de praktijk echter nooit aan. Een kleine verbetering van de stikstofvoeding doet de bloei al direct sterk toenemen. De meeste boomgaardgronden leveren van nature altijd wel iets stikstof, zodat verwaarloosde bomen (die zichtbaar stikstofgebrek lijden) desondanks sterk kunnen bloeien.

Bij zeer lage C/N, waarbij N kan variëren van laag tot hoog, vindt geen bloemvorming plaats. Deze situatie vloeit voort uit extreem lichtgebrek en komt in de praktijk eveneens vrijwel niet voor. Alleen bij een te dichte bladerkroon of bij lang aanhoudend donker regenachtig weer in juni-augustus treden wel eens verschijnselen op die in deze richting wijzen.

Bij normale assimilatie geeft een toenemende stikstofvoorziening (afname C/N) aanvankelijk een sterke verbetering van de bloemaanleg. Er is dan zowel groei als bloei, een toestand waarnaar bij de bemesting moet worden gestreefd. Een verdere vergroting van de stikstofopname geeft een te sterke groei waarbij de bloemaanleg vermindert (Fritsche et al., 1964).

Verscheidene praktijksituaties zijn in overeenstemming met het voorgaande. Wortelsnoei (zoals door woelmuizenvraat), het ringen van de boom, of een kankeraantasting leiden tot ophoping van assimilaten en bevorderen de bloei (Bömeke, 1965). Een overeenkomstig effect geeft beperking van de groei door verlaging van de stikstof- en vochtvoorziening, vermindering van de snoei, een zwakke onderstam, toepassing van groeiregulatoren en buigen van takken (Batjer & Westwood, 1963).

Het nadelige effect van stikstof op de bloemknopvorming blijft achterwege als stikstof zo laat wordt gegeven dat de scheutgroei vrijwel niet meer wordt gestimuleerd (Hill-Cottingham, 1963; Williams & Rennison, 1963; Delap, 1967a). Het begin van de bloemknopdifferentiatie valt bij appels tussen eind juli en half augustus, bij peren iets eerder (Zeller, 1960). Het proces duurt 4–13 weken en begint eerder naarmate tijdens de scheutgroei minder stikstof ter beschikking staat (Hill-Cottingham & Williams, 1967). Uit verschillende onderzoekingen is gebleken, dat stikstof een verbetering van de bloemknopvorming kan geven als deze pas tijdens de knopdifferentiatie ter beschikking komt. Zo verkregen Hilkenbäumer & Schrodt (1965) een gunstig effect door overbemesting eind juni of begin juli. Een verbetering van de bloei door ureumbespuitingen in de periode juni-juli werd waargenomen door Hilkenbäumer & Hohman (1964). Droogte tijdens de scheutgroei gevolgd door overvloedige regen be-

vordert de bloei (Hendrickson & Veihmeyer, 1950; May & Antcliff, 1964). Dit effect mag men toeschrijven aan versnelde afsluiting van de scheutgroei gevolgd door versterkte stikstofopname.

Bij het verschijnsel van de beurtjaren, een gevolg van afwisselend te sterke of te zwakke bloemaanleg, heeft het niet aan pogingen ontbroken om door middel van de stikstofbemesting corrigerend op te treden. Weissenborn (1955) en Bömeke (1965) menen, dat stikstof bij gevoelige rassen alleen in het voorjaar van het beurtjaar moet worden gegeven. Deze stimuleert de groei en zou daardoor de bloemaanleg en bijgevolg de dracht in het volgende draagjaar matigen. Hierdoor zou de bloemaanleg in dat jaar verbeteren, wat meer bloei en dracht in het daaropvolgende beurtjaar zou geven. Ostrouhov (1952) hecht waarde aan overbemesting in het draagjaar na de junival ter bevordering van de bloei in het beurtjaar.

Hoewel gevoelige rassen bij een goede stikstofvoorziening minder neiging tot onregelmatig dragen vertonen dan bij stikstoftekort (Williams & Rennison, 1963), zijn de verwachtingen omtrent de mogelijkheid van het bijsturen van het dragen door middel van bemesting niet hoog gespannen. Vruchtdunning binnen veertig dagen na de volle bloei is veel effectiever (Fisher, 1951; May & Antcliff, 1964).

3.3 Vruchtzetting en rui

Stikstof kan op twee wijzen de vruchtzetting bevorderen: door opname kort vóór de bloei (Harris & Boynton, 1952; Ferree, 1961; Richard, 1963) of door een goede stikstofreservetoestand van het gewas aan het begin van het seizoen. Deze laatste wordt bereikt door zomer- of herfstbemesting in het vorige jaar (Hill-Cottingham, 1963; Delap, 1967a). Het effect van voorjaarsbemesting is pas duidelijk bij relatieve stikstofarmoede van het gewas (Kobel, 1954).

Tussen vruchtzetting (aantal vruchtjes per bloemtros) en bloeirijkdom bestaat een negatieve correlatie. Daarom kan een verlaging van de vruchtzetting door stikstof ontstaan als deze tevens de bloei bevordert (Delver, 1962a).

Als er twijfel bestaat omtrent het werkzaam worden van een voorjaarsbemesting kan ureumbespuiting rond de bloei nog perspectief bieden (Fisher & Cook, 1950; Van Dam, 1957; Van der Boon, 1958). Meer spectaculair dan het resultaat van voorjaarsbemesting lijkt dat van een goede reservetoestand. Het gewas vertoont dan 'sterke' knoppen die al in de winter herkenbaar zijn aan hun dikte (Baxter, 1955), vroeg uitlopen, en een snellere ontwikkeling van de kortlotbladeren vergeleken met die van de bloemknoppen te zien geven, zogenaamde 'groene bloei' (Williams & Rennison, 1963). De betekenis van dit eerste blad voor de vruchtzetting werd door Arthey & Wilkinson (1964) onderzocht: verwijdering daarvan had een sterker daling van de vruchtzetting tot gevolg en des te sterker naarmate deze eerder werd uitgevoerd.

Anatomische studies van Williams (1963, 1965) en Hill-Cottingham & Williams (1967) aan 'zwakke' en 'sterke' appelbloemen die respectievelijk na voorjaars- en na zomerbemesting werden verkregen, brachten twee voor het mechanisme van de bestuiving belangrijke verschillen aan het licht.

Bij sterke bloemen had de embryozak een langere levensduur, waardoor de effectieve bevruchtingsperiode 4–5 dagen langer duurde dan bij zwakke bloemen. Daardoor is de kans op bevruchting bij sterke bloemen veel groter, vooral bij koud weer, als de kiembuis van de stuifmeelkorrels slechts langzaam in de stijl dringt. Dit verklaart wellicht waarom Weeks et al. (1958) bij ongunstig bloeiweer een sterker effect van stikstof op de vruchtzetting waarnamen dan bij goed weer.

Een tweede verschil betrof de indringing van de kiembuis van stuifmeelkorrels in de stijl. Deze vond sneller plaats bij stuifmeelkorrels afkomstig van sterke bloemen.

Oland, die veel onderzoek over de opslag van reservestikstof verrichtte (1959, 1963b), verkreeg een duidelijk betere vruchtzetting door vruchtbomen in september of oktober met een oplossing van 4% ureum te bespuiten (1960, 1963a). Hij vergeleek deze echter met de vruchtzetting van bomen die waarschijnlijk aan stikstofgebrek leden. Bij goed gevoede bomen hebben late ureumbespuitingen geen effect (Little et al., 1966; Delap, 1967b). Te laat bespuiten of vroeg afsterven van het blad door nachtvorst vermindert het effect eveneens (Lüdders & Bünemann, 1967).

De zetting wordt steeds gevolgd door een of meer perioden van rui. Daarvan is de laatste, die 4–6 weken na de bloei valt, de belangrijkste. Deze 'juni-rui' moet als belangrijk middel van de boom tot regulering van de dracht worden gezien (Kobel, 1954). Onvoldoende bevruchting, droogte, of wateroverlast, en plaatsing op zwakke takken versterken de rui. Wat betreft de invloed van stikstof lijkt sprake te zijn van een optimum bij de opname: in deze periode van celdelingen is de behoefte aan stikstof groot. Te weinig opname geeft meer rui, maar opname bij goede vochttoestand van de grond, die een sterke scheutgroei tot gevolg geeft, geeft eveneens meer rui, vooral bij bomen op sterke onderstam (Bömeke, 1965; Weissenborn, 1967). Bij kans op rui zou men daarom met de overbemesting moeten wachten tot na de rui (Daane, 1966).

Abbott (1965) bestudeerde de rui onder invloed van ingrepen zoals snoei en het verwijderen van bladeren of bloemknoppen. Hij verklaarde de rui uit concurrentie tussen vruchtjes en uitlopende scheuten om voedingsstoffen. Deze voedingsstoffen worden aanvankelijk uit de reserves van de boom geput. Het ogenblik, waarop deze uitgeput raken en de produktie van koolhydraten en stikstofcomponenten moet worden overgenomen door de toenemende fotosynthese, is kritiek. De concurrentie, eventueel versterkt door een groeistoot, wordt dan beslist ten koste van de vruchtzetting.

'Late val', een vorm van rui kort vóór de pluk, wordt eveneens door stikstof bevorderd (Boynton & Anderson, 1956; Greenham, 1965). Het wordt in de hand gewerkt door temperatuurwisselingen en kan tijdelijk worden tegengegaan door bespuiting met alphanaphtylazijnzuur. Mulchen geeft meer, grasonderbegroeiing minder val.

3.4 Vruchtgroei en rijping

De positieve invloed van stikstof op de vruchtgroei is minder duidelijk dan die op de scheutgroei; ze bedraagt meestal slechts enkele procenten (Greenham, 1965), soms lijkt deze zelfs negatief (Weissenborn, 1955; Boynton & Anderson, 1956; Delver,

1962b). Er is daarbij sprake van een gelijktijdig positief effect van stikstof op de bloei of de vruchtzetting. Omdat de vruchtgroei meer afhangt van de verhouding blad/vrucht dan van de stikstofbemesting gaat een zwaardere dracht door meer stikstof samen met kleinere vruchten.

Uit een onderzoek bij perziken door Albigo et al. (1966) is gebleken, dat stikstof alle stadia van de vruchtgroei verlengt, tenslotte resulterend in een verlate rijping. Bij appels duurt de periode van de celdelingen slechts vier weken. Stikstofopname na de vruchtzetting geeft een intensivering van deze celdelingen en een verlenging van de delingsperiode. Denne (1961) nam waar, dat de vruchtgrootte bij de pluk meer met het aantal dan met de grootte van de cellen samenhangt. Hieruit mag men afleiden, dat bemesting minder invloed op de vruchtgroei zal hebben naarmate deze later na de bloei wordt gegeven. Deze veronderstelling wordt bevestigd door de onderzoekingen van Schneider & McClung (1957), Hilkenbäumer & Schrodt (1965) en Lüdders (1968).

Een verschijnsel dat met een verstoring van de regelmaat van de vruchtgroei samenhangt is de verruwing van de vruchtschil. Deze betekent voor het gevoelige appelras Golden Delicious ernstig kwaliteitsverlies. Naast factoren zoals lage en sterk wisselende dag- en nachttemperaturen (Uitterlinden, 1964), onbeschutte ligging, bepaalde bestrijdingsmiddelen, spuittechniek, beregening met ijzerhoudend water, wateroverlast en vroeg invallende vorst (Hallemans, 1965; Hadorn, 1967), die meer verruwing geven, wordt ook de stikstofbemesting soms als ongunstige factor genoemd (Delver, 1963; Mitchell, 1964; Peerbooms, 1968). Hierbij moet aan een invloed op de vruchtgroei worden gedacht. Uit metingen van volumeveranderingen aan jonge vruchtjes van Golden Delicious door Eggert & Mitchell (1967) kwam vast te staan, dat appels van zwaar bemeste veldjes sterkere dag-nacht fluctuaties vertoonden dan die van licht bemeste veldjes.

De vertraging van bij de vruchtgroei betrokken processen door stikstof kan in een voor fruitteelt marginaal klimaat tot gevolg hebben, dat kleuring en rijping van de vruchten, ook bij later plukken, niet optimaal plaats vinden. Zo constateert Weissenborn (1955), dat bemesting de vruchtkleur in zon-arme jaren nadeliger beïnvloedt dan in jaren met veel zon. Dit ongunstige aspect van de stikstofvoorziening is bij vruchtbomen op sterke onderstam meer geprononceerd dan bij die op zwakke onderstam (Hoblyn & Bane, 1934; Dullum & Rasmussen, 1952; Boynton & Anderson, 1956; Drijfhout, 1961; Delver, 1966). Bij peren is de invloed op de rijping van geen betekenis (Van der Boon et al., 1964; Hewitt, 1967).

Naarmate de mestgift later in het seizoen ter beschikking komt neemt de ongunstige invloed op de kleur toe. (Magness et al., 1948; Lüdders, 1968). De vaak waargenomen betere vruchtkleur van appels uit boomgaarden met volvelds gras berust op een afname van de hoeveelheid beschikbare stikstof, vooral later in het seizoen (Greenham, 1965).

Een deel van de ongunstige invloed van stikstof is het gevolg van slechte belichting door dichtere bebladering. Open snoei kan dan sterk corrigerend werken.

Een kenmerk van het rijpingsproces, van betekenis voor de consumptie, is tenslotte

de ontwikkeling van geur- en smaakstoffen. Deze vindt plaats nadat de vruchtgroei vrijwel tot stilstand is gekomen. Hoewel naar de organoleptische aspecten van de stikstofvoeding weinig onderzoek is verricht, wijzen enkele onderzoekingen op een positieve invloed. Eggert et al. (1959) namen waar, dat MacIntosh-appels van goed gevoede bomen, ongeacht de vruchtkleur, steeds beter van geur en smaak en minder hard waren dan die van bomen met stikstofgebrek. Bij perziken bleken geur, zoetheid en gehalte aan vitamine C positief gecorreleerd te zijn met het stikstofgehalte van de bladeren (Proebsting et al., 1957).

3.5 Bewaarbaarheid

De invloed van stikstofbemesting op de ontwikkeling van fysiogene afwijkingen tijdens de bewaring, voor zover aanwezig, is veel zwakker dan die van factoren zoals dracht, ras-onderstam-combinatie, grondsoort, opname van Ca en K, vochtvoorziening en rijpheid bij de pluk (De Haas, 1959; Pfaff, 1963; Roach, 1966).

Voorzover een samenhang tussen stippigheid van appels en stikstof werd aangetoond berust deze voornamelijk op de door stikstof bevorderde vruchtgroei. Grote appels zijn gevoeliger voor kurkstip. Zo vonden Mori et al. (1963) in een potproef dat grotere appels meer stip tijdens de bewaring kregen als stikstof in mei-juni in plaats van in juli-augustus werd gegeven. Daarnaast kan stikstof de rijping vertragen, wat onrijper plukken in de hand werkt. Onrijpere vruchten hebben bovendien meer kans om tijdens de bewaring stippig te worden (Mulder, 1951).

Op zure zandgrond werd door Hilkenbäumer & Kohl (1968) een hoger percentage stip door meer stikstof gevonden. Hohman (1963) vond een dergelijke invloed op zandgrond met een goede kalktoestand echter niet. Een samenhang tussen het percentage stippige vruchten en de stikstofbemesting is vaak afwezig of zwak (Delver, 1961, 1969; Van Schreven & Van der Boon, 1962). Een advies om de stikstofbemesting te verlagen in verband met de kans op stip, zoals in de Verenigde Staten en Canada wel wordt gegeven (Archibald, 1960; Roosje et al., 1966) lijkt dan ook niet tot het beoogde doel te leiden.

Van Schreven & Staden (1964) menen dat 'scald', een vlekkerige bruinverkleuring in de schil van appels, door stikstof wordt versterkt. Deze mening wordt niet in de literatuur bevestigd. Ook voor het verwante verschijnsel 'bruinverkleuring', dat veel bij Golden Delicious wordt aangetroffen, is een verband met de bemesting vaak afwezig of zwak (Delver, 1963, 1967; Meeuwse, 1966).

Geen invloed van de stikstofbemesting kon worden aangetoond bij 'bewaarspot' in Jonathan-appels (Van Schreven & Staden, 1964; Bünemann et al., 1959), bij 'lage temperatuurbederf' (Bünemann et al., 1959) en bij 'Jonathan-bederf' (Van der Boon et al., 1966).

3.6 Vatbaarheid voor ziekten en plagen

Een apart vraagstuk vormt de verhoogde gevoeligheid voor aantasting door schimmel- en bacterieziekten en plagen, in talloze gevallen vastgesteld bij gewassen met goede stikstofvoorziening vergeleken met gewassen met stikstoftekort.

Door Parker et al. (1961) is bij peren meer perevuur, veroorzaakt door de bacterie *Erwinia amylovora* vastgesteld, als gevolg van meer groei door extra stikstof. Een dergelijk verband is door Moore (1936) aangetoond voor schurft bij appels (*Venturia inaequalis* en door Bachelder et al. (1956) voor de bacterievlekkenziekte bij perzik (*Xanthomonas pruni*).

Tijdens de bewaring kunnen verschillende schimmelaantastingen optreden. Voor het bekende Gloeosporium-rot (*Pezicula malicornis*) en *P. alba* vonden Corke (1959) en Delver (1966) een positief verband met de stikstofbemesting. Dergelijke waarnemingen bij verschillende vormen van rot zijn niet zeldzaam. Bewaarverliezen door rot behoeven echter geen probleem te vormen: de besmetting vindt meestal reeds in het veld plaats en kan daar met fungiciden goed worden tegengegaan.

De stikstoftoestand van de waardplant heeft ook grote invloed op de populatieontwikkeling van talloze soorten mijten, bladluizen, vlinders, sprinkhanen etc. (Storms, literatuuroverzicht, 1965). Post (1962) vond bij de fruitspintmijt *Panonychus ulmi* op appelbladeren met een gehalte van 2,44% N een 1,6× zo grote eiproduktie en lagere mortaliteit dan bij mijten op bladeren met 1,78% stikstof, terwijl op de bomen met het eerstgenoemde blad ook de groene appeltakluis (*Aphis pomi*) en de bloedluis *Eriosoma lanigerum* zich sneller ontwikkelden.

Bij de meeste van dit soort onderzoekingen werd de ontwikkeling van de betreffende plaag vergeleken bij sterk uiteenlopende stikstoftoestanden van de waardplant. Het is echter de vraag, of een verlaging van de bemesting mogelijk is tot een niveau waarbij de ontwikkeling van de plaag reeds duidelijk wordt beperkt, zonder dat van een onaanvaardbare opbrengstdepressie door stikstofgebrek sprake is. Hierover is nog weinig bekend.

4 Stikstof en vegetatieve ontwikkeling

De veelzijdige invloed van stikstof op fruitgewassen is aanleiding geweest tot het uitvoeren van enkele proeven, merendeels in potten. Deze hebben betrekking op een in de tijd wisselend stikstofaanbod, wisselwerkingen bij de opname in opeenvolgende jaren, vorming van stikstofreserves en concurrentie. De verschillende facetten van de stikstofvoeding die hierin naar voren komen kunnen een basis vormen voor de interpretatie van veldproeven. Er wordt onderscheid gemaakt naar proeven waarin de groei (4.1–4.5) en die waarin de bloei en de vruchtontwikkeling werden bestudeerd (5.1–5.4).

4.1 Stikstof, bodemvocht en concurrentie door gras

Doel van het onderzoek

Een onderbegroeiing met gras, vooral als deze volvelds is, leidt tot vocht- en stikstofconcurrentie met de vruchtboom. De sterkte daarvan hangt af van verschillende factoren (8.3). In een potproef werd de concurrentie bestudeerd bij verschillende niveau's van vocht- en stikstofvoorziening.

Opzet van de proef

Materiaal: sterk gesnoeide eenjarige stekken van de als onderstam gebruikte appel, type M.11; 7 per pot van 26 liter, gevuld met slibhoudend humus- en stikstofarm, matig fijn zeezand (plaatzand). Een aantal planten, eveneens sterk gesnoeid en van de meeste wortels ontdaan, diende voor analyse ter nadere karakterisering van het uitgangsmateriaal.
Stikstoftrappen: 0, 87, 174, 348, 696, 1393, 2785, 5571 en 8356 mg N per pot als kalkammonsalpeter.
Vochttrappen: per stikstoftrap 18 (vochtig) en 11,5 (droog) gewichtsprocenten (= 86 en 39% van veldcapaciteit), geregeld op peil gehouden door wegen en gieten.
Ondergroei: elke stikstof-vochttrap met veldbeemdgras als onderbegroeiing en kaal.
Aantal behandelingen: 36, in enkelvoud.
Waarnemingen: schattingen van de bladkleur, metingen van de scheutlengte, bepaling van de hoeveelheid droge stof van delen van de proefplanten en het gras en analyse van het gehalte aan N en (hier niet besproken) P_2O_5, K_2O, MgO en CaO in deze delen.
Proefduur: begin maart–4 september 1961.
Volledige gegevens: Delver, P. & J. Oele, 1965: Verslag van een potproef over de invloed van stikstof, grasbegroeiing en vochtvoorziening op de appelonderstam M.11. Intern rapport, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, 1965, No. 7.

Produktie van droge stof

Uit waargenomen groeiremmingen bij het uitlopen en uit de ontwikkeling van de bladkleur bleek reeds tijdens de proef, dat binnen het tracee van stikstofgiften zowel stikstofgebrek als -overmaat voorkwam. Uit de hoeveelheid droge stof van de verschillende delen van de appelboompjes aan het einde van de proef en die van het meermalen geknipte gras komt dit eveneens naar voren (Fig. 10 a-f).

De vochttoestand had de sterkste invloed, althans bij de bovengrondse delen. Het effect was sterker naarmate de stikstofvoorziening beter was. Bij de scheuten en de

Fig. 10. Produktie aan droge stof per pot (7 planten) van jonge appelbomen (a–d) en gras (e–f), bij verschillende vocht- en stikstofvoorziening, met en zonder gras-ondergroei. Schaal van N-giften evenredig aan $\sqrt{\frac{N}{870}}$.

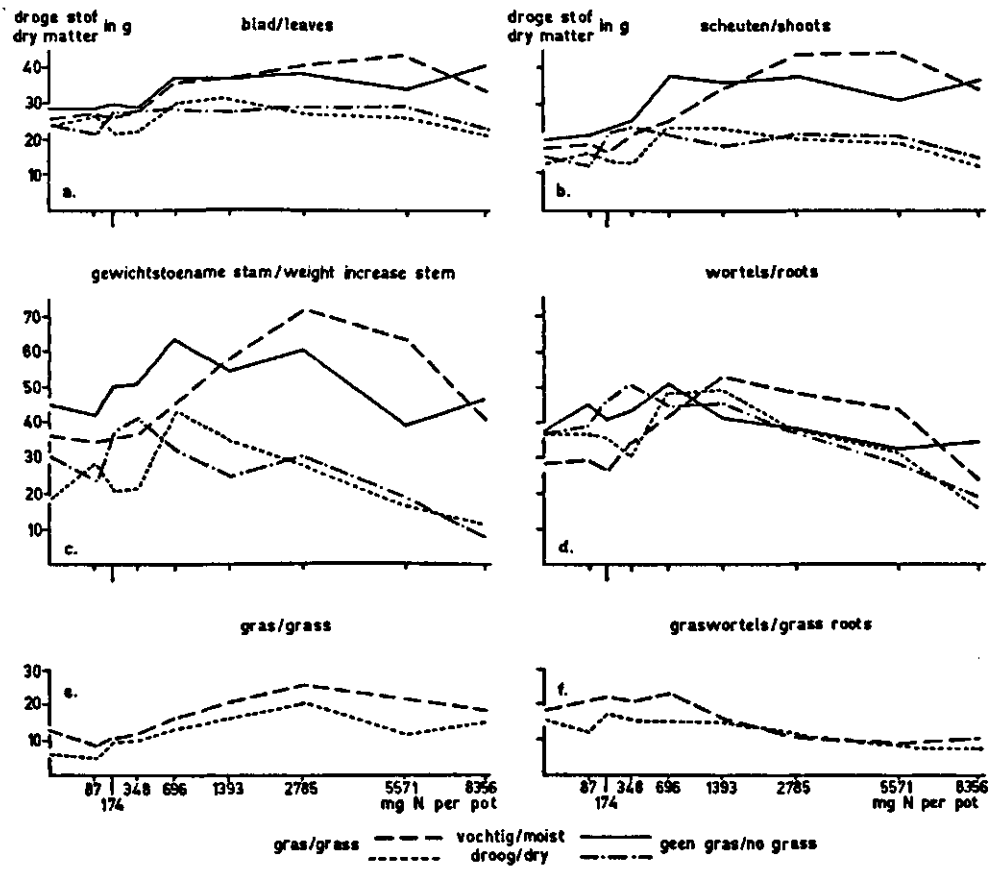


Fig. 10. Dry matter production per pot (7 plants) of young apple-trees (a–d) and grass (e–f), as related to moisture and nitrogen supply, with and without grass cover. Scale of N dressings proportional to $\sqrt{\frac{N}{870}}$.

toename van het stamgewicht (weergegeven als verschil tussen eindgewicht van proef en begingewicht van reserveplanten) is sprake van niet scherp vast te stellen stikstofoptima die van de vochtvoorziening afhangen. Bij de stam liggen deze optima bij de vochtige series tussen 696 en 2785 mg N, bij de droge series tussen 348 en 696. De invloed van de onderbegroeiing lijkt het duidelijkst bij de vochtige series, afhankelijk van het stikstofniveau: tot ca 1393 mg N bij de vochtige en 696 bij de droge series geeft gras een lagere produktie van de appel, daar boven heeft gras geen of een gunstige invloed. Dit verschijnsel berust op stikstofconcurrentie. Daardoor komt het optimum bij de boompjes met onderbegroeiing bij een hogere gift te liggen dan bij die met onbegroeide grond. Er is hierbij misschien ook sprake van een hogere optimale produktie (stam, scheut). Dit kan het gevolg zijn van een beter behoud van de bodemstructuur door gras. In deze humusarme grond gaat de structuur door het gieten gemakkelijk achteruit.

Uit de ligging per vochttrap van de snijpunten van de produktielijnen blijkt voorts, dat de ongunstige invloed van het gras tot een hoger bemestingsniveau merkbaar is bij betere vochtvoorziening. Door meer vocht wordt de grasgroei (10e, f) en dus de stikstofconcurrentie sterker. Vochtconcurrentie zal in deze proef van weinig betekenis zijn geweest omdat het vochtgehalte per trap vrijwel constant werd gehouden.

Het effect van stikstofovermaat is voorts bij de wortel en de stam (vooral bij 'droog') duidelijker dan bij bladeren en scheuten. Dit heeft een hogere spruit/wortel-verhouding bij meer stikstof tot gevolg.

Het valt op, dat de produktie aan droge stof bij alle delen van de appel bij 0 N nog een relatief hoog niveau bereikt. Aangezien hierbij uit de van nature arme grond vrijwel geen stikstof kon worden opgenomen moet sprake zijn geweest van groei ten koste van in het gewas aanwezige stikstofreserves. Vooral bij het blad lijkt het achterblijven van de produktie ten gevolge van stikstofgebrek opvallend gering. Uit een berekening van de relatieve opbrengstvermeerdering door de ongeveer optimale stikstofgiften en door de betere vochtvoorziening blijkt, dat de scheuten relatief sterker op stikstof en vocht reageren dan de bladeren (Tabel 1). De door de stikstofreserve mogelijke produktie van nieuwe droge stof wordt blijkbaar niet evenredig over alle organen verdeeld maar komt het sterkst ten goede aan het blad, het voor het functionneren meest essentiële orgaan.

De grasgroei (10e) heeft eveneens op de betere vochtvoorziening gereageerd maar van een verschillend stikstofoptimum was daarbij niet duidelijk sprake. Over alle stikstofgiften gemiddeld gaf meer vocht 32% meer gras + wortels. Bij de appel was dit voor alle delen gezamenlijk 42%. Deze minder sterke reactie van het gras kan aan een grotere worteldichtheid worden toegeschreven. Daardoor blijft de groei bij (constant gehouden) hogere vochtspanningen minder sterk achter dan bij het ijler wortelende appelgewas.

De graswortels vertonen een laag stikstofoptimum en reageren alleen bij weinig stikstof op meer vocht. Een verklaring voor het geringe verschil bij hoge giften kan misschien worden gevonden in nivellering van een eventueel gunstig effect van lage vochtspanning door een te groot stikstofaanbod.

Tabel 1. Meeropbrengst aan droge stof in blad en scheut van appelstekken in potten door betere vochtvoorziening en optimale stikstofbemesting, in procenten van de produktie van droog gehouden planten.

		Blad/Leaves		Scheut/Shoots	
		bodemvocht/soil moisture		bodemvocht/soil moisture	
		11,5%	18%	11,5%	18%
Kale grond Bare soil	bij gemiddelde van as average of 0–348 mg N per pot	100	116	100	125
	bij gemiddelde van as average of 1393–5571 mg per pot	111	145	113	196
Onder gras With grass cover	bij gemiddelde van as average of 0–348 mg N per pot	100	119	100	132
	bij gemiddelde van as average of 1393–5571 mg per pot	125	180	153	295

Table 1. Increase in dry matter of leaves and shoots of apple cuttings in pots by more favourable moisture conditions and optimum nitrate application, as percentages of the plants on dry soil.

Stikstofgehalte

Beter dan in de hoeveelheid droge stof komen de behandelingsinvloeden tot uiting in de percentages N in de aparte plantedelen. De gehalten van het blad zijn weergegeven in Fig. 11. Ze demonstreren dat de stikstofconcurrentie het sterkst is bij veel grasgroei (vochtige serie). De lijnen voor 'gras' en 'geen gras' convergeren iets naar de uiteinden: zowel bij zeer lage als bij hoge stikstofgiften is de invloed van het gras minder duidelijk. Dit ligt voor de hand: bij weinig opneembare stikstof wordt het gehalte

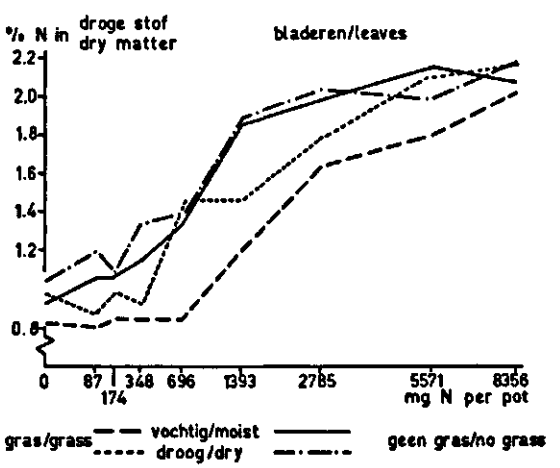


Fig. 11. Stikstofgehalte in het blad (4 september).

Fig. 11. Nitrogen percentages in leaves (4 September).

meer door de reserves in het gewas dan door de door concurrentie beïnvloede opname bepaald. Bij veel stikstof heeft de concurrentie geen invloed meer op de opname.

De gehalten in de overige plantedelen vertoonden met Fig. 11 overeenkomende reacties.

Opname van stikstof

Uit de hoeveelheid droge stof en het stikstofgehalte kon worden berekend, hoeveel stikstof zich aan het einde van de proef in de delen van de appel en het gras bevond. De analyse van reserveplanten aan het begin gaf een globale indruk van de hoeveelheid in de planten oorspronkelijk aanwezige stikstof. Dit betrof hoofdzakelijk het stamgedeelte (100 g droge stof, 0,67% N). Hiermee kon een schatting worden gemaakt van de stikstofopname uit de grond (Tabel 2).

De samenhang tussen de hoeveelheid stikstof en de behandelingen is voor het stamgedeelte weergegeven in Fig. 12. Hoewel 670 mg N slechts een ruwe schatting is van de oorspronkelijk aanwezige stikstof, demonstreert het verschil met de eindtoestand duidelijk dat onder alle omstandigheden, maar het sterkst bij lage giften, veel stikstof uit de stam is verdwenen. Dit is het gevolg van verplaatsing ten behoeve van de vorming van droge stof in nieuwe delen. Deze vindt blijkbaar zowel bij onvoldoende als bij voldoende opname plaats. In de lijnen herkent men voorts weer de invloed van de vochtvoorziening en de concurrentie.

In Tabel 2 is de door de appel uit de grond opgenomen stikstof berekend uit de totale hoeveelheid aan het eind, verminderd met de geschatte hoeveelheid bij het planten. Bij de potten met gras blijkt dat de appelboompjes tot een gift van 348 mg vrijwel geen stikstof hebben opgenomen. De uit de stam verdwenen stikstof (Fig. 12) wordt hierbij vrijwel geheel in de nieuw gevormde delen teruggevonden. Het gras

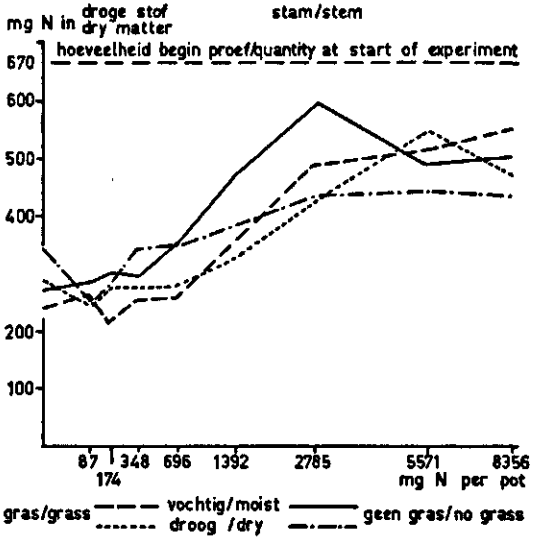


Fig. 12. Stikstof in de stam, aan het einde van de proef.

Fig. 12. Nitrogen in the stem at end of experiment.

Tabel 2. In de plantedelen aanwezige stikstof in mg per pot aan het eind van de proef (gras en jonge appelboompjes).

	Bemesting (Fertilization) in mg N per pot								
	0	87	174	348	696	1393	2785	5571	8356
Onder gras, vochtig/Under grass, moist									
gras/grass	298	222	245	289	429	650	769	637	643
blad/leaves	224	228	227	250	324	466	679	801	699
scheut/shoots	78	70	63	75	93	120	187	211	203
stam/stem*	241	266	221	257	260	357	487	517	554
wortel/roots	124	117	103	155	168	261	373	366	261
totaal appel/total apple	667	681	614	737	845	1204	1726	1895	1717
minus 670 in geplante stek initially present N =	−3	11	−56	67	175	534	1056	1225	1047
Onder gras, droog/Under grass, dry									
gras/grass	199	148	234	395	422	475	630	424	468
blad/leaves	212	243	217	209	443	462	492	553	474
scheut/shoots	50	61	54	54	108	103	113	136	101
stam/stem*	294	245	280	275	280	336	426	547	473
wortel/roots	153	171	146	126	247	278	300	271	164
totaal appel/total apple	709	720	697	664	1078	1179	1331	1507	1212
minus 670 in geplante stek initially present N =	39	50	27	−6	408	509	661	837	542
Onbegroeid, vochtig/Bare, moist									
blad/leaves	278	316	329	341	520	689	767	752	859
scheut/shoots	77	77	84	98	141	173	223	198	234
stam/stem*	273	285	301	293	357	474	594	484	504
wortel/roots	174	217	174	233	290	345	353	328	371
totaal/total	802	895	888	965	1308	1681	1937	1762	1968
minus 670 in geplante stek initially present N =	132	225	218	295	638	1011	1267	1092	1298
Onbegroeid, droog/Bare, dry									
blad/leaves	255	254	303	401	403	512	593	575	499
scheut/shoots	64	56	83	100	99	113	138	134	118
stam/stem*	341	254	280	343	347	386	436	442	436
wortel/roots	195	239	227	294	314	374	354	325	196
totaal/total	855	803	893	1138	1163	1385	1521	1476	1249
minus 670 in geplante stek initially present N =	185	133	223	468	493	715	851	806	579

* Zie ook Fig. 12 / See also Fig. 12.

Table 2. Calculation of amounts of N (in mg per pot) taken up by grass and young apple-trees.

nam echter wel stikstof op, zelfs bij 0 N.

Zonder onderbegroeiing was de appel bij de laagste giften wel in staat stikstof op te nemen. Bij een laag aanbod komt vrijwel alle beschikbare stikstof blijkbaar ten goede aan het gras. Naarmate het aanbod stijgt, wordt de verhouding tussen de opname

van gras en appel minder door de concurrentie dan door het opnamevermogen van beide gewassen bepaald. Zo bedroeg deze verhouding, gemiddeld over beide vochttrappen, bij de drie laagste giften ca 20, bij de drie hoogste 0,7. Deze voor de concurrentie karakteristieke samenhang met het stikstofaanbod berust op de grote voorsprong van gras bij de opname. Deze is het gevolg van de (onder veldomstandigheden nog duidelijker geaccentueerde) vroegere ontwikkeling. Bovendien wijzen het hoge stikstofgehalte van het gras in het voorjaar en de snelle daling bij veroudering erop, dat de opname daarbij is gericht op voorraadvorming (Van Burg, 1962).

Vochtverbruik

Uit de geregistreerde watergiften kon het totale vochtverbruik per behandeling worden berekend (Fig. 13). Dit is in de eerste plaats beïnvloed door de vochtvoorziening. Bij de hoge vochttrap waren de verdampings- en transpiratieverliezen duidelijk het hoogst. Er is verder sprake van een afnemend vochtverbruik bij de hoogste stikstofgiften: dit moet als een effect van te hoge zoutconcentraties worden gezien (vergelijk Fig. 10).

Hoewel het verschil tussen gras en geen gras niet opvallend groot is, lijkt van een wisselwerking met het stikstofniveau sprake te zijn: bij weinig stikstof verbruikten de potten zonder gras, bij veel stikstof die met gras het meeste water. De verklaring hiervoor kan in het tweeledige effect van gras worden gezocht: beperking van de verdamping aan de grondoppervlakte enerzijds en extra vochtverbruik door transpiratie anderzijds. Bij weinig stikstof is er weinig grasgroei, zodat de beperking van verdampingsverliezen opweegt tegen de geringe extra transpiratie. Bij veel stikstof en groei overweegt de invloed van de extra transpiratie.

Door de niet bekende verdampingsverliezen kan de produktie aan droge stof per

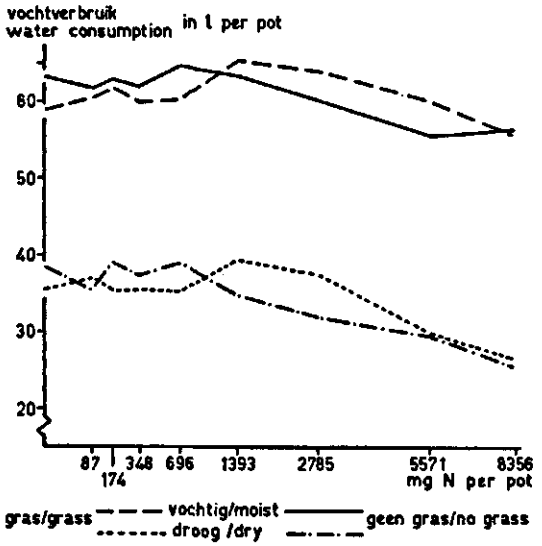


Fig. 13. Vochtverbruik per behandeling.

Fig. 13. Moisture consumption per treatment.

Tabel 3. Totale produktie aan droge stof (inclusief gras) per liter verbruikt water.

	mg N per pot								
	0	87	174	348	696	1393	2785	5571	8356
Gras,vochtig/Grass, moist	2,4	2,3	2,0	2,6	3,1	3,4	3,8	3,8	2,9
Gras, droog/Grass, dry	3,2	3,4	3,3	3.2	4,9	4,3	3,9	3,8	3,4
Onbegroeid, vochtig/Bare, moist	2,1	2,2	2,3	2,4	2,9	2,6	2,9	2,5	2,8
Onbegroeid, droog/Bare, dry	2,8	2,7	3,4	3,8	3,3	3,3	3,7	3,3	2,7
Gemiddeld/Average	2,6	2,7	2,8	3,0	3,6	3,4	3,6	3,4	3,0

Table 3. Total dry matter production (grass included) per litre water consumption.

liter door het gewas verbruikt water (reciproke waarde van de transpiratiecoëfficient) niet worden berekend. Binnen elke vochttrap-onderbegroeiing serie mogen de verdampingsverliezen echter gelijk worden verondersteld, zodat uit een vergelijking per serie van de totale hoeveelheid droge stof (gras + appel) per liter verbruikt water wel conclusies mogen worden getrokken (Tabel 3). De grasbegroeiing heeft tot een efficiënter waterverbruik geleid: de totale produktie aan droge stof is dan groter dan bij onbegroeide grond onder de bomen. Verder vertonen de meeste series een optimum: zowel stikstoftekort als overmaat leiden tot minder efficiënt waterverbruik.

4.2 Stikstofopname in verschillende perioden

Doel van het onderzoek

In fruitgronden vindt een met de tijd wisselend aanbod van stikstof plaats. Dit is het gevolg van het moment van de bemesting, het vertikale transport van stikstof, de variaties in het vochtgehalte van de grond, de mineralisatie van stikstof uit organische stof en concurrentie. In een potproef werd de invloed van periodieke veranderingen van beschikbare stikstof op groei, bladkleur en opname onderzocht.

Opzet van de proef

Materiaal: als bij 4.1, 7 planten per pot.
Stikstof: 1395 mg N per pot, als kalksalpeter, in verschillende perioden ter beschikking gesteld.
Vochtvoorziening: constant 19 gewichtsprocenten (bijna veldcapaciteit).
Ondergroei: geen.
Proefschema:

Serie I N vóór het planten toegediend, verwijderd op						Serie II[2]) N toegediend (later niet verwijderd) op					
1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	9/4	11/5	18/6	12/7	16/8	6/9
a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f

2. Om de bodemstructuur bij serie II vergelijkbaar te houden met die in I en III (inklinking door het uitspoelen) werd de grond vóór de bemesting doorgespoeld. Deze bleef daarna vrij lang nat, zodat bij II later moest worden bemest dan bij I.

Serie III
N toegediend resp. verwijderd op

1/4–1/5	1/5–1/6	1/6–1/7	1/7–1/8	1/8–1/9	1/9–1/10
a	b	c	d	e	f

Bij series I en III werd de grond na de betreffende periode met water doorgespoeld onder controle van stikstof in het spoelwater. Niet opgenomen stikstof werd daardoor vrijwel geheel verwijderd.
Serie IV: N vanaf planten tot einde van de proef (+N)
Serie V: geen N (−N)
Aantal behandelingen: 20, in duplo
Waarnemingen: schattingen van de bladkleur, metingen van de lengtegroei van de scheuten, bepaling van de hoeveelheid droge stof van delen van de planten, analyse van het gehalte aan N hierin. Aan het begin van de proef: bepaling van droge stof en stikstof in het stamgedeelte van reserveplanten.
Proefduur: 1 maart–15 oktober 1962
Volledige gegevens: Delver, P., 1965: Verslag van een potproef over de invloed van stikstof opgenomen in verschillende perioden, op de appelonderstam M.11. Intern rapport, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, 1965, no. 8.

Ontwikkeling van de bladkleur

Bij de schattingen van de bladkleur betekenden de cijfers 4, 5, 6, 7 en 8 achtereenvolgens: groengeel, geelgroen, lichtgroen, groen en donkergroen. Omdat de schattingen door het ontbreken van een absolute maatstaf lichte veranderingen vertoonden en het vooral om de onderlinge verschillen ging, is in Fig. 14 de afwijking van de kleur ten opzichte van die van onbemeste planten (-N) weergegeven. De kleurcijfers voor deze laatste planten bedroegen achtereenvolgens: 12 juni 6,1; 4 juli 5,0; 27 juli 4,7; 6 augustus 4,4 en vanaf 10 augustus ca 4,3.

Wat de kleur betreft leverde serie III geen gezichtspunten op die niet al bij de beide andere series ter sprake kwamen; daarom werd serie III niet in Fig. 14 opgenomen.

Bij geheel achterwege laten van de bemesting (-N, zie voor) werd alleen in het begin bladgroen gevormd ten koste van de stikstofreserve in de plant. Door groei trad een 'verdunning' op welke met een snel lichter wordende kleur gepaard ging. Na het afsluiten van de bladgroei, van eind juli af, bleef deze vrijwel constant.

Naarmate stikstof van 1 maart af langer, tot ca begin juli, ter beschikking stond werd meer bladgroen gevormd (Ia-d). Het beloop van deze lijnen staat onder invloed van verschillen in de opname en groei ten opzichte van onbemest. De daling tot half juli moet worden verklaard door extra groei na beëindiging van de opname. Na het einde van deze extra groei, afhankelijk van de bemesting van begin tot eind juli af, bleven de verschillen nagenoeg constant. De lijnen Ia-d weerspiegelen situaties die in de praktijk kunnen ontstaan bij concurrentie door volvelds gras: naarmate in het voorjaar minder wordt bemest raakt de stikstof eerder op en ontstaan lichtere bladkleuren.

Stond stikstof ook in juli of later nog ter beschikking (Ie, f, + N), dan trad na juli een intensivering van het kleurverschil op. Dit is het gevolg van opname en bladgroenvorming bij relatieve stilstand van de groei. In deze intensivering van de groene kleur mag men een kenmerk zien van langdurende of late opname, welke tot de vorming van een stikstofreserve leidt. Het ontbreken van verschillen tussen deze lijnen na 1 augustus suggereert dat de (matige) gift van 1395 mg N op deze datum reeds

Fig. 14. Verschillen in bladkleur ten opzichte van onbemest (serie I en II).

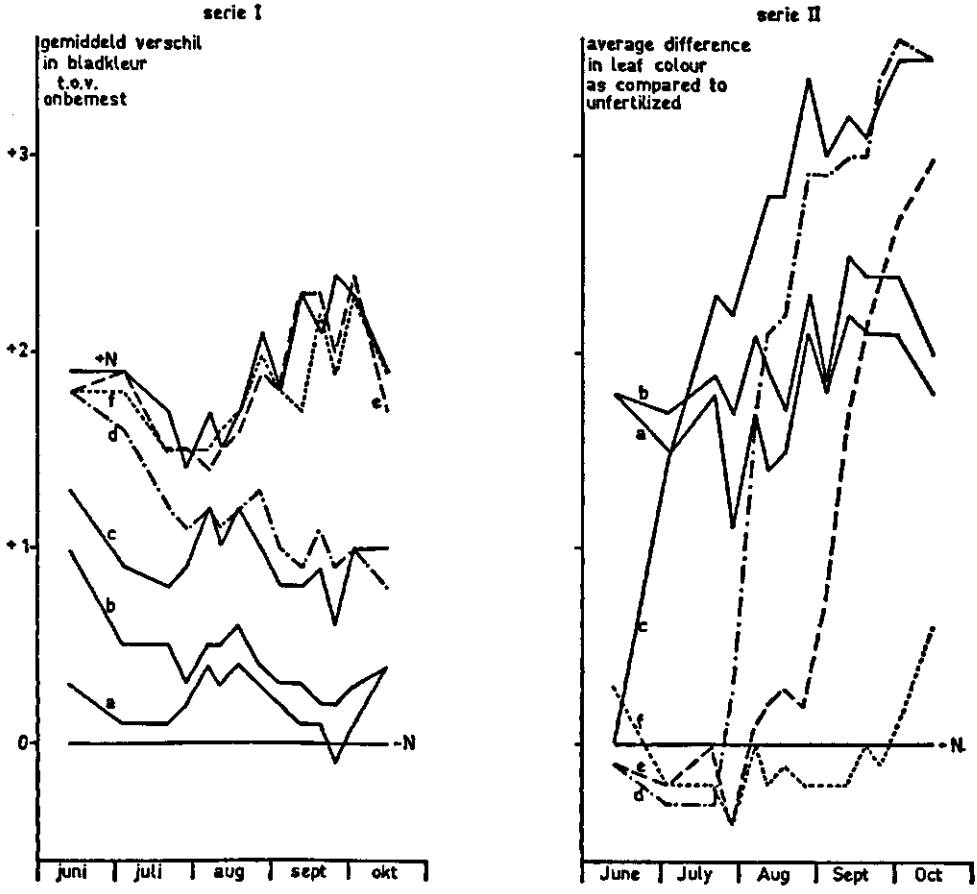


Fig. 14. Differences in leaf colour as compared to unfertilized apple-trees (−N = 0), in a pot trial on the influence of time of nitrogen dressing.
Series I: nitrogen supplied before planting, removed on successive data (a, b, c etc).
Series II: nitrogen supplied on successive data (a, b, c etc.), not removed.
Series III: nitrogen supplied on successive data (a, b, c etc.) and removed one month later (not in figure).

grotendeels was opgenomen.

Een geheel ander beeld ontstond als de planten aanvankelijk geen stikstof kregen (serie II). Werd nog in het voorjaar bemest (IIa en b, 9 april en 11 mei), dan was de kleurontwikkeling bijna identiek met die bij bemesting vanaf het begin (+N). Was de bemesting aanvankelijk langer achterwege gebleven, dan ontstond ernstig stikstofgebrek en had bemesting tot begin september vrijwel onmiddellijk effect (IIc, d, e, f). Uit het grote verschil tussen b en c moet men afleiden dat de opname en de chlorophylvorming bij bemesting op 18 juni (c) ten opzichte van de blad- en scheutgroei veel sneller plaatsvonden dan bij bemesting op 11 mei (b). Dit zal het gevolg zijn geweest van de vanaf 18 juni aanvankelijk nog hogere stikstofconcentratie, de door

stikstofgebrek aanvankelijk nog lagere groeisnelheid en een relatief snelle opname bij stikstofarme planten (c). Bij nog latere bemesting verminderde bovendien de mogelijkheid tot prikkeling van de groei; stikstof diende dan meer voor verhoging van de stikstoftoestand van de plant en voor de vorming van bladgroen, zodat veel donkerder kleuren ontstonden dan bij opname vanaf het voorjaar. Bladgroen kon blijkbaar ook eind september nog worden gevormd (f).

Voor praktijkomstandigheden betekent de reactie bij laat op gang gekomen opname dat het effect van zomerbemesting, mits voldoende in de grond ingedrongen, groot kan zijn. Dit geldt speciaal voor gewassen met relatieve stikstofarmoede.

Kleur en stikstofgehalte van de bladeren

Daar in de praktijk zowel kleur als stikstofgehalte van het blad gebruikt worden als indicatie voor de stikstoftoestand rijst de vraag, of de samenhang tussen beide wordt beïnvloed door seizoen-variaties in de stikstofopname. Voor een late waarneming, half oktober, bleek dit inderdaad het geval te zijn (Fig. 15). Bij late bemesting (12 juli of later, IId, e, f, IIIe, f) werd een hoger stikstofgehalte gevonden dan op grond van het gemiddelde verband met de kleur bij de overige behandelingen kon worden verwacht. In deze periode zal het gehalte een betere indruk kunnen geven van de late opname en reservevorming dan de kleur. Dit naijlen van de bladgroenvorming bij de opname kan het gevolg zijn van versnelde opname door stikstofarme planten en afname van het vermogen tot bladgroenvorming.

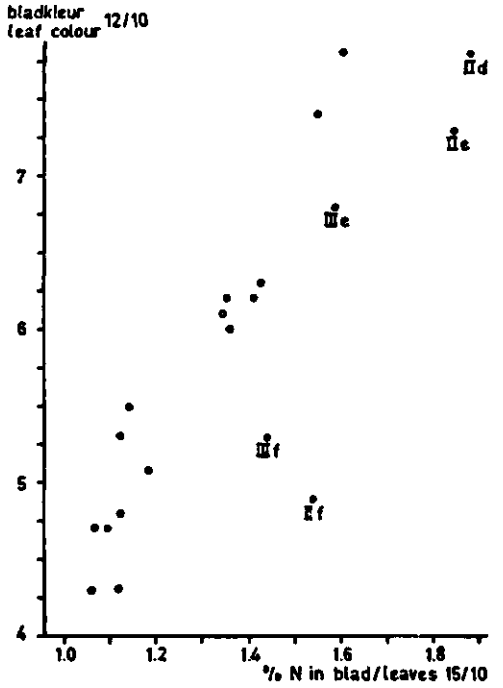


Fig. 15. Verband tussen kleur en stikstofgehalte van bladeren (oktober). Behandelingen aangegeven bij afwijkende punten.

Fig. 15. Leaf colour as related to nitrogen percentage (October). Treatments indicated for deviating points.

Lengtegroei van de scheuten

De scheutgroei vertoonde geen grote verschillen als gevolg van de nivellerende invloed van stikstofreserves in de planten. Eind juni was de lengtegroei bij de meeste behandelingen vrijwel beëindigd door de vorming van een eindknop. In twee gevallen was echter in juli nog duidelijk sprake van doorgroei: bij IIc en IIId, bemest op 18 juni en 1 juli, werden na 29 juni per scheut nog toenamen van 2,3 en 4,0 cm gemeten. Dit betrof gemiddelden van alle scheuten, waaronder vele zeer korte niet-groeiende. Bij de overige behandelingen varieerde dit van 0 tot 0,5 cm.

Deze 'hergroei' na een periode van stilstand, in de praktijk bekend als Sint-Janslot, treedt blijkbaar alleen op na een stikstofstoot kort vóór de vorming van een eindknop. Volgens Hill-Cottingham (1963) is een relatief lage stikstoftoestand eveneens voorwaarde voor deze hergroei. In de praktijk wordt het Sint-Janslot waargenomen 'na de langste dag', als na een vertraging van de groei door een lange periode van droogte overvloedige regenval optreedt. Het herstel van de vochtvoorziening gaat dan gepaard met een plotseling vergroot stikstofaanbod door toestroming van nitraat, mineralisatie van organische stof (7.1) of inspoeling van kunstmest.

Produktie van droge stof

Bij het beëindigen van de proef zijn de opbrengsten aan droge stof van de verschillende plantedelen vastgesteld. Voor het stamgedeelte is de bijgroei geschat als verschil van eindgewicht van proef- en begingewicht van reserveplanten (100 g). In Fig.

Tabel 4. Toetsing per serie van opbrengsten aan droge stof (Fig. 16) en van totaal opgenomen stikstof (Fig. 18).

	Links significant groter dan rechts (P = 0,05) Left significantly exceeding right (P = 0.05)					
	serie/series I		serie/series II		serie/series III	
blad+scheut leaf+shoot	e f,+N,d,c, b	−N,a,b,c −N,a −N	c b a,d,+N	−N,f,e,+N,d,a −N,f,e,+N,d −N,f,e	d +N,c b	−N,a,e,f,b,c,+N −N,a,e,f −N,a
wortel root	e,d +N,c,f,b	−N,a −N	b a,c,+N	−N,f,e,d −N,f,e	c,+N	−N
totaal droge stof total dry matter	e d,+N,f,c b	−N,a,b −N,a −N	b,c a,d,+N	−N,f,e,+N,d −N,f,e	d,c,+N b	−N,a,f,e −N,a
totaal opgenomen N (mg) total N-uptake	e,+N,f d	−N,a,b,c −N,a	d,e c f,b,+N,a	−N,a,+N,b,f −N,a,+N,b −N	d,f,e,+N c	−N,a,b,c −N,a

Table 4. Statistical evaluation, per series, of dry matter production (Fig. 16) and total nitrogen uptake (Fig. 18).

Fig. 16. Produktie aan droge stof per pot (7 planten).

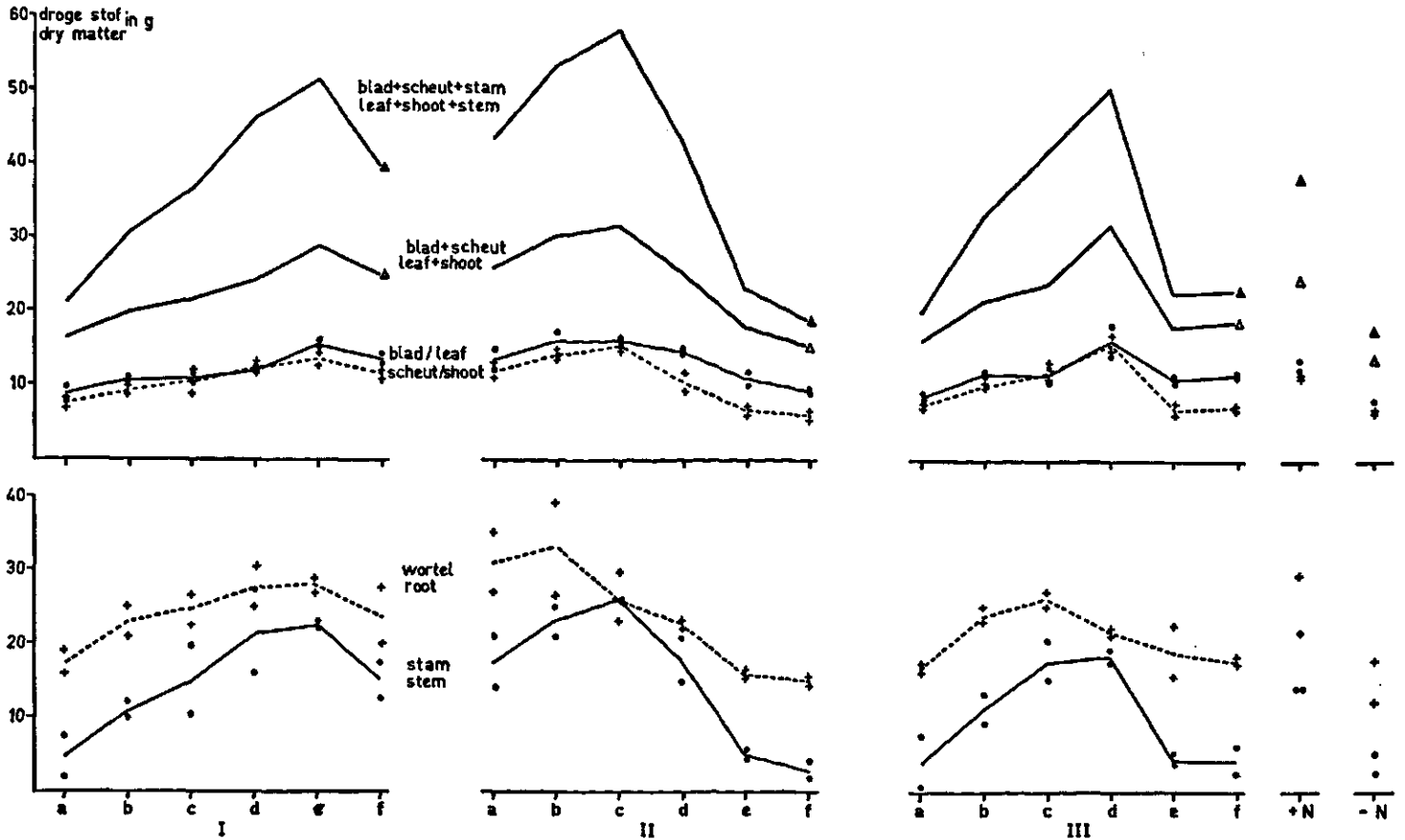


Fig. 16. Dry matter production per pot (7 plants).

16 zijn de opbrengsten aan droge stof weergegeven. Tabel 4 geeft de resultaten van de toetsing van de behandelingsverschillen per serie.

Stikstofvoorziening van het begin van het seizoen af (serie I) heeft meer groei gegeven naarmate de beschikbaarheid langer duurde (tot in juli, e). Nog langere opname had geen positief effect meer. Het is niet duidelijk, waarom Ie (stikstof tot 1 augustus) iets meer groei gaf dan If en +N. Mogelijk heeft de natte periode na het uitspoelen in deze tijd van sterke evapotranspiratie bij Ie een gunstige invloed gehad.

Bemesting na een stikstofarme periode in het voorjaar (serie II) heeft een versterkte groei gegeven. Werd pas op 18 juni bemest (IIc), dan werd bovengronds betrouwbaar meer droge stof geproduceerd dan bij bemesting aan het begin van de proef (+N). Ook bij de bladkleur (Fig. 14) en bij de hergroei van de scheuten (IIc, IIId, zie voor) kwam een versterkte reactie naar voren. Het verschijnsel wijst erop, dat het effect van een bemesting op de groei afhankelijk is van het moment van de groeiprikkel en dat een daling van de stikstoftoestand van het gewas, door groei in een voorafgaande stikstofarme periode, waarschijnlijk voorwaarde is voor een versterkte reactie.

Komt de opname nog later op gang, dan neemt de mogelijkheid om de groei nog te stimuleren snel af (IId, e, f). In augustus (e) kon de groei al niet meer op gang worden gebracht. Wortels reageren op een verlating van de stikstofgift eerder met een achteruitgang in produktie dan de bovengrondse delen. Dit is het gevolg van een verschil in periodiciteit van de groei. De sterkste wortelgroei zal ca een maand eerder plaats vinden dan die van de bovengrondse delen. Verlating van de stikstofgift geeft daardoor een toename van de spruit-wortel verhouding. Bij serie II bedroeg de verhouding tussen blad + scheuten en wortels bij de opeenvolgende behandelingen: 0,83–0,91–1,19–1,10–1,12 en 1,04.

De resultaten van serie III bevestigen de reacties van II maar staan tevens onder invloed van de kortere duur van de opname. Ook hier vindt bij enig uitstel van de bemesting een versterkte groei plaats. Juni en juli waren de maanden van de sterkste bovengrondse groei. Het in juli bereikte maximum (IIId) betekent echter niet dat het optimum van de groei altijd in juli valt. De sterker gedaalde stikstof toestand ten opzichte van IIIc, op het moment van de bemesting, heeft zeker tot dit resultaat bijgedragen.

In de praktijk manifesteert een versterkte groei zich als een verwaarloosd, stikstofarm gewas wordt bemest of een concurrerende grasmat wordt gescheurd (8.2).

Stikstofgehalten

In de verschillende plantedelen werden de hoogste stikstofpercentages gevonden aan het eind van de proef bij de gevallen waar de N in de fysiologisch meest actieve periode was aangeboden hoewel met de hogere N-opname geen evenredig sterkere groei gepaard ging (Fig. 17, IId, e, f; III(d), e, f). Waarschijnlijk was hierbij wederom sprake van een versterkte opname als gevolg van een daling van de stikstoftoestand in de voorafgaande periode. Daardoor kon ook alleen in deze gevallen een percentage N in de stam optreden dat hoger was dan de 0,38% aan het begin van de proef.

Waar de opname had plaats gevonden in de eerste maanden volgde wel een ster-

Fig. 17. Stikstofgehalten (15 oktober).

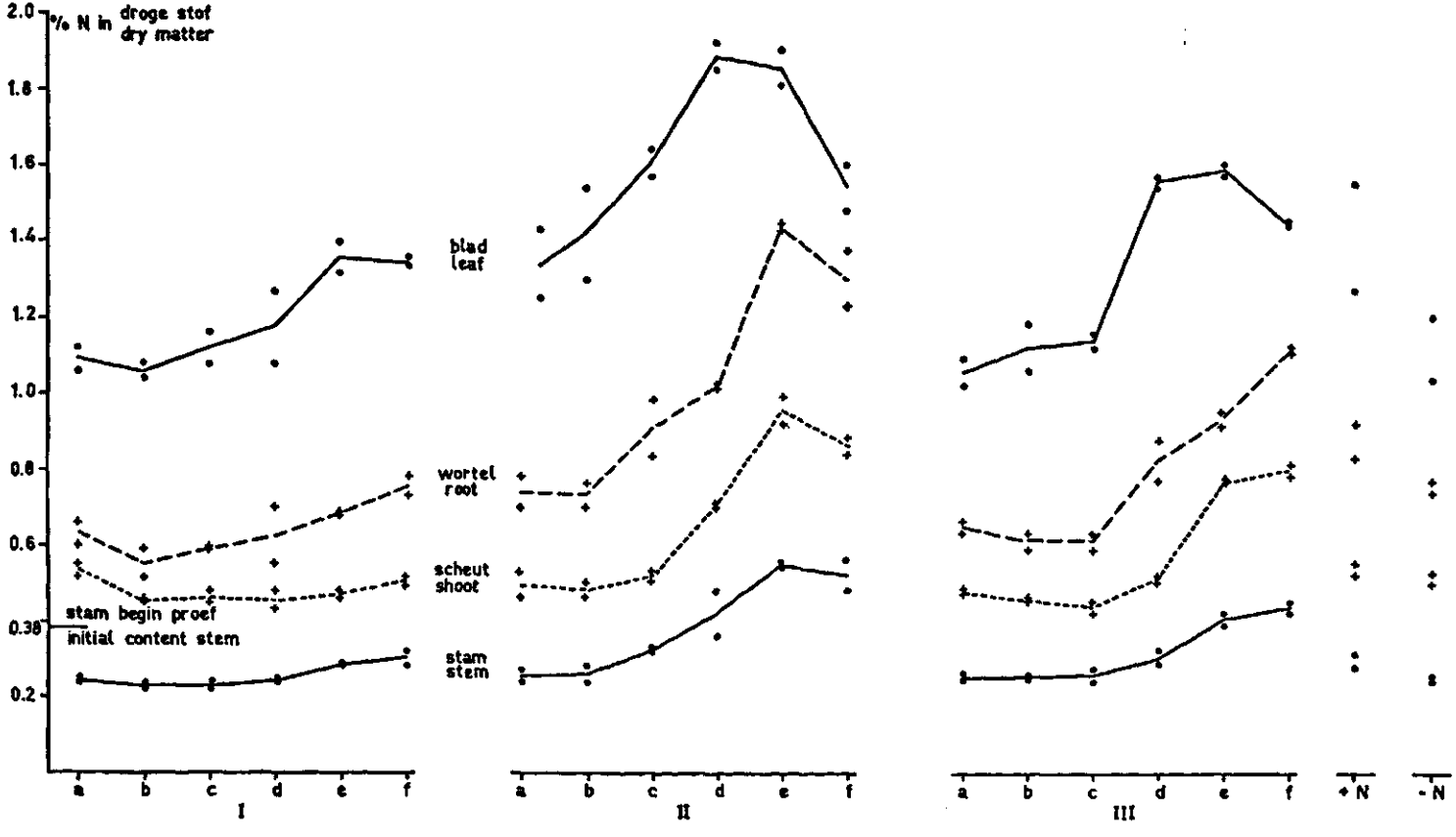


Fig. 17. Nitrogen percentages at end of experiment (15 October).

Fig. 18. Totale hoeveelheid stikstof in verschillende plantedelen (15 oktober).

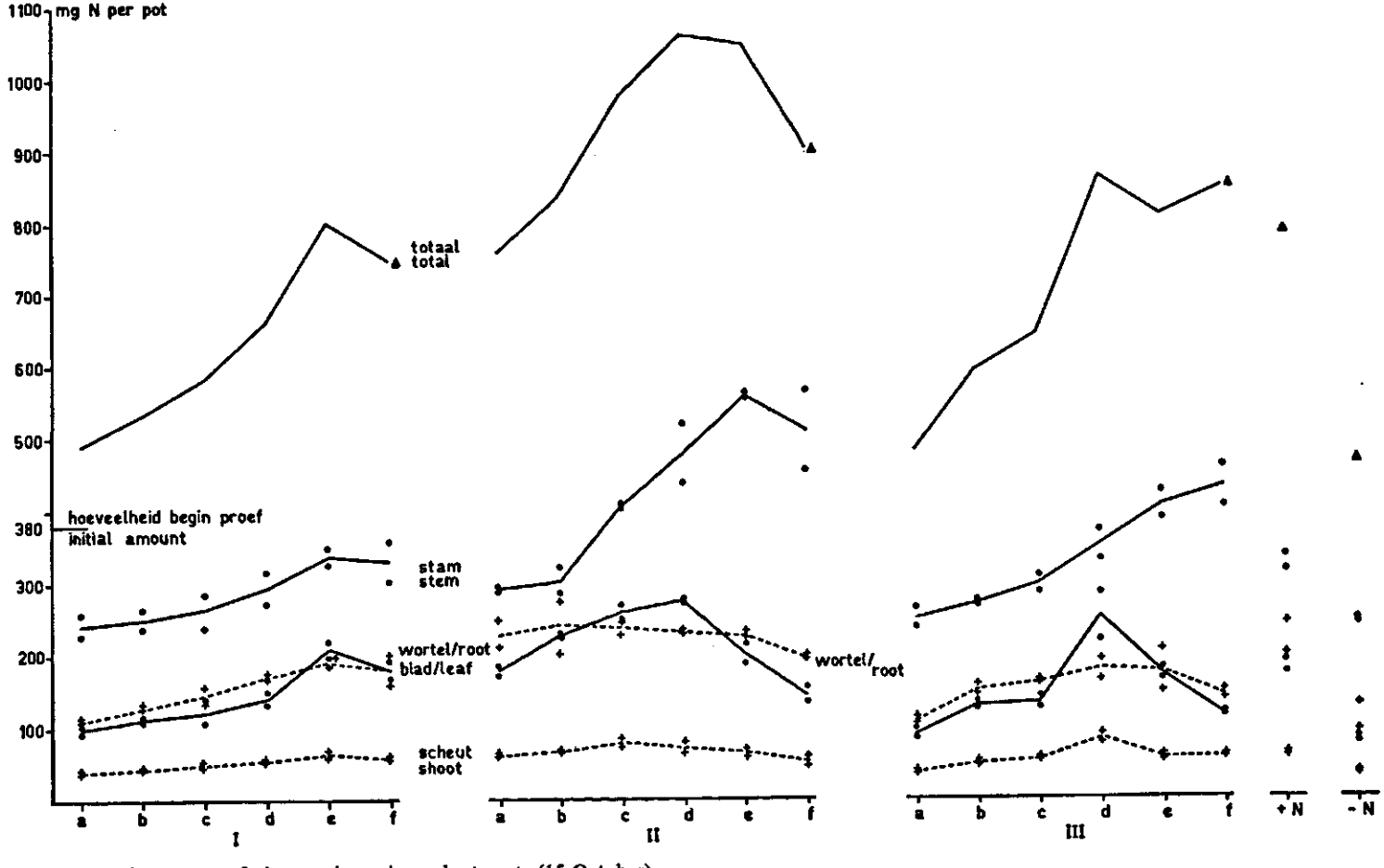


Fig. 18. Total amounts of nitrogen in various plant parts (15 October).

kere groei maar geen stijging van het gehalte aan het eind van het seizoen; de korte stikstofstoot in april, mei of juni (Ib, c; IIIa, b, c) veroorzaakte in sommige weefsels zelfs een daling van het gehalte vergeleken met onbemest. De door Steenbjerg (1951) beschreven relatie tussen opname, opbrengst en gehalte in het lage traject van de groeicurve kan aan een dergelijke invloed worden toegeschreven.

Opvallend is, dat verlenging van de opnameperiode, of verlating van de bemesting van augustus naar september, samengaat met een stijging van het N-gehalte van de wortels, maar niet van dat van het blad (Ie, f; IIIe, f). Dit duidt op een verminderend stikstoftransport van de wortels naar de bladeren als gevolg van dalende fysiologische activiteit. Men moet in een hoog stikstofgehalte van de wortels in deze periode (of later) daarom niet alleen een uiting van opname, maar tevens ook een van opslag zonder verder transport zien.

Opgenomen stikstof

Tenslotte kon uit het stikstofgehalte en de produktie aan droge stof van de verschillende plantedelen de hoeveelheid opgenomen stikstof worden berekend. Fig. 18 laat zien, dat verlenging van de beschikbaarheidsduur aan het begin van het seizoen een grotere opname heeft gegeven (Serie I). De opname nam echter niet verder toe als stikstof ook in de nazomer nog voldoende aanwezig was (Ie, f). Veel grotere hoeveelheden (omstreeks 50%) werden echter gevonden als de planten aanvankelijk een tekort aan stikstof hadden gehad: zelfs bij een korte opnameduur (IIId, e, f) werden dan nog hogere waarden bereikt dan bij langdurige beschikbaarheid (+N, Ie, f). Alleen in deze gevallen kon voor het stamgedeelte een toename vergeleken met de begintoestand worden berekend, waarbij (op grond van de analyse van reserveplanten aan het begin van de proef) uitgegaan werd van 380 mg N. Evenals bij het vorige experiment (4.1) bleek bij normale (gecontinueerde) beschikbaarheid (+N, Ie, f) stikstof uit het stamgedeelte te zijn verdwenen. De daling in ouder wordend hout mag dus niet als een armoedeverschijnsel worden gezien; ze is het gevolg van translocatie ten behoeve van de vorming van droge stof in jongere delen.

4.3 Stikstofopname in de winter

Doel van het onderzoek

Boomgaarden worden soms al vroeg in de winter bemest, vooral bij diepe beworteling, zware grond en veel gras. Uit veldproeven is inderdaad gebleken dat dit iets hogere opbrengsten geeft dan voorjaarsbemesting (Van der Boon et al., 1967; Delver, 1962b, c). Men stelt zich voor, dat bij vroege bemesting de stikstof tegen het voorjaar tot diep onder de zodelaag is ingespoeld, waar de grasbeworteling veel ijler wordt en de concurrentie met de boom afneemt.

Bij zeer vroege bemesting, in december of eerder, kan echter veel stikstof uitspoelen of te diep indringen, zodat tegen het voorjaar vrijwel geen kunstmeststikstof meer in

de bewortelingslaag wordt aangetroffen (Van der Boon & Kolenbrander, 1960). Toch wordt dan nog een bemestingseffect verkregen. De vraag is, of in zulke gevallen belangrijke opname gedurende de lange periode van winterrust kan plaats vinden. In enkele proeven is hiernaar een onderzoek ingesteld.

Stikstof in verschillende winterperioden (potproef)

Opzet van de proef

Materiaal: tweejarige, stikstofarm opgekweekte Cox's Orange Pippin op onderstam M.9, op 1 november 1967 overgebracht in potten van 9 liter (één per pot) met stikstofarm zand (plaatzand).
Groeiomstandigheden: potten ingegraven, onder afdak, vocht op redelijk peil gehouden.
Bemesting: vrij zwaar, 1550 mg N per pot, als in water opgeloste kalksalpeter. Proefschema als volgt:

	Serie I		Serie II		Serie III		Serie IV	
Periode bemesting	nov. t/m jan.		jan. t/m maart		maart t/m mei		mei t/m juni	
Bemesting	−N	+N	−N	+N	−N	+N	−N	+N
Aantal planten gebruikt voor								
Analyse einde bemestingsperiode	4	4	4	4	4	4	4	4
Voortgezette proef	4	4	4	4	4	4	4	4

Analyses: uitgevoerd in diverse plantedelen, per serie aan het eind van de bemestingsperiode en in blad van voortgezette proef op 1/8 en 11/10.
Voortgezette proef: na overeenkomstige bemestingsperiode in onbemest zand, bij I en II verkregen door verpotting, bij III en IV door schoonspoelen (verwijdering stikstofresten).
Waarnemingen: in voortgezette proef schatting van de bladkleur op 14/6 en meting van de scheutgroei en bepaling van het vers gewicht van plantedelen op 28/10.
Proefduur: 1/11/1967–28/10/1968.

Analyse na de opname-perioden

Om te beginnen moet er op worden gewezen, dat de omstandigheden in de proef afweken van die in de natuur. De hoge gift, het ontbreken van uitspoeling door winterneerslag en de lage stikstoftoestand van het uitgangsmateriaal hebben het bemestingseffect in vergelijking met boomgaarden zeker versterkt. Batjer et al. (1943) hebben er al op gewezen, dat bij hun proeven de stijging van het stikstofgehalte van de wortels na bemesting sterker was naarmate de stikstoftoestand van de vruchtbomen lager lag.

Uit Tabel 5 blijkt, dat in de periode van november tot eind januari (serie I) al een duidelijke opname heeft plaats gevonden. Daarbij werd de stikstof vanuit de wortels via de onderstam tot in hout en bast van de stam getransporteerd maar nog niet tot in de scheuten. Uit de gehaltestijging en de hoeveelheid droge stof in de verschillende delen werd berekend dat 31% van de opgenomen kunstmest-stikstof reeds naar onderstam en stam was getransporteerd (Tabel 6).

Eind maart (II) werd al enige werking in de knoppen waargenomen zodat het verpotten van de voortgezette proef misschien iets nadelig is geweest. Op dit moment was de stikstofgift al doorgedrongen tot in het hout van de scheuten en had 47% het wortelstelsel gepasseerd. Hoewel de bodemtemperatuur tijdens beide opnameperioden I en II gemiddeld 4 °C bedroeg, was bij II ook de totale opname, 442 mg N per plant, toegenomen (Tabel 6).

Tabel 5. Percentages stikstof in de droge stof van tweejarige Cox's Orange Pippin op M.9-onderstam aan het einde van driemaandelijkse opnameperioden van stikstof (+N) en in de onbemeste controle (−N).

Deel van de plant Plant part	Serie I eind jan. ult. Jan.		Serie II eind maart ult. March		Serie III eind mei ult. May		Serie IV eind juli ult. July	
	−N	+N	−N	+N	−N	+N	−N	+N
In bij begin proef al aanwezige/already present in 1967								
bast van scheut/bark of shoots	1,10	1,09	1,15	1,11	0,76	1,21	0,67	0,87
hout van scheut/wood of shoots	0,17	0,19	0,16	0,51	0,26	0,40	0,20	0,31
bast van stam/bark of stem	0,82	0,95	0,84	0,85	0,54	0,80	0,51	0,74
hout van stam/wood of stem	0,11	0,24	0,13	0,27	0,15	0,24	0,14	0,21
bast van onderstam/bark of stock	0,77	1,04	0,85	1,10	0,52	1,02	0,39	0,74
hout van onderstam/wood of stock	0,14	0,21	0,16	0,43	0,18	0,44	0,16	0,26
wortels/roots < 2 mm ⌀	0,64	1,58	0,65	1,50	0,67	1,29	0,67	0,95
wortels/roots > 2 mm ⌀	0,42	1,00	0,47	0,89	0,35	1,15	0,28	0,70
In gedurende 1968 nieuw gevormd/newly formed during 1968								
blad/foliage							1,03	1,94
scheut/shoots							0,72	0,89
blad+scheut/foliage+shoots					1,56	3,42[1])		

[1]) Groeiremming door hoge nitraatconcentratie/Growth retardation caused by high nitrate concentration.

Table 5. Total nitrogen % in dry matter of two-year-old Cox's Orange Pippin on rootstock M.9 at end of three-month periods of nitrogen availability (+N) and in unfertilized control plants (−N).

Bij Serie III was de op 1 maart toegediende stikstof aanvankelijk niet voldoende door de grond gemengd waardoor de plaatselijk te hoge nitraatconcentratie de beginnende wortelgroei kan hebben geremd, wat leidde tot vertraging in het uitlopen. Eind mei werd in alle weefsels een sterke gehaltestijging door de bemesting waargenomen. Het hoge percentage stikstof in het nieuw gevormde weefsel (blad + scheut) is mede beïnvloed door het tragere uitlopen en kan dus niet met dat van de controleplanten worden vergeleken. Na eliminatie van deze invloed werd een verdere toename van de hoeveelheid opgenomen stikstof tot 598 mg berekend (Tabel 6). Een groter deel hiervan was naar de bovengrondse delen getransporteerd, vooral naar de sterk groeiende nieuwe scheuten. De voorraad in de wortel was daarbij verminderd.

Een nog sterkere opname, 792 mg N, werd eind juli waargenomen bij Serie IV. Het grootste deel daarvan, 60%, werd 'verwerkt' in de nieuw gevormde bladeren en scheuten, zodat de gehaltestijging in de overige delen minder opvalt dan bv. bij de vorige serie.

Uit de gegevens blijkt, dat verschuiving van de bemesting naar het groeiseizoen samenging met duidelijk sterkere opname. Het valt echter op, dat onder de kunstmatige omstandigheden van de proef ook in de winter nog vrij veel stikstof werd opge-

Tabel 6. Verdeling van uit bemesting opgenomen stikstof over de plant na 3 maanden beschikbaarheid, in procenten.

Deel van de plant Plant part	Serie I eind januari ult. January	Serie II eind maart ult. March	Serie III[1]) eind mei ult. May	Serie IV eind juli ult. July
In bij begin proef al aanwezige/already present in 1967				
scheuten/shoots	0	8	8	7
stam/stem	16	10	7	5
onderstam/stock	15	29	20	13
wortels/roots	69	53	36	15
In gedurende 1968 nieuw gevormde/newly formed during 1968				
blad/foliage				53
scheuten/shoots				7
blad + scheuten/foliage + shoots			29	
N-opname/N uptake in mg[2]	321	442	598	792

[1]) Na correctie/After correction.
[2]) Uit de gift van 1550 mg/Uptake from the dressing of 1550 mg.

Table 6. Distribution in the plant of the nitrogen taken up from the dressing, after 3 months of availability.

nomen. Uit een vergelijking van de gehalten van de wortels van onbemeste planten met die van nog te bespreken veldproeven blijkt, dat met stikstofarme planten werd gewerkt. Deze omstandigheid heeft de opname in de winter zeker bevorderd.

In de voortgezette proef werden, bij de planten die aan het einde van de bemestingsperiode in stikstofarm zand werden verpot (I en II) of waar de stikstofresten door uitspoeling werden verwijderd (III en IV), in de loop van het seizoen waarnemingen gedaan over het effect van de behandelingen op de groei (Tabel 7). De vergelijking van de series wordt echter bemoeilijkt door twee omstandigheden: het verpotten van Serie II op 1 april, tijdens het begin van de knopzwelling, kan het transport in de plant van reeds opgenomen stikstof naar de groeiende delen hebben vertraagd. Dit kan het effect van de bemesting op de groei hebben verzwakt. Daarnaast liepen bij serie III de bemeste planten door de tijdelijk te hoge zoutconcentratie trager uit. Dit kan de invloed van de bemesting op het stikstofgehalte van de bladeren iets hebben versterkt. Neemt men deze omstandigheden in aanmerking, dan blijkt dat de invloed van de bemesting op de bladkleur en het stikstofgehalte van de bladeren toeneemt naarmate later werd bemest. Dit is in overeenstemming met de grotere opname (Tabel 6). Ook opname in de winter heeft reeds duidelijk effect gehad.

Scheuttellingen en -metingen aan het eind van het seizoen laten voorts (onregelmatig) de tendens zien, dat opname in de winter, waardoor de plant vóór het zwellen van de knoppen reeds in een hogere stikstoftoestand wordt gebracht, relatief sterk het uitlopen (aantal scheuten) bevordert (Serie I). Vindt de opname veel later plaats,

Tabel 7. Invloed van de periode van stikstofopname op de vegetatieve ontwikkeling van de aangehouden planten.

	Datum Date	Serie I		Serie II[1]		Serie III[2]		Serie IV	
		−N	+N	−N	+N	−N	+N	−N	+N
Blad/Leaves:									
kleur/colour	14/6	4,9	5,7	5,0	5,8	4,6	6,1	4,8	7,0
% N	1/8	1,08	1,50	1,10	1,26	0,96	1,96	1,03	1,94
	11/10	0,99	1,40	0,99	1,21	0,95	1,89	1,01	1,67
Scheut/Snoots > 4 cm:	28/10								
aantal/number, per plant		4,8	11,0	3,5	6,0	5,5	11,8	3,0	6,5
gem. lengte/av. length, cm		9,2	11,4	8,9	11,8	9,2	16,5	7,3	16,9
Vers gewicht/Fresh weight, g per plant:	28/10								
wortel/roots		174	240	184	209	157	174	135	211
nieuwe scheuten/new shoots		7	15	4	11	7	28	3	18
gehele plant/whole plant		399	489	417	447	414	462	359	504

[1]) Invloed van verpotting op 1 april/Influence of repotting on 1 April.
[2]) Invloed van groeiremming/Influence of growth retardation.

Table 7. Influence on growth of nitrogen uptake in different periods (+N), in the continued experiment.

als het uitlopen reeds is begonnen, dan valt het accent van de stikstofinvloed waarschijnlijk meer op de lengtegroei van de scheuten (IV).

Uit de eindgewichten, waarop een invloed van periode en grootte van de opname moet worden verondersteld, kunnen geen duidelijke conclusies over verschillen tussen de series worden getrokken. Het scheutgewicht is waarschijnlijk het sterkst bevorderd door opname in maart-mei (III), het totale gewicht door opname in mei-juli (IV). De belangrijkste conclusie is tenslotte, dat onder de proefomstandigheden gedurende de winterrust belangrijke opname heeft plaats gevonden, die ook in de groei tot uitdrukking kwam.

In verband met de toepassing van bemesting in de late herfst of vroege winter werd in de twee volgende proeven nagegaan, of ook onder praktijkomstandigheden stikstofopname gedurende de winter kan worden aangetoond.

Veldproef te Heijningen

Opzet van de proef

Materiaal: volwassen aanplant van Golden Delicious appels op onderstam M.9 op diep doorwortelde zavel.
Onderbegroeiing: gras, met chemisch onbegroeid gehouden boomstroken van 1 m breedte.
Bemesting: jaarlijks 200 kg N per ha als kalkammonsalpeter, op acht verschillende data.
Proefopzet: 8 behandelingen in 4 herhalingen op veldjes met vier bomen (32 veldjes).
Verzameld materiaal: wortelmonsters van alle veldjes tot 20 cm diepte op 20-2-1968 en bladmonsters op 20-11-1967 en 13-6-1968.
Analyses: N% in wortels en blad.

Tabel 8. Neerslag en stikstofgehalte in wortels en bladeren in de tijdstippen-bemestingsproef (200 kg/ha) met Golden Delicious. Heijningen.

Datum laatste bemesting Date of last fertilization	Regenval in periode tussen bemesting en bemonstering Rainfall between dressing and root sampling (mm)	% N op droge stof/in dry matter			
		wortels/roots, 20/2'68		blad/leaves	
		ø < 1 mm	ø 1–3 mm	20/11'67	13/6'68
20/2 '67	787	1,56	1,45	1,76	2,32
4/4 '67	682	1,63	1,56	1,75	2,34
19/5 '67	622	1,45	1,39	1,75	2,33
5/7 '67	532	1,61	1,43	1,72	2,24
21/8 '67	436	1,53	1,39	1,64	2,25
5/10'67	369	1,50	1,37	1,66	2,22
20/11'67	236	1,60	1,38	1,70	2,37
5/1 '68	95	1,66	1,57	1,75	2,30

Table 8. Rainfall and nitrogen in roots and leaves of Golden Delicious in an experiment with nitrogen (200 kg/ha) supplied at different times. Heijningen.

Bij belangrijke opname in de rustperiode vóór de bemonstering (20 februari 1968) zouden in de wortels van de veldjes, die het kortst geleden werden bemest, op 20-11-1967 en 5-1-1968, de hoogste stikstofgehalten mogen worden verwacht. Hier immers was de stikstofconcentratie in de bovengrond in de voorgaande maanden als gevolg van minder uitspoeling het hoogst en opname in de winter bij beperkt verder transport in de plant (Tabel 6) zou tot accumulatie in de wortels moeten leiden. Van dit proces blijkt vrijwel niets (Tabel 8): alleen bij bemesting op 5 januari werden iets hogere gehalten gevonden. De verklaring voor deze zwakke reactie moet worden gezocht in de goede buffering van het stikstofaanbod. Deze is enerzijds het gevolg van de onbegroeide, concurrentievrije boomstrook, anderzijds van de matige neerslag in het voorgaande seizoen (beperkte inspoeling) en de diepe beworteling. Daardoor bleef ook veel vroeger gegeven stikstof nog lang opneembaar. De gehalten in het blad op 20 november wijzen eveneens op slechts kleine verschillen in de stikstofopname, ondanks de sterk uiteenlopende bemestingsdata. Deze gehalten en die in de wortels (verg. Tabel 5 'onbemest') wijzen bovendien op een goede voedingstoestand bij het gewas; de opname in de winter is dan veel kleiner dan bij bomen met stikstofgebrek (Batjer et al., 1943).

Veldproef te Wilhelminadorp

Opzet van de proef

Materiaal: zesjarige appels James Grieve (Lired) op onderstam MM.106; 50 cm zavel waaronder niet beworteld plaatzand.
Onderbegroeiing: volvelds, sterk concurrerend gras.
Bemesting: voorjaar 1968 400 kg N per ha in gedeelde giften, waardoor goede voedingstoestand in dat jaar. Door sterke neerslag in de zomer spoelde echter veel stikstof uit de ondiepe bewortelingslaag. In de winter 1968-'69 drie behandelingen: geen stikstof, 250 kg N per ha als kalkammonsalpeter op 29-11-1968 en idem op 25-2-1969.

Proefopzet: 3 behandelingen in 7 herhalingen met één boom per veldje (21 veldjes).
Verzameld materiaal: wortelmonsters tussen 28-11-1968 en 10-6-1969, 10 maal met tussenpozen van 3 weken, laag 0–20 cm. Grondmonsters tussen 24-2 en 10-6-1969, 6 maal verzameld van de lagen 0–20 en 20–40 cm.
Analyses: in wortels: totaal- en eiwit-N (totaal – eiwit-N = oplosbare N).
in grond: NO_3.
Verdere gegevens: periodieke meting van lucht- en bodemtemperaturen.

In tegenstelling tot de vorige proef was het stikstofaanbod te Wilhelminadorp slecht gebufferd. De dunne zavellaag maakte snelle uitspoeling van vroeger gegeven stikstof (400 kg N per ha, voorjaar 1968) uit de wortelzone mogelijk. Dit werd geaccentueerd door veel zomerneerslag (juli-oktober 455 mm). Bovendien werd de afname van het stikstofaanbod in de loop van 1968 versterkt door het volveldse gras. Daardoor konden de toegepaste bemestingen grote verschillen in stikstofconcentratie in de grond gedurende de winter van 1968–1969 veroorzaken. Deze hingen duidelijk samen met het bemestingstijdstip (Tabel 9).

Onder deze omstandigheden konden ook in de wortels verschillen in stikstofgehalte tussen de behandelingen worden aangetoond. Fig. 19 laat zien, dat het totale gehalte in de loop van de winter, ongeacht de bemesting, duidelijk steeg (opname zonder even groot verder transport naar hogere delen). Deze accumulatie betreft hoofdzakelijk de oplosbare fracties, wat in overeenstemming is met onderzoek van Tromp (1970). In het voorjaar daalde het gehalte weer door toenemend intern transport naar hogere delen. De vroege bemesting heeft de accumulatie duidelijk versterkt; hij de tweede bemesting kwam dit uiteraard veel later naar voren. Uit het verschil in eiwitgehalte tussen niet en vroeg bemest kan worden geconcludeerd, dat uit in de winter opgenomen stikstof al tijdens de winterrust enige eiwitsynthese plaats vindt.

In het beloop van de curven komen, vooral in de oplosbare fractie, fluctuaties voor die voor de drie behandelingen en de twee worteldikten min of meer parallel lopen. Ze kunnen dus niet aan toevallige bemonsterings- of analysefouten worden toegeschreven.

Gehalteveranderingen zijn onder andere het gevolg van variaties in opname en

Tabel 9. Gehalten aan nitraatstikstof in twee lagen van ondiep bewortelde zavel bij bemesting op twee data met 250 kg N per ha (Wilhelminadorp, 1969).

	Bodemlaag Soil layer	NO_3 in ppm N in de grond/in the soil					
		24/2	14/3	2/4	24/4	21/5	10/6
Bemesting/With dressing 29/11'68	0–20 cm	13	7	2	3	3	2
	20–40 cm	17	22	8	7	5	3
Bemesting/With dressing 25/2'69	0–20 cm	2	36	30	21	15	3
	20–40 cm	2	16	18	19	26	8
Controle/Without dressing	0–20 cm	2	3	1	1	3	1
	20–40 cm	2	5	2	2	5	2

Table 9. Nitrate-nitrogen in two layers of a shallowly rooted silty clay-loam dressed with 250 kg N/ha on two dates (Wilhelminadorp, 1969).

Fig. 19. Totaal-N, oplosbaar-N en eiwit-N in wortels van verschillende dikte (James Grieve, Wilhelminadorp, november 1968 tot juni 1969). Behandelingen: 1 = niet bemest, 2 = bemest met 250 kg N/ha op 29/11 1968, 3 = idem op 25/2 1969.

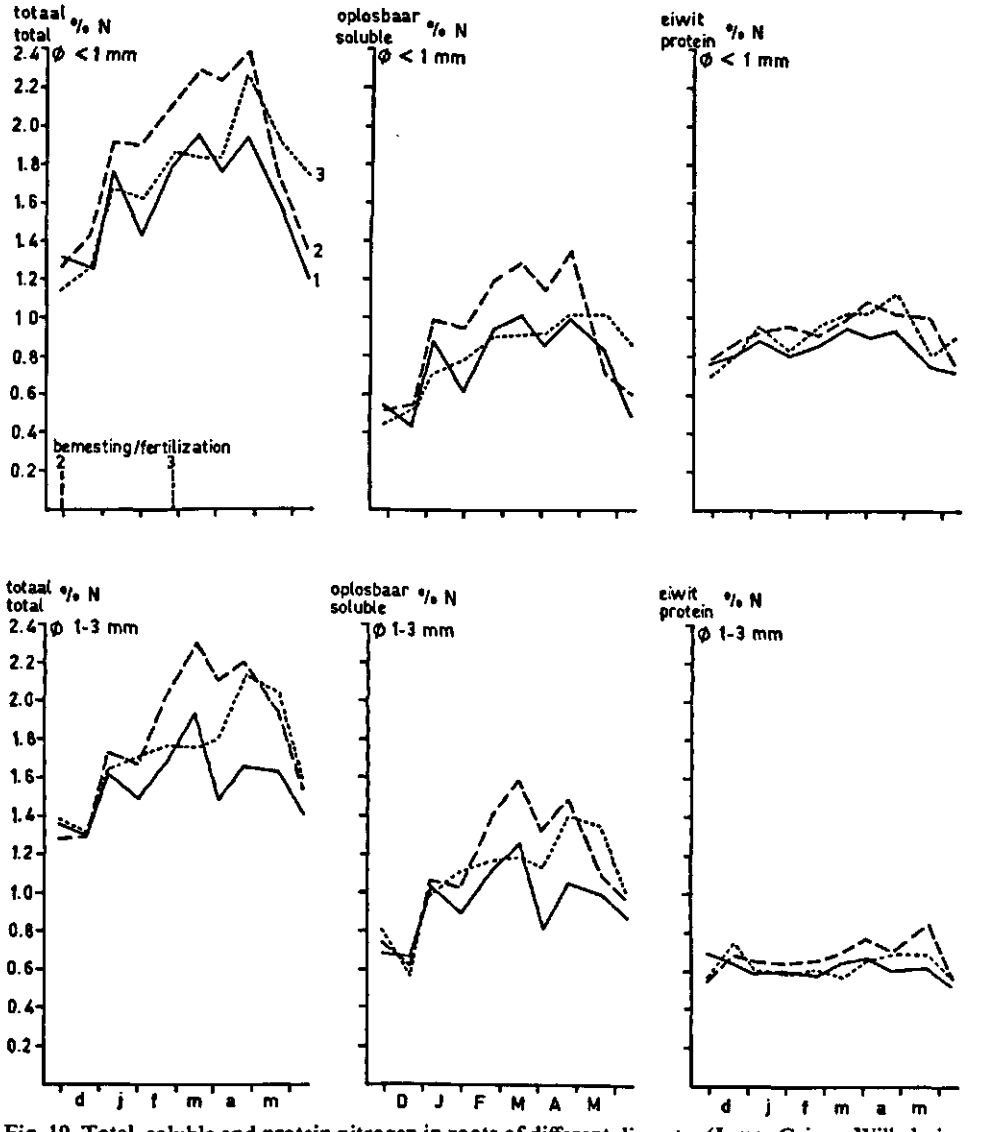


Fig. 19. Total, soluble and protein nitrogen in roots of different diameter (James Grieve, Wilhelminadorp, November 1968 till June 1969). Treatments: 1 = without dressing, 2 = with 250 kg N/ha on 29/11 1968, 3 = the same on 25/2 1969.

intern transport van stikstof naar hogere delen. Wanneer deze processen op verschillende wijze van de temperatuur afhangen zouden de fluctuaties verband kunnen houden met veranderingen in de temperatuur. Om dit na te gaan werd voor het gehalte aan totaal-N (kleinere analysefout dan N-oplosbaar) het gemiddelde beloop van elk van de zes curven met de hand ingetekend. De afwijkingen van de analyses hiervan

per datum, als maat voor relatief sterke stijging of daling ten opzichte van het gemiddelde beeld, werden uitgezet tegen de gemiddelde luchttemperatuur in de voorafgaande periode tussen twee bemonsteringen (variërend van +1,3 tot +5,5 °C). De perioden vóór 20 december en na 2 april werden buiten beschouwing gelaten omdat het gewas toen waarschijnlijk nog niet, resp. niet meer in winterrust verkeerde. De afwijkingen bleken significant met de luchttemperatuur in de voorafgaande periode samen te hangen (r = −0,67***), in die zin dat beneden 3,1 °C hogere, daarboven lagere gehalten ten opzichte van het gemiddelde beloop werden aangetroffen. Hieruit volgt dat de veranderingen in het N-gehalte, afgezien van de invloed van het stikstofaanbod, tussen ca 1 en 6 °C afhankelijk zijn van de temperatuur. Vermoedelijk is dit in hoofdzaak het gevolg van veranderingen in het transport van stikstof vanuit de wortels naar hogere delen. In een koude periode blijft dit transport achter bij de opname, in een zachte periode verloopt het sneller dan de opname. Een grens kan voor absolute veranderingen (stijging of daling ten opzichte van een vroeger gehalte) niet nauwkeurig worden aangegeven omdat ze ook afhangen van het stikstofaanbod.

4.4 Stikstofreserve en groei

Dank zij de aanwezigheid van stikstofreserves is een boom in staat in het voorjaar uit te lopen (Harley et al., 1958), te bloeien en tot vruchtzetting te komen (zie 5.1 en 5.2). Verscheidene auteurs wijzen zelfs op een samenhang tussen scheutgroei en de stikstofvoorziening in het voorgaande jaar. Enten groeien beter naarmate de gebruikte onderstam rijker aan stikstof is (Hill-Cottingham, 1963). Taylor (1967a) heeft een overzicht gegeven van de wijze waarop de reserve wordt gevormd. Deze blijkt uit een stijging van het stikstofgehalte in de weefsels na beëindiging van de scheutgroei, indien het gewas ook dan nog voldoende stikstof kan opnemen. Een deel van de ophoping in de overblijvende weefsels is het gevolg van de terugvoer van stikstof uit het blad naar de scheuten: kort vóór de bladval kan deze zo 30–50% van de stikstof in het blad bedragen (Delver, 1962 a; Oland, 1963b). In een volwassen boomgaard komt dit overeen met 5–20 kg N per ha. Vroegtijdige ontbladering verhindert dit proces, geeft verminderde opslag, en zwakkere bloemknoppen. Late ureumbespuitingen vergroten de terugvoer en kunnen leiden tot een betere vruchtzetting in het volgende jaar (Oland, 1963c).

De reservetoestand in de winter wordt het best weerspiegeld door het oplosbare deel van de stikstofverbindingen (Oland, 1959; Hill-Cottingham & Bollard, 1965; Taylor 1967b). Hiervan is arginine, dat door zijn lage C/N-verhouding bij uitstek geschikt is voor de functie van reserve, een belangrijke component (Tromp, 1970). Het aandeel van arginine, daarnaast van glutamine, hangt sterk af van de mogelijkheid van late stikstofopname. Bij stikstofarme planten kan ook het onoplosbare deel als reservebron dienen door de hydrolyse van eiwitten. Tijdens de groei van de scheuten, in het voorjaar, zijn asparagine en asparaginezuur de belangrijkste oplosbare componenten. Ze spelen een grote rol bij het stikstoftransport van wortels naar groeiende delen.

De hierna te bespreken potproef maakte het mogelijk, de interacties te bestuderen tussen het directe effect van een bemesting en het effect van vroegere bemestingen, wat in de praktijk nogal eens wordt waargenomen.

Opzet van de proef

Materiaal: eenjarige appel, onderstamtype M.11 in stikstofarm plaatzand.
Behandeling: zonder of met stikstofbemesting in het voorjaar als kalksalpeter (1962) of kalkammonsalpeter (1963, 1964) volgens onderstaand schema. In 1962 buiten in betonbakken, in 1963 en 1964 in potten onder een afdak. Bespuitingen met 2% ureumoplossing bij de helft van de potten op 9 en 19 september, 2 en 15 oktober 1963.

Bemestingsschema

									M.9 planten per pot	herhalingen
betonbakken 1962	−N				+640 mg N per plant				203	1
verpot, snoei 1963	−N		+276 mg N per plant		−N		+276 mg N per plant		5	10
bespuiting 1963	−N	+N	−N	+N	−N	+N	−N	+N	5	5
verpot 1964[1])	−N	+N	−N	+N	−N	+N	−N	+N	−N	+N	−N	+N	−N	+N	−N	+N	4	2
behandelingscode	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	+	+		
	−	−	−	−	+	+	+	+	−	−	−	−	+	+	+	+		
	−	−	+	+	−	−	+	+	−	−	+	+	−	−	+	+		
	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+		

[1]) Bemesting +N : 690 mg N per plant.

Vochtvoorziening: geregeld op peil gehouden door wegen en gieten.
Onderbegroeiing: geen.
Snoei: wortel- en scheutsnoei bij het verpotten begin 1963, waardoor ongeveer de helft van deze delen verloren ging.
Waarnemingen: bladkleur, knopontwikkeling en scheutgroei.
Analyse: stikstofgehalten in het blad gedurende het seizoen; eind 1962 en 1963 deel van de planten, eind 1964 alle planten geoogst voor bepaling van de gehaltes aan droge stof en totaal stikstof.
Proefduur: 20 februari 1962–eind september 1964.
Volledige gegevens: P. Delver & J. Oele, 1967: Verslag van een potproef over de invloed van reservestikstof op de groei van de appelonderstam M.11 1962–1964. Intern rapport, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, 1967, no. 5.

Het eerste proefjaar (1962)

Tijdens het opkweken ontstonden duidelijke verschillen in groei en bladkleur tussen bemeste en onbemeste planten. Enige in de zomer uitgevoerde bladanalysen gaven gemiddelde waarden op de droge stof van 1,93% stikstof bij −N en 2,34% bij +N.

Tabel 10. Droge stof, stikstofgehalte en hoeveelheid stikstof in diverse organen van tweejarige onderstammen M.11, vóór de snoei aan het begin van het tweede proefjaar (1963).

	Droge stof/Dry matter in g per plant		% N op droge stof/ % N in dry matter		mg N per plant	
	−N	+N	−N	+N	−N	+N
Scheut/Shoot:						
bast/bark	0,94	1,58	1,10	1,08	10,3	17,1
hout/wood	0,68	1,75	0,34	0,33	2,3	5,8
Stam/Stem:						
bast/bark	3,25	4,36	0,88	0,98	28,6	42,7
hout/wood	8,72	12,77	0,31	0,28	27,0	35,7
Wortel/Root	1,78	3,89	1,00	0,97	17,8	37,7
Totaal/Total	15,37	24,35			86,0	139,0

Table 10. Dry matter, nitrogen percentage and nitrogen quantities in various plant parts of unpruned two-year-old rootstocks M.11, at the start of the second year of the trial (1963), related to dressings in the preceding year (−N, +N).

De analyse van gemiddelde monsters van delen van 10 onbemeste en 10 bemeste planten vóór het begin van het tweede seizoen (1963, Tabel 10) liet zien, dat de bemesting de produktie van droge stof in 1962 duidelijk had versterkt maar dat aan het eind van het seizoen geen stikstofrijker gewas was ontstaan. De verschillen in gehalten zijn van geen betekenis, behalve misschien die in de bast van de stam. De grotere hoeveelheid opgenomen stikstof bij +N, ca 53 mg, kwam dus vrijwel geheel ten goede aan de groei en heeft niet duidelijk tot extra reservevorming geleid. Dit wijst op een slechts klein verschil in stikstofaanbod na beëindiging van de groei, vermoedelijk als gevolg van snelle uitspoeling uit de ondiepe bewortelingslaag door watergiften en zomerneerslag.

Het tweede proefjaar (1963)

Ondanks het feit dat alleen in de bast van de stam een geringe verhoging van het stikstofgehalte door de bemesting van het voorgaande jaar tot uiting is gekomen, heeft de bladkleur in 1963 een duidelijke en blijvende verbetering vertoond (Fig. 20, − −, + −). Het stikstofgehalte van het blad vertoonde een dergelijke nawerking slechts zwak en alleen tijdelijk bij niet-bemeste planten (Fig. 21, − −, + −).

Ook de ureumbespuitingen gaven een verbetering van de bladkleur, maar deze was slechts zwak vergeleken met die van het N-gehalte van het blad. Een dergelijke sterke opname bij zwakke reactie van de chlorofylvorming werd ook na late bemesting waargenomen (4.2, Fig. 15). De stijging van het stikstofgehalte door de bespuitingen was bij de vier behandelingswijzen even sterk (Fig. 21). Dit behoeft nog niet op een even grote opname te wijzen omdat een deel van de stikstof naar andere plante-

Fig. 20. Bemesting in 1962 en 1963, bespuitingen met ureum in 1963 en bladkleur van jonge appelbomen in 1963, in een potproef over de invloed van stikstofreserves (4 = groengeel, 6 = lichtgroen, 8 = donkergroen).

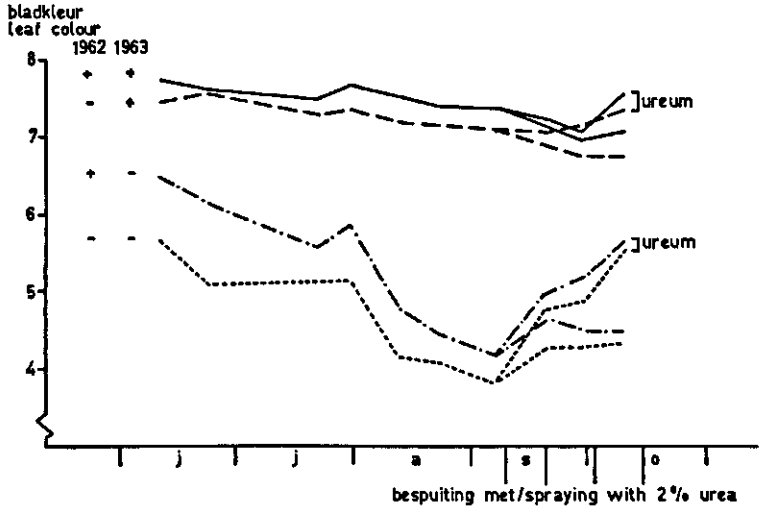


Fig. 20. Nitrogen dressings in 1962 and 1963, sprayings with urea in 1963 and leaf colour of young apple-trees in 1963, in a pot trial on the influence of nitrogen reserves (4 = greenish yellow, 6 = light green, 8 = dark green).

Fig. 21. Stikstofgehalten in het blad in 1963, na behandelingen als aangegeven bij Fig. 20.

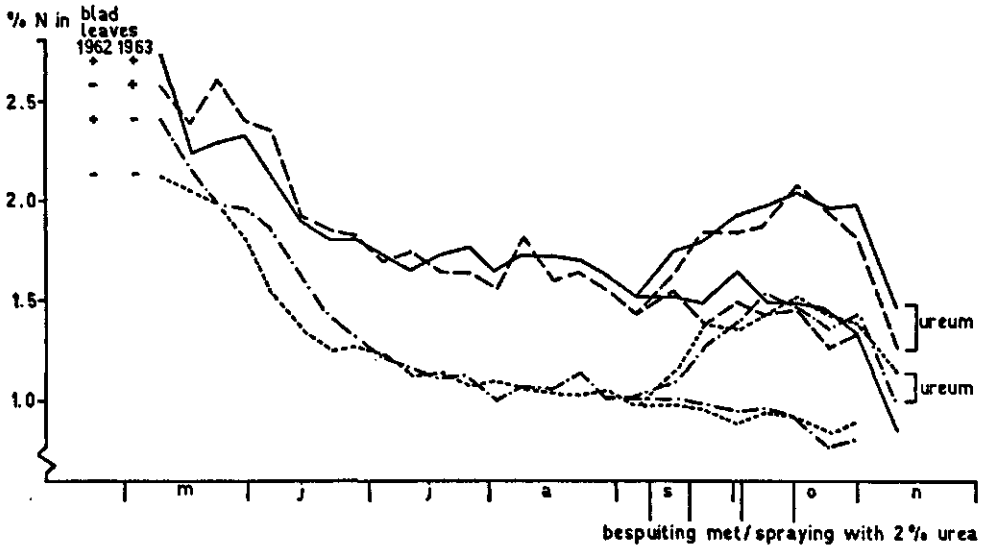


Fig. 21. Leaf nitrogen in 1963 after treatments as indicated under Fig. 20.

Tabel 11. Aantal en lengte van de scheuten en hoeveelheden droge stof in verschillende plantedelen aan het einde van 1963.

Behandelingscode Treatment code			Scheuten/Shoots		Droge stof/Dry matter, in g per plant					
			aantal number per pl.	lengte length in cm	scheuten/shoots		stam/stem		wortel roots	totaal total
1962	1963	1963 ureum			bast bark	hout wood	bast bark	hout wood		
–	–	–	6,3	6,3	0,7	0,4	5,1	14,3	5,5	26,0
–	–	+	6,6	5,7	0,6	0,3	5,4	13,3	7,4	27,0
–	+	–	6,3	16,5	3,2	3,5	8,1	24,1	21,3	60,2
–	+	+	6,9	15,2	3,3	4,0	7,3	18,0	17,5	50,1
+	–	–	6,7	9,1	1,1	1,0	7,1	20,6	11,3	41,1
+	–	+	6,6	9,5	1,3	1,0	6,6	19,8	13,0	41,7
+	+	–	7,1	16,0	3,7	4,9	8,4	29,4	20,3	66,7
+	+	+	6,7	15,0	2,3	2,6	7,9	26,9	16,8	56,5

Table 11. Number and length of shoots and dry matter weights in various plant parts at the end of 1963.

delen kan zijn afgevoerd.

De groeiverschillen zijn aan het eind van het seizoen 1963 vastgelegd door scheutmetingen en door de bepaling van de hoeveelheid droge stof in verschillende delen van de planten (Tabel 11). Het insnoeien in het voorjaar van 1963 van de scheuten van 1962 heeft de verschillen in het aantal nieuw uitgelopen scheuten, welke op grond van de groei van 1962 mochten worden verwacht, geheel genivelleerd. Omdat de bemesting van 1962 vrijwel geen invloed heeft gehad op de stikstoftoestand van de planten gedurende de winter, mochten ook hierdoor geen verschillen in het aantal uitgelopen knoppen worden verwacht. Tenslotte hebben de bemesting van 1963, en uiteraard de ureumbespuitingen, het uitlopen evenmin beïnvloed.

Er zijn echter wel grote verschillen in de scheutlengten te zien. Deze zouden wederom, evenals de hoeveelheden droge stof van scheuten en andere plantedelen, kunnen wijzen op een nawerking van de bemesting van het voorgaande jaar (+ – – en + – + ten opzichte van – – – en – – +). Berekening leert echter, dat deze 'nawerking' vrijwel geheel kan worden verklaard uit het hogere plantgewicht van de in 1962 bemeste groepen. Gaat men, na correctie voor het verlies van de helft van het gewicht van scheuten en wortels door snoei, uit van plantgewichten van 13,67 en 20,74 g voor de in 1962 niet- en wel-bemeste groepen (Tabel 10), dan bedraagt de relatieve gewichtstoename bijvoorbeeld voor de in 1963 niet-bemeste of bespoten planten (– – –, + – –) 90 en 98%. De bemesting van 1962, welke in dat jaar wel groei maar vrijwel geen stikstofverrijking van het gewas tot gevolg had, heeft in 1963 dus wel absoluut maar niet relatief tot een hogere produktie aan droge stof geleid. Dit wijst erop, dat het vermogen van de planten om zonder directe stikstofvoeding droge stof te vormen niet zozeer uit de groei van het vorige jaar dient te worden afgeleid, maar veeleer uit een door late opname ontstane stijging van het stikstofgehalte in de reserveorganen gedurende de winter.

Tabel 12. Gehalten en hoeveelheden totaal stikstof in verschillende plantedelen aan het einde van 1963.

Behandelingscode Treatment code			% N in droge stof/dry matter					mg N per plant					
			scheuten shoots		stam stem		wortels roots	scheuten shoots		stam stem		wortels roots	totaal total
1962	1963	1963 ureum	bast bark	hout wood	bast bark	hout wood		bast bark	hout wood	bast bark	hout wood		
−	−	−	0,70	0,21	0,48	0,11	0,46	5,5	0,8	24,5	15,7	25,3	71,8
−	−	+	1,27	0,45	0,72	0,20	0,64	7,6	1,4	38,9	26,6	47,3	121,8
−	+	−	0,95	0,21	0,69	0,20	0,57	30,4	7,3	55,9	48,2	121,4	263,2
−	+	+	1,36	0,35	0,92	0,27	0,89	44,9	14,0	67,1	48,6	155,7	330,3
+	−	−	0,82	0,20	0,52	0,12	0,46	9,0	2,0	36,9	24,7	52,0	124,6
+	−	+	1,21	0,36	0,73	0,20	0,67	15,7	3,6	48,2	39,6	87,1	194,2
+	+	−	1,00	0,22	0,71	0,20	0,57	37,0	10,8	59,6	58,8	115,7	281,9
+	+	+	1,45	0,45	0,95	0,34	0,91	33,3	11,7	75,0	91,4	152,9	364,3

Table 12. Nitrogen percentage and total amount of nitrogen in various plant parts at end of 1963.

Uit Tabel 11 blijkt verder, dat de bemesting van 1963 een veel sterker effect heeft gehad dan die van 1962.

De ureumbespuitingen, tenslotte, hebben bij de in 1963 bemeste en op het moment van de behandeling nog actieve planten remmend gewerkt op de groei laat in het seizoen. Dit was niet merkbaar bij de in 1963 niet-bemeste planten: deze leden op dat moment stikstofgebrek en hadden hun groei reeds lang gestaakt (Fig. 20 en 21).

In het materiaal voor de bepaling van het gewicht aan droge stof werd ook het stikstofgehalte vastgesteld; daaruit konden de in de plantedelen aanwezige hoeveelheden stikstof worden berekend (Tabel 12). Het beleek, dat het stikstofgehalte in de overblijvende delen, inclusief de wortels, het sterkst werd verhoogd door de ureumbespuitingen. Een sterke reactie mocht reeds van tevoren worden verwacht uit de verbranding van de bladranden kort na de bespuitingen. Ook de invloed van de bemesting van 1963 was duidelijk in de gehaltes merkbaar. In tegenstelling tot het voorgaande jaar had de bemesting toen dus wèl geleid tot late opname. Van een nawerking van de in 1962 gegeven stikstof blijkt alleen bij de bastgedeelten sprake te zijn, en dan nog maar zwak.

De opname uit de bemesting van 1963 (rechterdeel van Tabel 12, bijv. − + − ten opzichte van − − −) is door de sterkere groei veel groter geweest dan die uit de bespuitingen. Het blijkt, dat deze opname afhing van de voorgaande bemesting: uit de stikstofgift van 1963, gemiddeld over niet en wel bespoten, werd 200,0 mg N opgenomen waar in 1962 geen stikstof was gegeven (− + − en − + + ten opzichte van − − − en − − +); waar wel stikstof was toegediend bedroeg de opname 163,7 mg (+ + − en + + + ten opzichte van + − − en + − +). Ondanks het lagere plantgewicht heeft de eerste groep, die in 1962 al stikstofgebrek leed, het meeste opgenomen. De verklaring hiervoor moet in een relatief overschot aan koolhydraten worden gezocht, die in sterke mate de stikstofopname beïnvloedt (Oland, 1959; Priestley, 1962).

Deze koolhydraatreserve is ontstaan door de lage stikstoftoestand en het vroege afsluiten van de groei in 1962.

Eenzelfde tendens kan worden vastgesteld voor de stikstofopname uit het ureum. Bij de behandelingen − −, − +, + − en + + bedroeg deze in de overblijvende delen 50,0, 67,1, 69,6 en 82,4 mg per plant. De verschillen tussen deze waarden houden verband met de (niet gemeten) bladoppervlakte. Neemt men aan dat deze evenredig is met de totale scheutlengte, en corrigeert men voor verschillen in bladoppervlakte door middel van de scheutlengte, dan werd per cm scheut 1,32, 0,64, 1,11 en 0,82 mg N opgenomen. Ook deze gegevens wijzen op een relatief sterke opname bij stikstoftekort tijdens de bespuitingen. De tijdelijke verhoging van het gehalte in de bladeren, voor de vier groepen ongeveer gelijk (Fig. 21), vormt blijkbaar geen goede maatstaf voor de totale opname.

Het derde proefjaar (1964)

De acht behandelingen uit 1963 werden opgesplitst in niet- en wel-bemest, zodat de proef in 1964 zestien bemestingscombinaties omvatte. Er werd niet gesnoeid. Reeds in het voorjaar werden duidelijke verschillen waargenomen in de snelheid van uitlopen van de bladknoppen. De bemestingen van 1962 en 1964 hadden hierop geen invloed. Als met + + de bemesting en de bespuiting van 1963 wordt aangeduid, dan werden bij de combinaties − −, + −, − + en + + de stadia 3,5, 4,8, 4,1 en 5,1 gemiddeld over drie waarnemingen in april berekend (3 = knoppen zwellen, 5 = groene knoppen, enkele blaadjes ontplooid). De bemesting van 1963 bij + − (4,8) had dus een sterker effect op het uitlopen dan de bespuiting bij − + (4,1). Uit Tabel 12 blijkt echter, dat de stikstofgehalten aan het eind van 1963 het sterkst door ureum waren verhoogd. Hieruit kan de conclusie worden getrokken, dat er een verschil in effect bestond tussen de door bemesting en de door ureumbespuitingen verkregen stikstofreserve, afgemeten aan het totaal stikstofgehalte in de reserve organen gedurende de rustperiode.

De gegevens in Tabel 13 bevestigen dit. De nawerking van de bemesting en de bespuiting van 1963 komt hierin het duidelijkst naar voren bij behandelingen waar in 1964 niet werd bemest. De invloed op de over 16 waarnemingen gemiddelde bladkleur is het sterkst bij de bespuiting, misschien mede als gevolg van het tragere uitlopen. Het stikstofgehalte in het nog jonge blad werd daarentegen het sterkst verhoogd door de bemesting, ondanks de omstandigheid dat het tevens sneller uitlopen hierbij een snellere daling van het stikstofgehalte in het voorjaar moet hebben veroorzaakt.

Het eventuele verschil in effect van een door bemesting en een door bespuiting opgebouwde reserve werd nader onderzocht aan de hand van de in Fig. 22 weergegeven relaties tussen enkele kenmerken van het gewas in 1964 en de stikstofreserve aan het einde van 1963. Deze laatste werd weergegeven door het gewogen gemiddelde gehalte van de bast van scheuten en stam, en van de wortels.

De vier kenmerken vertonen alle een duidelijk verband met de reservetoestand. Neemt men het niveau van de laatste in aanmerking, dan vertoont dit verband voor

Tabel 13. Gemiddelde kleur in de periode mei tot augustus en stikstofgehalte op 28 mei van bladeren (1964).

Geen stikstof/No nitrogen in 1962						Met stikstof/With nitrogen in 1962					
Behandelingscode Treatment code				Bladkleur[1]) Leaf colour	% N	Behandelingscode Treatment code				Bladkleur[1]) Leaf colour	%N
1962	1963	1963 ureum[2])	1964			1962	1963	1963 ureum[2])	1964		
Geen stikstof/no nitrogen in 1964											
–	–	–	–	4,09	1,18	+	–	–	–	4,17	1,18
–	–	+	–	4,58	1,32	+	–	+	–	5,27	1,41
–	+	–	–	4,27	1,36	+	+	–	–	4,61	1,62
–	+	+	–	5,22	1,82	+	+	+	–	5,71	1,78
Met stikstof/with nitrogen in 1964											
–	–	–	+	6,93	2,36	+	–	–	+	6,93	2,38
–	–	+	+	7,21	2,52	+	–	+	+	7,35	2,55
–	+	–	+	7,14	2,67	+	+	–	+	7,09	2,49
–	+	+	+	7,55	2,50	+	+	+	+	7,57	2,56

[1]) 4 = groengeel/greenish yellow; 6 = lichtgroen/light green; 8 = donkergroen/dark green.
[2]) Urea spray.

Table 13. Average leaf colour in May–August and nitrogen percentage in spur leaves on 28 May 1964.

de bladkleur vrijwel geen verschil tussen reserves uit bemesting (○) en uit ureum (●). Dit lijkt echter wel het geval te zijn voor het stikstofgehalte in het blad op 28 mei en het uitlopen in april. Stikstof uit bemesting heeft iets meer effect gehad dan stikstof uit ureum. Dit zou kunnen betekenen dat een door late ureumbespuitingen opgebouwde reserve naar verhouding minder aan de eiwitsynthese (stikstofgehalte blad, vorming van droge stof) en meer aan het assimilerend vermogen (chlorofylvorming) ten goede komt dan een reserve uit bemesting. De verklaring hiervoor zou in verschillen in de samenstelling van de opgeslagen stikstofcomponenten kunnen worden gezocht. Het is ook mogelijk, dat laat met ureum bespoten planten geen met de stikstofopname evenredige versterking van de assimilatie hebben ondervonden en daardoor een tekort aan koolhydraten hebben gekregen. De opgeslagen stikstofreserve zou dan in de eerste plaats moeten worden gebruikt om dit tekort aan te vullen door versterking van het assimilatievermogen (Priestley, 1962).

In het laatste proefjaar (1964) traden sterke groeiverschillen op. Deze werden bij het beëindigen van de proef op 4 september vastgelegd door analyse bij alle planten van de groei en de hoeveelheden gevormde droge stof. De belangrijkste gegevens, de produktie aan droge stof van het blad en van de gehele plant en de scheutgroei, zullen nader worden besproken. Kortheidshalve moet aan de eveneens bepaalde minerale samenstelling van de plantedelen worden voorbijgegaan.

Fig. 22. Stikstof-reserve-toestand eind 1963 en enkele kenmerken in 1964 bij in 1964 niet-bemeste planten (○ = niet bespoten, ● = late bespuitingen met 2% ureum in 1963).

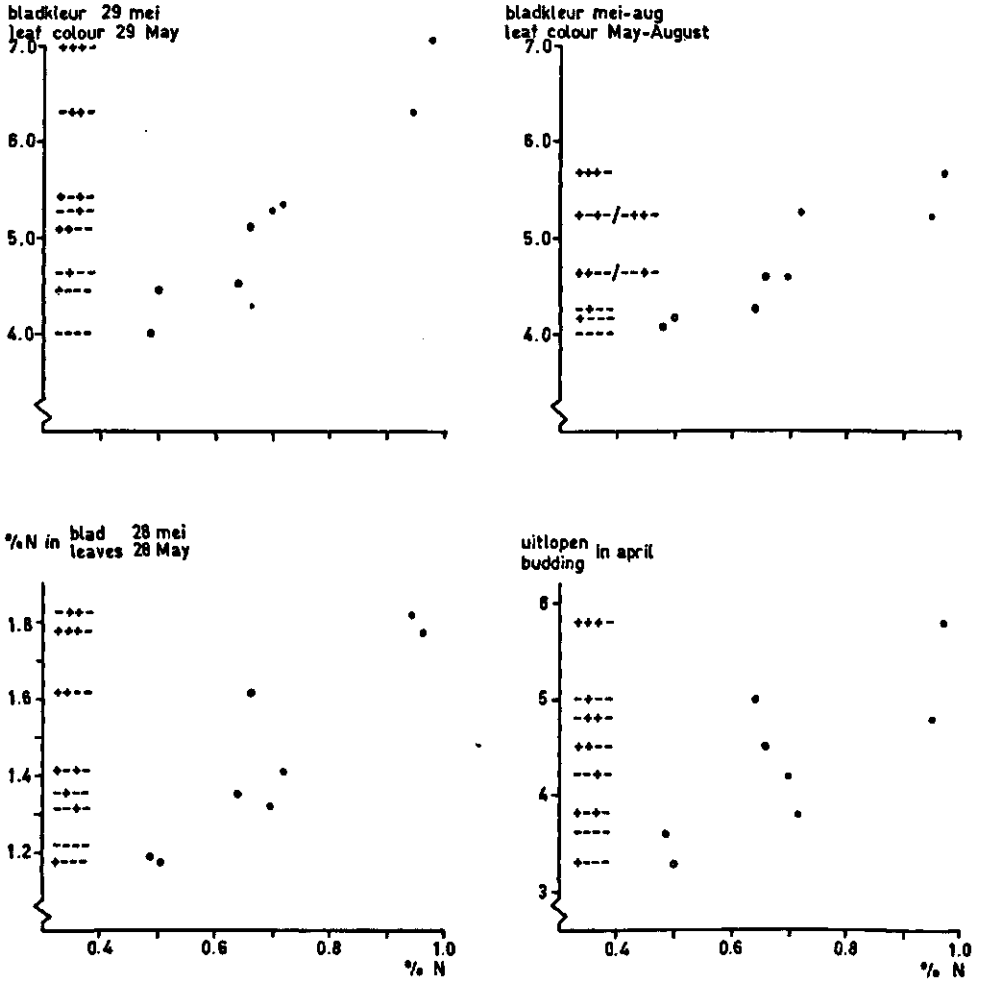


Fig. 22. Nitrogen reserve status (represented by weighed average N% in dry matter of roots and bark of stem and shoots) ultimo 1963 and some crop characteristics in 1964 for plants without dressing in 1964 (○ = no spraying, ● = autumn sprayings with 2% urea in 1963).

Blad Fig. 23 geeft zowel het totaal gewicht aan droge stof in het loof als het gemiddelde gewicht per blad. Omdat het eerste gegeven wordt bepaald door grootte en aantal van de bladeren, en dus mede de verschillen in de plantgrootte en de nieuwe scheutgroei weerspiegelt, kan de invloed van de behandelingen op het blad het beste worden afgemeten aan dit gewicht. Het correleert goed met de bladgrootte.

Bij in 1964 niet-bemeste planten (linker grafiek) is het bladgewicht ('bladgrootte') zeer duidelijk bevorderd door de ureumbespuitingen (●). Ook de bemesting van 1963, en zelfs die van 1962, hebben duidelijk zwaarder blad gegeven. Dat het laatstgenoemde

Fig. 23. Produktie aan blad, scheuten en totaal droge stof in 1964 van de planten uit Fig. 22.

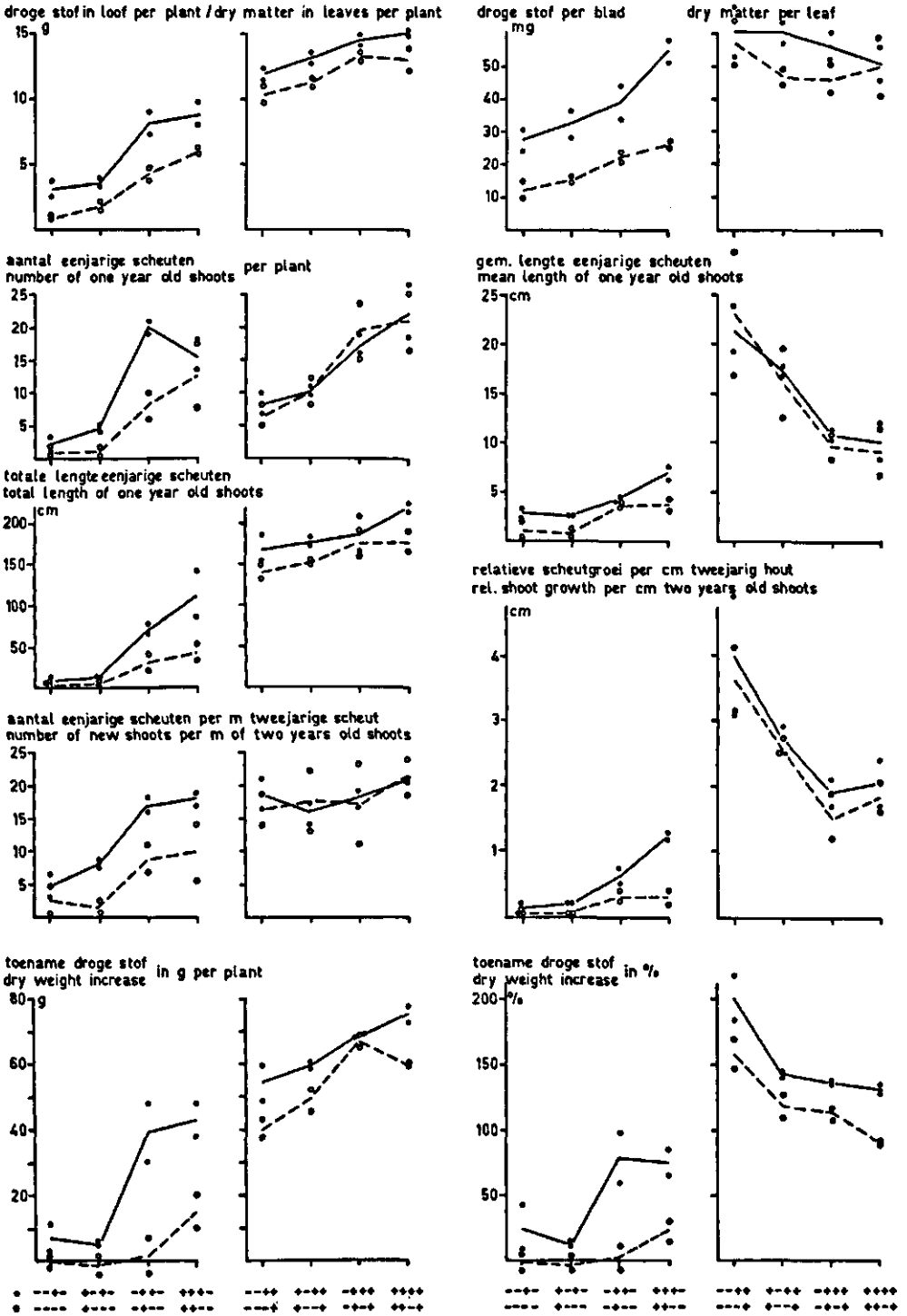


Fig. 23. Leaf, shoot and total dry matter production in 1964 of the plants indicated under Fig. 22.

effect het gevolg zou kunnen zijn van een directe nawerking van een reeds in 1962 ontstane hogere reservetoestand ligt niet voor de hand, aangezien hiervan begin 1963 al vrijwel niets was te merken (Tabel 10). De bladkleurgegevens en zelfs het percentage N in het blad in Tabel 13 bevestigen echter, dat er in 1964 een nawerking van de bemesting van 1962 is geweest, vooral als in 1963 tevens was bemest of bespoten. Wellicht moet aan een gecompliceerde wisselwerking met de voedingstoestand in 1963 of aan een verbeterde stikstofopname door wortelgroei, bevorderd door N in 1962, worden gedacht (Tabelen 10 en 11).

Bij in 1964 wel bemeste planten (rechter grafiek) lijkt een tegengestelde tendens naar voren te komen: hier werd iets zwaarder blad geproduceerd naarmate de planten in de voorgaande jaren juist sterker waren verarmd. Zoals ook in 4.2 naar voren kwam, ontstaat door stikstofgebrek een overschot aan koolhydraten, die de plant een groter vermogen tot stikstofopname geeft. Dit effect van de verarming in 1962 en 1963 kan sterkere opname uit de bemesting van 1964 en daardoor groter blad hebben veroorzaakt.

Aangezien ook bij in 1964 bemeste planten door ureum iets groter blad werd verkregen, kan tenslotte worden geconcludeerd, dat de assimilatie eind 1963 weinig door ureum zal zijn beïnvloed.

Scheutgroei Van de in 1964 gevormde scheuten zijn het aantal, de totale en de gemiddelde lengte weergegeven. Aangezien de twee eerste kenmerken mede worden beïnvloed door aan het begin van het seizoen reeds aanwezige verschillen in plantgrootte, zijn deze ook in een relatieve maat uitgedrukt, namelijk betrokken op de totale lengte van de reeds aanwezige, overwegend tweejarige scheuten (Fig. 23).

Het uitlopen van knoppen (aantal scheuten, linker grafieken) is sterk bevorderd door de bespuiting met ureum (●) en de bemesting in 1963. Bemesting in 1962 had geen effect meer. Ook de op 27 februari 1964 gegeven stikstof heeft veel meer knoppen tot scheuten doen uitgroeien, althans bij planten die niet reeds een goede stikstofreservetoestand hadden door de gezamenlijke bemesting en ureumbespuitingen in 1963 (rechter grafiek na correctie voor verschillen in taklengte). Dit wijst op snelle opname in het voorjaar van 1964. Deze stikstof heeft de invloed van vroegere behandelingen geheel genivelleerd.

Bij onbemest in 1964 lijkt er een zwakke interactie te bestaan van het ureumeffect met de voedingstoestand (bemesting) in 1963: werd ureum verspoten op groene, fysiologisch nog actieve planten (bemest in 1963), dan was het effect op het aantal scheuten in 1964 ook na correctie iets groter dan wanneer de planten tijdens de bespuiting zwaar stikstofgebrek leden (niet-bemest in 1963, vergelijk ook Fig. 21). Op dit bij de produktie aan droge stof nog duidelijker waarneembare verschijnsel zal later nog nader worden ingegaan.

De gemiddelde lengte van de scheuten, zeer korte inbegrepen, bleef sterk achter als in 1964 niet werd bemest (linker grafiek). Hoewel in dit geval de bemesting en de ureumbespuitingen van 1963 wel enig effect hadden, blijkt een stikstofreserve, door vroegere bemestingen ontstaan, ook in het gunstigste geval (+ + + −) geen belang-

rijke invloed op de lengtegroei te hebben, althans vergeleken met het directe effect van bemesting. Veel langere scheuten werden gevormd als in 1964 wel werd bemest. Aangezien de totale lengte aan scheuten bij deze groep, ondanks verschillen in plantgrootte, weinig varieerde (140–210 cm per plant), het aantal scheuten daarentegen sterk (7–22), moeten grote verschillen in de gemiddelde scheutlengte zijn ontstaan. Dit is inderdaad het geval geweest: naarmate de planten armer aan stikstof waren geworden (geen bemesting in 1962 en 1963) werden door de bemesting in 1964 veel langere scheuten gevormd.

Dit verschijnsel is ook in de praktijk bekend: als de grasmat in een verwaarloosde boomgaard met stikstofgebrek wordt gescheurd of bemest, treedt een opvallend herstel op van de scheutgroei (lengte-groei). De verklaring hiervoor berust enerzijds op de aanvankelijk nog lage stikstoftoestand van het gewas waardoor weinig scheuten uitlopen. De door de herstelde bemesting snel toegenomen produktie van droge stof moet daardoor over een relatief klein aantal scheuten worden verdeeld. Deze groeien derhalve sterk uit. Bovendien is door stikstofgebrek in het voorgaande jaar een overschot aan koolhydraten en een vergroot opnemend vermogen voor stikstof ontstaan. Daardoor wordt uit een hersteld aanbod meer stikstof opgenomen dan bij een reeds goede voedingstoestand van het gewas.

Uit de invloed van de stikstofvoorziening in 1962 en 1963 op het bladgewicht, het uitlopen en het uitgroeien van nieuwe scheuten, vergeleken met die van de bemesting van 1964, kan tenslotte worden geconcludeerd, dat de uit een stikstofreserve gevormde droge stof relatief het meest ten goede komt aan de bladgrootte, daarna aan het uitlopen van nieuwe scheuten en tenslotte (en in pas mindere mate), aan de lengtegroei. Hieruit blijkt, dat de reserve overwegend is gericht op het in stand houden van het assimilerend vermogen en niet op dat van de groei.

Droge stof De totale produktie aan droge stof werd berekend uit de eindgewichten en de aangenomen begingewichten, overeenkomstig de analyse van reserveplanten aan het eind van 1963 (Tabel 11). Omdat dit niet dezelfde planten waren kon in een enkel geval waar vrijwel geen groei optrad (– – – –, + – – –) een negatieve produktie van droge stof worden gevonden. De groei van nieuwe delen kan hier gedeeltelijk ten koste van het gewicht van het stamgedeelte hebben plaats gevonden. Ook de droge stof is in een relatieve maat, in % ten opzichte van het aangenomen begingewicht, uitgedrukt.

De gegevens bevestigen grotendeels de in het voorgaande al besproken effecten. De bij het scheutaantal reeds gesignaleerde interactie tussen het effect van ureum en de bemesting van 1963 bij in 1964 niet bemeste planten, komt hier duidelijk naar voren.

Uit Tabel 12 kan worden berekend, dat de – –, + –, – + en + + planten (codering bemesting 1962 en 1963) uit de bespuitingen respectievelijk 50,0, 69,6, 67,1 en 82,4 mg N in de overblijvende organen hadden opgeslagen. In deze volgorde werd door met ureum bespoten planten in 1964 7,1, 6,4, 38,1 en 27,4 g droge stof méér geproduceerd, of wel 0,14, 0,09, 0,57 en 0,33 g per mg N uit ureum (in 1964 niet be-

meste planten). Ureumstikstof opgenomen door groene, in 1963 bemeste planten is dus ca vier keer zo effectief geweest als die welke werd opgenomen door planten met zwaar stikstofgebrek tijdens de bespuiting (Fig. 20 en 21). Dit suggereert dat de 'bruikbaarheid' van deze stikstof voor de droge stofvorming afhangt van omzettingen nà de opname welke alleen in fysiologisch nog actieve planten plaats vinden.

Verdeling van droge stof Uit de toename aan droge stof van de afzonderlijke plantedelen over het jaar 1964 werd tenslotte de verdeling over de verschillende organen berekend (Fig. 24). Waar als gevolg van de ruwe berekeningswijze (verschilgewicht ten opzichte van aangenomen begingewichten, Tabel 11) bij weinig groei een negatieve produktie werd gevonden, werd deze op 0 gesteld. Dit was bij de sterkst verarmde planten enkele keren het geval. Door de geringe produktie zijn de uitkomsten bij de in 1964 niet bemeste groep tamelijk onzeker. De toename aan droge stof door de aanwezigheid van een stikstofreserve bleek bij deze groep overwegend aan de blad- en misschien aan de wortelvorming ten goede te zijn gekomen. De groei van deze organen is voor het functioneren van de plant van meer betekenis dan de scheutgroei of de diktegroei van de stam. Bij de bemesting in 1964 bleek deze verdeling nog met de voorgeschiedenis samen te hangen: bij verarmde planten viel de groei relatief sterk toe aan de scheut- en bladvorming, de wortelgroei bleef daarbij achter.

Fig. 24. Verdeling van produktie aan droge stof in 1964 over de delen van de planten uit Fig. 22, bij de aangegeven behandelingen.

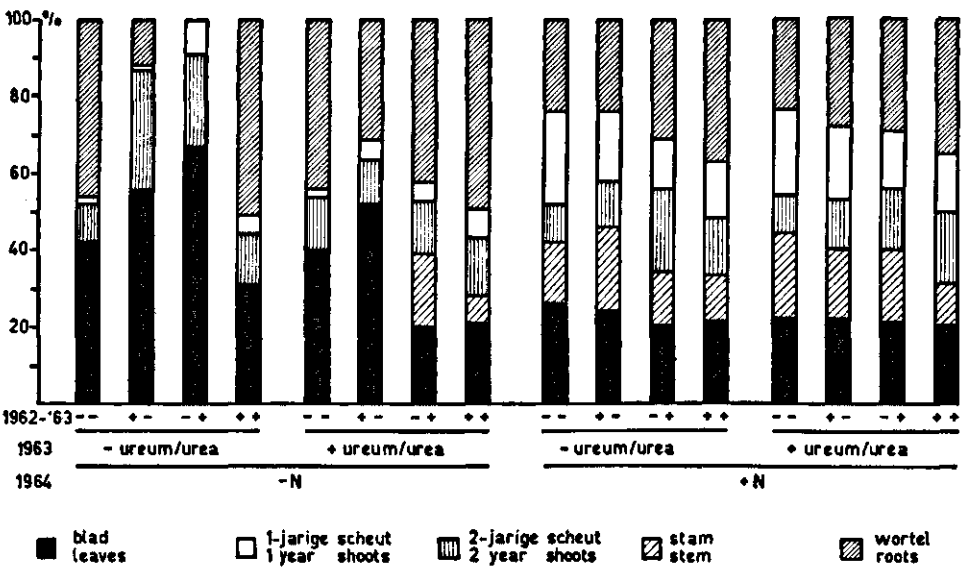


Fig. 24. Distribution of dry matter production in 1964 over various plant parts, as related to indicated N treatments.

4.5 Conclusies met betrekking tot de vegetatieve ontwikkeling

Stikstofconcurrentie (4.1)

Gras oefent op vruchtbomen een stikstofconcurrentie uit die merkbaar wordt aan een achterblijven van de groei en een verlaging van het gehalte aan stikstof in blad en andere weefsels. Het effect hangt af van de vocht- en stikstofvoorziening. Naarmate meer vocht ter beschikking staat stijgt de stikstofonttrekking door meer grasgroei.

Verschillen in de graad van concurrentie kunnen het beste aan de reactie van het fruitgewas bij een middelmatige stikstofvoorziening worden afgemeten: bij weinig stikstof worden groei en stikstofgehalte niet alleen door de concurrentie maar ook door in het gewas zetelende reserves bepaald, bij veel stikstof blijft voldoende beschikbaar voor het fruit en heeft concurrentie weinig invloed.

Bij vocht- en stikstoftekort blijft de groei van de scheuten sterker achter dan die van het blad. De vorming van droge stof uit de stikstofreserve komt derhalve meer aan het blad dan aan de scheutgroei ten goede (4.4).

De concurrentie is vooral een gevolg van een vroeger begin en een grotere snelheid van opname door het gras. Daarom wordt bij geringe beschikbaarheid vrijwel alle stikstof door het gras opgenomen, terwijl bij voldoende stikstof het opnemend vermogen van beide gewassen de verhouding in de opname bepaalt.

Door beperking van de verdamping aan het grondoppervlak geeft gras een efficiënter vochtverbruik dan onbegroeide grond onder de bomen. Per liter verbruikt water wordt dan totaal (gras + vruchtboom) meer droge stof geproduceerd dan bij onbegroeid (vruchtboom). Bij weinig beschikbare stikstof is het totale vochtverbruik bij gras (weinig groei) als gevolg van vochtconservering iets lager dan zonder ondergroei. Bij veel stikstof is dit verbruik bij gras iets groter.

Periodiciteit van de stikstofopname (4.2)

De reactie van vruchtbomen op de duur en de periode van het stikstofaanbod hangt af van de stikstoftoestand van het gewas en van het samenvallen van de opname met groeiprocessen.

Een duidelijke stijging van het stikstofgehalte aan het eind van het seizoen vindt bij opname vanaf het voorjaar pas plaats als deze voortduurt tot na de scheutgroei.

Bij stikstoftekort in het voorjaar ontstaat een overschot aan assimilaten. Dit geeft het gewas een vergroot opnemend vermogen. Herstel van het stikstofaanbod uit zich dan in versterkte opname en mits vroeg genoeg gegeven, in versterkte groei (bij scheuten: St. Janslot). Er wordt dan totaal méér stikstof opgenomen en droge stof geproduceerd dan bij voortdurende beschikbaarheid vanaf het voorjaar.

Late opname, die dus geen extra groei tot gevolg heeft, leidt tot sterke stijging van het stikstofgehalte in de weefsels, dus tot de vorming van een reserve. Naarmate de opname later valt vermindert het transport naar hogere delen en hoopt stikstof zich meer op in de wortels.

Stikstofopname in de winter (4.3)

Ook tijdens de winterrust wordt stikstof opgenomen. Of dit na bemesting in de herfst of vroeg in de winter belangrijk is, hangt af van de duur en de concentratie van het aanbod (indringing, uitspoeling) en van de stikstoftoestand van het gewas. Een stikstofarm gewas neemt meer op dan een stikstofrijk gewas (4.2, 4.3).

De opname uit zich in een stijging van het stikstofgehalte in de wortel (voornamelijk de oplosbare stikstofcomponenten) gedurende de winter. Deze accumulatie hangt mede af van het interne transport via houtvaten naar bovengrondse delen dat afhankelijk is van de temperatuur: na perioden met een gemiddelde luchttemperatuur boven 3,1 °C werd ten opzichte van het gemiddelde gehaltebeloop een daling, daaronder echter een stijging van het totaal N-gehalte gevonden (4.3). Een in de winter opgenomen ruime hoeveelheid stikstof verbetert de bladkleur en verhoogd het aantal knoppen, dat in het voorjaar uitloopt.

Stikstofreserve en groei (4.4)

In een potproef kon de vorming van een stikstofreserve zowel door een tot in de nazomer voortdurende opname uit een voorjaarsbemesting als door herhaalde bladbespuiting met 2% ureum tot stand worden gebracht. In het eerste geval werd ook de groei versterkt. Hoewel door de bemesting meer stikstof opgenomen werd dan bij ureum-bespuiting was de stijging van het gehalte in de overblijvende weefsels bij ureum het sterkst.

De stikstofreserve kwam relatief sterk aan de vorming van bladgroen en aan de bladgroei ten goede, in mindere mate aan de scheutgroei (zie ook 4.1).

Een reserve uit ureum gevormd heeft, de stijging van het gehalte in de reserve-organen in aanmerking genomen, evenveel invloed op de bladkleur als een reserve uit bemesting. Het effect van via het blad uit ureum opgenomen stikstof is echter afhankelijk van de stikstoftoestand van het gewas tijdens de bespuiting: bij bemeste, nog groene planten werd per mg uit ureum opgenomen stikstof vier keer zoveel nieuwe droge stof geproduceerd als wanneer de bespuiting had plaats gevonden op planten met zwaar stikstofgebrek.

Voorjaarsbemesting van planten met stikstofgebrek leidt tot de vorming van opvallend lange scheuten. Dit is enerzijds het gevolg van versterkte opname, anderzijds lopen door de aanvankelijk nog lage stikstoftoestand weinig knoppen uit. De nieuw gevormde droge stof moet dan over weinig scheuten worden verdeeld (herstel-effect).

5 Stikstof, bloei en vruchtontwikkeling

De invloed van stikstof op de produktie wordt gekenmerkt door een samenstel van reacties bij de bloemaanleg, de zetting, de rui en de groei van de vruchten. Deze reacties zijn bovendien afhankelijk van vroegere bemestingen (groei, reservevorming) en van de leeftijd van het gewas. Het effect van stikstof op de opbrengst wordt daardoor nogal onvoorspelbaar. Bij jonge gewassen is de variabiliteit in deze kenmerken bovendien zeer groot door het gemakkelijk te verbreken evenwicht tussen groei en vruchtbaarheid.

In enkele proeven, deels in potten, is de invloed van in verschillende perioden gegeven stikstof (5.1) en de relatie tussen de stikstoftoestand en de bloei, vruchtzetting en rui onderzocht (5.2). In verband met de destijds bestaande belangstelling voor dit onderwerp is ook aandacht besteed aan de invloed van de stikstoftoestand van het gewas op de gevoeligheid voor nachtvorst (5.3).

5.1 Stikstofopname in verschillende perioden

Doel van het onderzoek

Scheutgroei, bloemaanleg, reservevorming en zetting rui, en groei van de vruchten komen in verschillende perioden tot stand. Een analyse van het cumulatieve effect van in verschillende perioden gegeven stikstof op deze kenmerken vormde het doel van een potproef met appels.

Opzet van de proef

Materiaal: eenjarige Golden Delicious op M.9 uitgeplant 1 maart 1963, één per pot van 33 liter gevuld met stikstofarm plaatzand en buiten opgesteld.

Behandelingen: per pot 2170 mg N als kalksalpeter, ter beschikking gesteld gedurende de perioden:

1	1/3–1/4	5	1/6–1/7	9	1/9 –1/10
2	1/4–1/5	6	1/7–1/8	10	1/10–1/11
3	1/5–1/6	7	1/7–1/9	11	1/11–1/3
4	1/5–1/7	8	1/8–1/9	12	1/1 –1/3

Alle behandelingen in 8 herhalingen.

Na afloop van elke periode werden stikstofresten door uitspoeling verwijderd. Met het oog op de geringe opname over de zeer korte perioden werd de gift vanaf september 1964 verdubbeld (4340 mg N).

Vochtvoorziening: op 17% gehouden, iets onder veldcapaciteit.

Snoei: geen.

Proefduur: 3 jaar, met in 1964 en in 1965 herhaalde stikstofbehandelingen.

Opmerking: door het gebruik van plantmateriaal dat in grootte ongelijkmatig was bleek de varia-

biliteit van de opbrengsten groter te zijn dan normaal. Zo bleek er in het eerste proefjaar een duidelijk positief verband te bestaan tussen het gewicht aan vruchten en het plantgewicht.

Het eerste proefjaar (1963)

Door zijn voorgeschiedenis was aanvankelijk de stikstoftoestand van het gewas nog uniform, waardoor bij de opbrengst nog geen significante behandelingsverschillen werden waargenomen. De behandelingen 3 en 4 (N in mei en mei-juni) gaven wel een betrouwbaar betere vruchtzetting dan de overige (gemiddeld 12,7 tegenover 7,7 vruchten per plant, waargenomen op 12 juni), maar door extra rui veroorzaakt door extra groei ging dit effect voor een deel weer verloren, zodat op 16 juli nog slechts 4,8 resp. 3,6 vruchten per plant werden geteld. Ook het plukgewicht op 21 oktober (506 resp. 384 g per plant) vertoonde nog geen groot verschil tussen behandelingen 3 en 4 en de overige. Een geringe verhoging van het gemiddelde vruchtgewicht wees op een positieve invloed van stikstof op de vruchtgroei bij opname in de periode mei-juli.

In het eerste proefjaar ontwikkelden zich voorts duidelijke bladkleurverschillen overeenkomstig de verwachtingen (zie 4.2). Analyse van bladeren, op 20 september bemonsterd, wees op een sterke achteruitgang van de stikstoftoestand van verscheidene behandelingen en op een toenemend positieve invloed van later toegediende stikstof en van langer durende opname-perioden.

Het tweede proefjaar (1964)

De bemestingen werden in 1964 herhaald, maar met het oog op de sterke achteruitgang van de planten die de minste N hadden kunnen opnemen werden de giften van september af verdubbeld.

De kleur van de bladeren, en dus ook de stikstoftoestand van de planten, vertoonden overeenkomstig de verwachtingen sterke periodieke veranderingen. Dit kwam ook tot uiting in de analyses van het op 28 mei en 7 augustus bemonsterde blad (Tabel 14): waar tot augustus weinig stikstof kon worden opgenomen vertoonden de planten geleidelijk in hevigheid toenemende verschijnselen van stikstofgebrek (1, 2, 8, 9, 10, 12). Behandeling 11 had afwijkend hoge gehalten, niet zozeer door belangrijke winteropname in de vier maanden lange bemestingsperiode dan wel door slecht uitlopen veroorzaakt door wateroverlast: bij deze planten was de afvoerpijp gedurende de bemestingsperiode afgesloten.

Het aantal bloemtrossen vertoonde op het eenjarige in 1963 gevormde hout wel, op het oudere hout geen verband met de behandelingen. Voor de jonge scheuten kon dit verband vrijwel geheel uit de grotere door de bemesting in mei en juni van het vorige jaar veroorzaakte lengte worden verklaard. Na berekening van de aantallen bloemtrossen als percentages van het totaal aantal knoppen bleef er alleen een zwakke tendens over tot sterkere bloemaanleg door een korte stikstofperiode in juli (6). De verschillen waren overigens niet meer significant. De verklaring voor deze zwakke reactie moet voor een deel worden gezocht in de blijkbaar nog voldoend hoge stikstof-

Tabel 14. Reactie van Golden Delicious op M. 9 op stikstofbemesting gedurende verschillende perioden in het tweede proefjaar (potproef 1963–1965).

Behandeling Treatment	N-voorziening in de maand N supply during month	% N in blad leaves 28/5	% N in blad leaves 7/8	Aantal bloemknoppen Number of flowerbuds op éénj. scheuten on one-year-old shoots	Aantal bloemknoppen Number of flowerbuds op overj. scheuten on older shoots	% bloemknoppen % flowerbuds op éénj. scheuten on one-year-old shoots	% bloemknoppen % flowerbuds op overj. scheuten on older shoots	Aantal vruchten Number of fruits per 15/5 per plant	Aantal vruchten Number of fruits per 15/5 per tros cluster	Oogst in oktober/Harvest in October: aantal vruchten number of fruits per plant zonder correctie without correction [3]	aantal vruchten number of fruits per plant na correctie after correction [4]	gem. vruchtgewicht av. fruit weight in g [1]	gem. vruchtgewicht av. fruit weight in g per plant [5]	gem. vruchtkleur av. fruit colour [1,2]
1	3	1,58	1,02	75	49	20	25	7,0	0,5	2,4	2,9	65	154	6,9
2	4	1,44	1,06	110	43	23	31	15,9	0,8	2,3	2,8	67	159	7,0
3	5	2,57	1,37	118	37	22	26	11,6	0,5	7,6*	7,7*	161	766**	7,0
4	5–6	2,45	1,55	181	31	25	27	15,5	0,6	8,3*	5,6(*)	188	1045**	6,6
5	6	1,35	1,66	130	23	26	21	3,0	0,2	0,9	0,8	138	149	5,9
6	7	1,41	2,34	173	42	36	34	4,0	0,1	1,3	1,1	69	125	4,1
7	7–8	1,58	2,49	92	31	23	18	12,1	0,8	3.4	2,4	97	332	5,0
8	8	1,58	1,11	86	34	26	20	10,1	0,7	4,4*	4,6*	82	351(*)	6,4
9	9	1,61	1.02	83	34	27	28	7,0	0,5	2,8	3,6*	70	195	5,4
10	10	1,48	1,08	80	10	16	10	4,8	0,5	1,9	3,0	92	178	7,2
11	11–2	2,30	1,35	105	21	22	25	5,3	0,3	0,9	1,3	78	61	6,7
12	1–2	1,49	1,14	101	47	26	30	9,3	0,5	2,9	3,7(*)	70	194	6,4

[1]) Na correctie voor invloed van de dracht/after correction for influence of fruit number.
[2]) 5 = geel/yellow; 7 / geel met rood (stikstofgebrek) /reddish yellow (nitrogen deficiency).
Significantie van verschillen/Significance of differences:
[3]) 3 en 4 > alle andere behalve 7 en 8; 8 > 5 en 6/3 and 4 > all other treatments except 7 and 8; 8 > 5 and 6
[4]) correctie voor scheutgroei in 1963/correction for shoot growth in 1963:
3 en 4 > 1, 2, 5, 6; 8 en 9 > 5 en 6; 12 > 6/3 and 4 > 1, 2, 5, 6; 8 and 9 > 5 and 6; 12 > 6.
[5]) 3 en 4 > alle andere; 8 > 2/3 and 4 > all other treatments; 8 > 2.

Table 14. Response of Golden Delicious M. 9 apple trees in a pot trial to time of nitrogen dressing (1963–1965). Second year of trial.

toestand van de planten tijdens de bloemaanleg in 1963. Bovendien bestonden in 1963 tussen de behandelingen nog geen grote verschillen in opbrengst: de dracht heeft namelijk grote invloed op de bloemaanleg (verschijnsel van beurtjaren).

Het aantal jonge vruchten per plant kort na de bloei blijkt, naast de vruchtzetting, beïnvloed te zijn door de plantgrootte, dus door de groei in 1963. Corrigeert men dit door het aantal gezette vruchtjes te betrekken op het aantal bloemtrossen dan blijkt, dat de stikstofvoorziening kort vóór de bloei (2) en die in augustus van het vorige jaar (7 en 8, via de opslag van een stikstofreserve, vorming van 'sterke' bloemen) de grootste invloed te hebben gehad.

Opvallend is verder de zeer slechte vruchtzetting na de behandelingen 5 en 6, waarbij de planten gedurende juni of juli stikstof konden opnemen. De korte stikstofstoot na een periode van stikstofgebrek heeft bij deze planten in 1963 versterkte groei veroorzaakt (vergelijk 4.2). De opname bleef daarbij achter, zodat de stikstoftoestand op den duur waarschijnlijk sterker achteruit ging dan bij planten zonder sterke groeiprikkel (verdunningseffect). In deze periode zijn zeer zwakke bloemknoppen aangelegd die in 1964 een slechte zetting gaven, mede door het ontbreken van bemesting tijdens of vóór de bloei. Deze gedachtengang wordt bevestigd door de lage N-gehalten in het blad van de behandelingen 5 en 6 op 28 mei.

De resultaten van de pluk waren niet in overeenstemming met de verwachtingen: de relatief goede vruchtzetting in mei bij de aprilbemesting (2) leverde geen groter aantal vruchten bij de pluk op. Het effect was dus tijdelijk. De stikstofgift kwam bij deze planten wel juist op tijd voor een verbetering van de vruchtzetting, maar de opname bleef zeer gering (bladanalyse, Tabel 14) zodat de stikstoftoestand van deze planten zeer laag bleef. Een gunstig effect van een bemesting op de vruchtzetting zegt dus weinig als het gewas niet bovendien reeds in een redelijke stikstoftoestand verkeert of wordt gebracht. In dit verband is het opvallend, dat een iets latere bemesting, die weliswaar te laat kwam voor een verbetering van de vruchtzetting maar waarbij de opname door de fysiologische activiteit van het gewas veel groter kon zijn, een betere ondersteuning voor de vruchtzetting (minder rui) heeft betekend: bij stikstof in mei (3 en 4) werd een significant groter aantal vruchten geoogst.

Een tweede maar zwakker gunstig effect werd verkregen door de bemesting in augustus en, na correctie van de invloed van de plantgrootte, ook in september. Dit was te danken aan een verbetering van de stikstoftoestand in de vorige nazomer, die ook al in een betere zetting tot uiting kwam.

Ook de vruchtgrootte werd door de behandelingen beïnvloed. Omdat een groter aantal vruchten een lager gemiddeld vruchtgewicht geeft werd een grafische correctie uitgevoerd voor de invloed van verschillen in dracht. Uit de zo verkregen gewichten bleek, dat stikstof in mei en juni (3, 4, 5) de grootste vruchten gaf. Latere bemestingen hadden geen effect meer. De vraag rijst dus of bemestingen, die in de praktijk na de junirui ter versterking van de vruchtgroei nogal eens worden gegeven, nog effect kunnen hebben.

Bij de totale opbrengst hebben de bemestingen in mei en mei-juni (3 en 4) veruit het beste resultaat gegeven. Uit de gegevens valt af te leiden, dat het hierbij ging om

een cumulatief effect van meer scheutgroei in 1963 (vruchtdragend hout in 1964), een door tijdige stikstofopname minder sterke rui in juni waardoor van het redelijke aantal gezette vruchten na de bloei relatief veel bleef behouden, en tenslotte een betere vruchtgroei.

Een hogere opbrengst werd ook bereikt bij stikstofbemesting in augustus (7 en 8), voornamelijk als gevolg van een op een goede reservetoestand berustende betere vruchtzetting. Hoewel de bladanalyse in het voorjaar bij behandeling 9 (stikstof in september) een even goede reservetoestand suggereerde als bij 7 en 8, is de vruchtzetting daarbij toch niet even sterk verbeterd, zodat de opbrengst bij deze behandeling tenslotte toch achterbleef bij 7 en 8. De opname in september zal, afhankelijk van de weersomstandigheden en de afnemende fysiologische activiteit van het gewas, meestal wel minder groot zijn dan in augustus.

Het valt op, dat voortzetting van de beschikbaarheid van mei (3) over juni (4) wel, een gift in juni alléén geen winst opleverde. Bemesting in juni of juli alleen heeft, gezien de toch wel grote opnameactiviteit in deze periode, opvallend slechte opbrengstresultaten opgeleverd. De opname is hierbij overwegend aan de scheutgroei ten goede gekomen en heeft niet bijgedragen tot handhaving of verhoging van de stikstoftoestand, wat resulteerde in een zeer slechte vruchtzetting.

De vruchtkleur, tenslotte, laat een onregelmatig beeld zien wat bij verscheidene behandelingen op stikstofgebrek wijst. Waar veel stikstof kon worden opgenomen zijn lage schattingscijfers toegekend, die op normale vruchtkleuren wijzen (5–9). Een maximaal effect had bemesting in juli en in september (als gevolg van de verdubbelde gift).

Het derde proefjaar (1965)

De bemestingen werden in het laatste proefjaar herhaald. Van behandeling 11 gingen door wateroverlast gedurende de winter enkele planten verloren.

Al in het voorjaar traden grote verschillen op in snelheid van uitlopen en kleur van de bladeren. Bij behandelingen waar in de voorgaande zomer een stikstofreserve kon worden gevormd (Tabel 15, 6–9) had het blad reeds vroeg een groenere kleur en liepen de knoppen sneller uit. De opvallend groene kleur van behandeling 9 was ongetwijfeld mede het gevolg van de verdubbeling van de stikstofgift. De in de loop van het jaar plaats gevonden veranderingen in de bladkleur (zie de waarnemingen op 28 september) waren in overeenstemming met de behandelingen.

Uit de aan het einde van het jaar gemeten lengte van de in de drie proefjaren gevormde scheuten bleek, dat de groei in 1964 doorgaans sterk was afgenomen als gevolg van de toenemende verarming bij de meeste behandelingen. Daardoor kwam het accent steeds meer te liggen op behandelingen met een langere opnameduur (4.7). De opvallende groei in 1965 bij behandeling 7 moet worden verklaard uit de ook in 4.2 en 4.4 geconstateerde versterkte opname en groei bij een bemesting van stikstofarme planten kort vóór het afsluiten van de scheutgroei (St.-Janslot). Ook in de stamomtrek kwam de invloed van de verlenging van de opnameperiode naar voren.

Table 15. Reactie van Golden Delicious op M. 9 op stikstofbemesting gedurende verschillende perioden in het derde proefjaar (potproef 1963–1965).

Behandeling Treatment	N-voorziening gedurende maand Supply of N during month	Bladkleur Leaf colour		Scheutgroei Shoot growth in cm per plant			Stamomtrek Stem circ. 1965 in cm	Bloemknoppen op scheuten Flowerbuds on shoots				Aantal vruchten Number of fruits per 10/6		Oogst september/September harvest				
		6/5	28/9	'63	'64	'65		1-jarige 1-year-old aantal number	%	Oudere % Older aantal number		Per plant	Per m bloeitak Flower branch	Aantal vruchten Number of fruits per plant	per m bloeitak Flower branch	Gram per vrucht fruit	Gram per plant	Vruchtkleur fruit colour
														3)	4)		5)	1,2)
1	3	4,3	4,1	103	20	15	4,9	19	10	34	6	9,5	7,7	3,4	2,8	58	229	5,9
2	4	4,3	4,1	101	24	22	5,3	14	8	14	3	6,4	5,1	3,4	2,7	73	246	5,7
3	5	4,0	4,8	124	56	38	5,3	46	12	123	25	6,4	3,6	4,1	2,3	91	392	6,9
4	5–6	4,3	5,9	177	161	86	6,3	227	24	243	45	25,3	7,5	12,0(*)	3,6	113	1061*	6,4
5	6	4,9	7,1	145	43	45	5,9	146	45	317	59	11,6	5,5	7,9(*)	4,2	124	879*	4,9
6	7	5,9	6,9	145	56	92	5,9	40	13	183	28	17,6	8,8	9,4(*)	4,7	83	696	5,6
7	7–8	6,6	7,7	117	85	170	6,6	91	22	208	41	28,3	14,0	14,8**	7,3**	90	1106**	5,3
8	8	6,7	7,1	89	63	71	5,5	44	12	86	15	17,0	11,3	9,8(*)	6,5(*)	76	650	5,9
9	9	7,3	5,8	91	44	52	5,3	43	14	66	13	30,3	22,4	15,0*	11,1**	81	961*	6,5
10	10	4,3	4,2	86	26	18	5,1	28	11	34	9	8,0	7,2	2,8	2,5	62	185	6,6
11	11–2			138	41			19	10	38	9							
12	1–2	4,0	4,0	106	15	19	5,1	6	6	7	1	3,6	3,0	1,0	0,8	62	79	6,1

1,2) Zie id. Tabel 14 / See ditto Table 14
Significantie van verschillen / Significance of differences:
3) 4–9 > alle andere / 4–9 > all other treatments.
4) 7–9 > 1–3, 10, 12; 7 > 4; 9 > 4–6
5) 4, 5, 7, 9 > 1–3, 10, 12; 6 en 8 > 1, 2, 10, 12.

Table 15. Response of Golden Delicious M. 9 apple trees to time of nitrogen dressing. Third of trial year

Het aantal bloemtrossen werd uiteraard weer sterk beïnvloed door de bloemaanleg en de scheutgroei in de voorgaande jaren. De bloemaanleg blijkt uit het percentage gemengde knoppen. In 1965 kwamen veel grotere verschillen voor dan in het voorgaande jaar. Bij de interpretatie van de verschillen in bloei moet echter naast de invloed van de stikstofperiode en -duur die van de verschillen in dracht van het vorige jaar worden onderkend. Zo zal de rijke bloei bij de behandelingen 5 en 6 mede door de lage opbrengst in 1964 zijn bevorderd. Niettemin lijkt de invloed van de opnameperiode te overheersen: deze was maximaal in juni met daarnaast enig effect van stikstoftoediening in mei en juli. Hoewel de bemesting in augustus en september nog sterke opname tot gevolg had (8, 9, zie de bladkleur op 6 mei), heeft deze weinig invloed gehad. De bloemaanleg wordt dus het sterkst bevorderd door opname tijdens de scheutgroei.

Vruchtzetting en opbrengst komen op zeer complexe wijze tot stand. Het aantal vruchten per plant vóór de junirui weerspiegelt, naast de zetting, uiteraard de plantgrootte, terwijl ook de bloeirijkdom van invloed zal zijn geweest. Berekening van het aantal vruchten per meter vruchtdragende tak (in 1963 en 1964 gegroeid) geeft een betere indruk van de dracht, maar ook dit maakt het niet mogelijk over de zetting (het aantal vruchten per bloemtros) een juist oordeel te vormen. Zo krijgt het grote verschil in dracht tussen de behandelingen 9 en 4 extra reliëf als de veel matiger bloei bij 9 in aanmerking wordt genomen (Tabel 15). De vruchtzetting bij stikstofopname in september is vele malen groter geweest dan bij opname in mei en juni. Onder bepaalde omstandigheden kan de voedingstoestand van het gewas dus belangrijker worden dan de stikstofvoorziening in het voorjaar. Bij de interpretatie van dit resultaat mag echter wederom de invloed van het grote verschil in dracht van het vorige jaar niet uit het oog worden verloren. De hoge opbrengst in 1964 van behandeling 4 (Tabel 14), gecombineerd met de achteruitgang van de stikstoftoestand (bladkleur, Tabel 15) kunnen een beurtjaareffect hebben veroorzaakt.

Bij de pluk, eind september, is door rui het aantal vruchten weliswaar verminderd, maar de verschillen tussen de behandelingen hebben nauwelijks een wijziging ondergaan. Na correctie voor de plantgrootte bleek, dat het aantal vruchten per meter vruchtdragende tak significant beter was bij behandeling 7 tot 9, bemesting in augustus en september. Het grote aantal vruchten per plant bij de behandelingen 4 tot 6 is dus grotendeels aan de sterkere scheutgroei in de voorgaande jaren te danken geweest. De opvallend goede dracht bij stikstoftoediening in september is mede door de verdubbelde gift veroorzaakt en betekent dus niet, dat stikstofopname in september meer tot de reservevorming bijdraagt dan die in augustus. Opname in juli heeft in dit opzicht zelfs al enig effect gehad (bladkleur in mei).

De vruchtgroei (-grootte) blijkt, evenals in 1964, door stikstof in mei en juni te zijn bevorderd. In Fig. 25 is het verband tussen het totale vruchtgewicht en het aantal vruchten per plant weergegeven. De opbrengst neemt niet evenredig met de vruchtdracht toe: bij meer vruchten neemt de vruchtgrootte af. Het verband blijkt voor drie groepen behandelingen verschillend uit te vallen: de grootste vruchten werden gevormd bij bemesting in mei en juni (3, 4, 5). Daarnaast heeft de vorming van een stik-

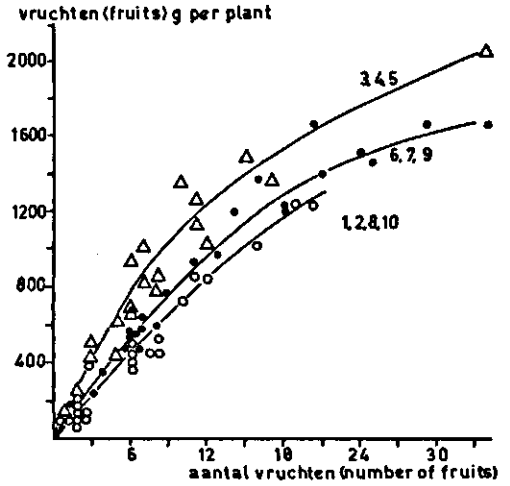


Fig. 25. Verband tussen gewicht en aantal vruchten per boom (potproef met Golden Delicious op M. 9, 1965). Voor de betekenis van de nummers zie Tabel 15.

Fig. 25. Relation between total weight and number of fruits per tree (pot trial with Golden Delicious on M. 9, 1965). For numbers indicating treatments: see Table 15.

Tabel 16. Analyse van de oogst per plant in 1965.

Behandeling Treatment	N gedurende maand N-supply during month	Opbrengst bepalende kenmerken Factors determining yield					Opbrengst Yield g/plant f = a.b.c.d.e.
		a	b	c	d	e	
1	3	5,4	1,23	1,430	0,358	67,4	229
2	4	2,8	1,25	1,830	0,531	72,4	246
3	5	11,7	1,80	0,304	0,641	95,6	392
4	5–6	17,4	3,38	0,430	0,474	88,4	1061
5	6	30,8	1,88	0,200	0,681	111,3	879
6	7	13,9	2,01	0,630	0,534	74,0	696
7	7–8	18,5	2,02	0,760	0,523	74,7	1106
8	8	10,7	1,52	1,045	0,577	66,3	650
9	9	10,1	1,35	2,220	0,495	64,1	961
10	10	6,9	1,12	1,035	0,350	66,1	185
11	11–2	onvoldoende gegevens/insufficient data					
12	1–2	1,3	1,21	2,293	0,278	79,0	79

a = aantal bloemtrossen per meter vruchtdragende taklengte/number of flower clusters per metre fruit-bearing branches
b = vruchtdragende taklengte in m/fruit-bearing branches in m
c = aantal gezette vruchten per bloemtros (10 juni)/number of fruits per flower cluster (10 June)
d = factor voor niet door rui afgevallen vruchten (1 = geen rui)/factor indicating fruits not dropped between 10 June and picking date (1 = no fruit drop)
e = ongecorrigeerd vruchtgewicht in g/actual fruit weight in g.

Table 16. Analysis of the yield per plant in 1965.

stofreserve iets tot de vruchtgroei bijgedragen (6, 7, 9). Wederom wordt dus de indruk gewekt, dat stikstof door toegenomen celdelingen in de eerste stadia van de vruchtgroei meer effect heeft dan door celstrekking in latere stadia.

Men kan de opbrengsten per plant in Tabel 15 tenslotte zien als het gezamenlijke resultaat van een vijftal oogstbepalende kenmerken (Tabel 16). Elk van deze wordt in een bepaalde periode door de stikstofvoorziening beïnvloed. Een hoge opbrengst kan door opname in twee perioden tot stand komen. De invloed van stikstof is het grootst in het voorjaar. Het accent ligt daarbij op bevordering van de scheut- en vruchtgroei en van de bloemaanleg (4, 5). Bij opname na het afsluiten van de lengtegroei (7–9) ligt het accent op de sterk verbeterde vruchtzetting. Daarbij moet echter een risico van vertraagde rijping en achteruitgang van de vruchtkleur worden onderkend (Tabel 15).

Naast de periode komt, als gevolg van de lage concentratie van het aanbod, ook de betekenis van de opnameduur (2 maanden) naar voren. De gezamenlijke gegevens suggereren, dat een hoge opbrengst zowel door een hoog (maar hoofdzakelijk tot enkele voorjaarsmaanden beperkt) als door een matig maar langdurig stikstofaanbod kan worden bereikt. De eerste situatie wordt bijvoorbeeld aangetroffen bij vroege zware bemesting van grasboomgaarden: het hoge aanbod vermindert daarbij snel door opname door het gras. De tweede situatie komt voor bij gehele of gedeeltelijke afwezigheid van onderbegroeiing en bij het vrijkomen van stikstof uit langzame bronnen ('oude kracht', organische mest, klaver). De wijze waarop het gewas daarop reageert moet een belangrijk uitgangspunt vormen bij de bestudering van de stikstofhuishouding van diverse bodembehandelingssystemen (Hoofdstukken 7–9).

5.2 Stikstofreserve, vruchtzetting en rui

Doel van het onderzoek

In 5.1 kwam naar voren, dat het aantal vruchten bij de oogst wordt bepaald door de invloed van stikstof achtereenvolgens op de bloei, de vruchtzetting en de rui, waarbij tevens de scheutgroei een rol speelt. De vruchtrui, voornamelijk in juni, is over het algemeen duidelijk positief gecorreleerd met de vruchtzetting. Het sterke verlies aan vruchten hierdoor maakt een voorspelling van het resultaat van een bemesting, althans bij een jong gewas, zeer onzeker.

In een jonge aanplant van appels te Wilhelminadorp deed zich de gelegenheid voor om nadere gegevens hierover te verzamelen. Het ging hierbij om dezelfde boomgaard als die, gebruikt voor het onderzoek beschreven onder 4.3

Opzet van de proef

Materiaal: 78 appelbomen James Grieve (Lired) op de matig sterke onderstam MM.106, in 1963 geplant op iets droogtegevoelige plaatgrond (50 cm zavel op zand).
Ondergroei: 7 grassoorten, ten dele gemengd met witte klaver, volvelds uitgezaaid in de zomer van 1965. Door verschillen in concurrentie ontstonden bij de appel vanaf 1966 sterk uiteenlopende stikstoftoestanden.

Bemesting: 38 bomen in 1965, 1966 en 1967 bemest met resp. 120 (op 3 maart), 120 (op 14 maart) en 200 (op 9 maart) kg N per ha; 40 onbemeste bomen in 1965–1967 als controle. Alle bomen in 1968 400 kg N per ha (150, 100, 75 en 75 kg N op 28/2, 29/3, 2/5 en 31/5).

Van deze proef zullen alleen de waarnemingen over vruchtzetting, rui en aantallen geoogste vruchten in 1967 en 1968 worden besproken in verband met de bemesting en de stikstoftoestand van het gewas. Als maat voor de stikstoftoestand in het voorjaar diende het N-gehalte van het blad in de voorgaande herfst. Daar het om een jong, matig sterk groeiend, in produktie komend gewas ging, behoeven de resultaten niet maatgevend te zijn voor de reactie van volwassen bomen.

Resultaten in 1967

Op grond van de vele neerslag tussen de bemestingsdatum, 9 maart, en 1 mei (86 mm) mocht een snelle werkzaamheid van de bemesting worden verwacht. Inderdaad werden op 16 mei bij niet en wel bemeste bomen gemiddelde gehalten van 3,88 en 4,82% N in het jonge blad gevonden.

Fig. 26 geeft voor het meerjarige hout per boom (bemest en onbemest) het verband

Fig. 26. Stikstoftoestand van het blad in de voorgaande herfst en vruchtzetting vóór de junirui op meerjarige takken van 5 jaar oude James Grieve op MM.106, onbemest (r = +0,51***) en bemest met 200 kg N/ha in 1967 (r = −0,30(*)).

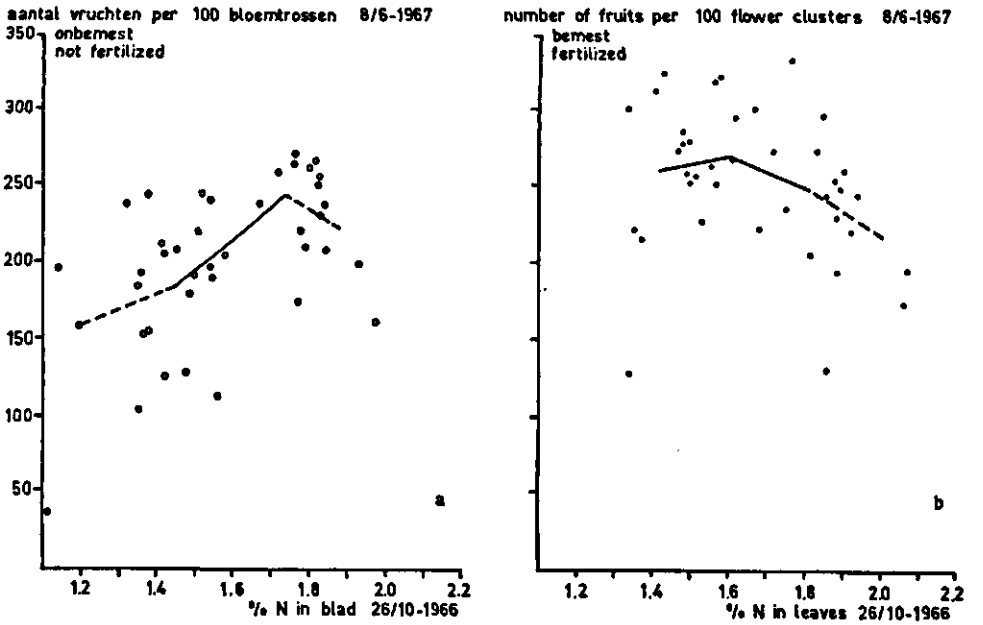


Fig. 26. Nitrogen status of leaves in preceding autumn and fruit-set on older branches of 5-year-old James Grieve on MM.106 before June drop, without dressing (r = +0,51***) and with 200 kg N/ha in 1967 (r = −0,31(*)).

tussen de vruchtzetting, grotendeels vóór de junirui, en het stikstofgehalte van het blad in de vorige herfst. Uit ervaring is gebleken, dat dit gehalte een goede maat is voor laat in het seizoen opgenomen stikstof, dus voor de reservetoestand van het gewas tot aan het volgende voorjaar. De spreiding hierin was voornamelijk het gevolg van de ondergroei. De bemesting in het voorjaar van 1966, slechts 120 kg N per ha, is grotendeels aan het gras ten goede gekomen en heeft op het bladstikstofgehalte van de vruchtboom in oktober blijkbaar weinig invloed gehad.

De zetting heeft betrekking op het aantal vruchten van 0,5–2 cm diameter per 100 bloemtros-littekens op het vóór 1966 gegroeide hout. Dit aantal werd vrijwel niet beinvloed door verschillen in bloeirijkdom, omdat deze gering waren.

Het blijkt, dat de bemesting in het voorjaar van 1967 alleen bij stikstofarme bomen een duidelijke verbetering van de vruchtzetting heeft gegeven; zonder bemesting (Fig. 26a) had ook een hogere stikstoftoestand, door de vorming van sterkere bloemknoppen, een gunstige invloed. De gegevens van de bemeste bomen suggereren zelfs een zwakke afname van de zetting bij de hoogste stikstofgehalten. Een verklaring hiervoor kan wellicht in meer rui door meer groei liggen: op de waarnemingsdag was waarschijnlijk al sprake van enige rui.

Op 10 juli, na de rui, werd wederom het aantal vruchten geteld, nu per boom, en wel voor het eenjarige (in 1966 gevormde) en oudere hout afzonderlijk. Omdat dit laatste was gegroeid vóór 1966 in een periode van uniforme behandeling zonder grasbedekking, heeft de eind 1966 uiteenlopende stikstoftoestand geen invloed gehad op het totaal aantal bloemtrossen (bloeirijkdom × taklengte) zodat een verband voor aantallen vruchten per 100 bloemtrossen (Fig. 26) voor het meerjarige hout mag worden vergeleken met een verband voor aantallen per boom. Voor het oudere hout werd berekend, dat inmiddels sterke rui was opgetreden, die toenam met het stikstofgehalte van het blad in de vorige herfst: bij 1,4% N ging gemiddeld 85%, bij 1,9% N ging 95% van de op 8 juni getelde vruchten weer verloren. Het verband tussen de aantallen vruchten nà de rui en de stikstoftoestand (Fig. 27a-d) wijkt daardoor voor het overjarige hout af van het vóór de rui verkregen beeld: de positieve correlatie met de voedingstoestand bij onbemeste bomen (Fig. 26a) was nu afwezig of zwak negatief (Fig. 27c), voor de bemeste bomen was deze significant negatief geworden (Fig. 27d). Het aanvankelijke voordeel van een goede voedingstoestand, tot uiting komend in een betere zetting, veranderde dus in een nadeel door extra rui versterkt door de bemesting.

Op éénjarige takken was het omgekeerde het geval: hier werden, ongeacht de bemesting, significant meer vruchten geteld naarmate de voedingstoestand beter was. Dit verschil met het oudere hout moet worden verklaard uit de sterk positieve invloed van de stikstofvoorziening op de scheutgroei in 1966. De hierdoor ontstane grotere taklengte legde meer gewicht in de schaal dan een eventueel met de voedingstoestand toenemende rui (voor éénjarig hout niet vastgesteld). Bij het oudere hout was, zoals reeds werd opgemerkt, een invloed van stikstof op de lengte afwezig.

Aangezien na de tellingen op 10 juli vrijwel geen vruchtval is opgetreden behoeft het geen verwondering te wekken, dat het totaal aantal vruchten per boom bij de

Fig. 27. Stikstoftoestand van het gewas in de herfst van 1966 en aantal vruchten op 10 juli 1967 ($r_a = +0{,}65^{***}$, $r_b = +0{,}37^{*}$, $r_c = -0{,}30^{(*)}$, $r_d = -0{,}57^{***}$). James Grieve op MM.106. Verg. Fig. 26.

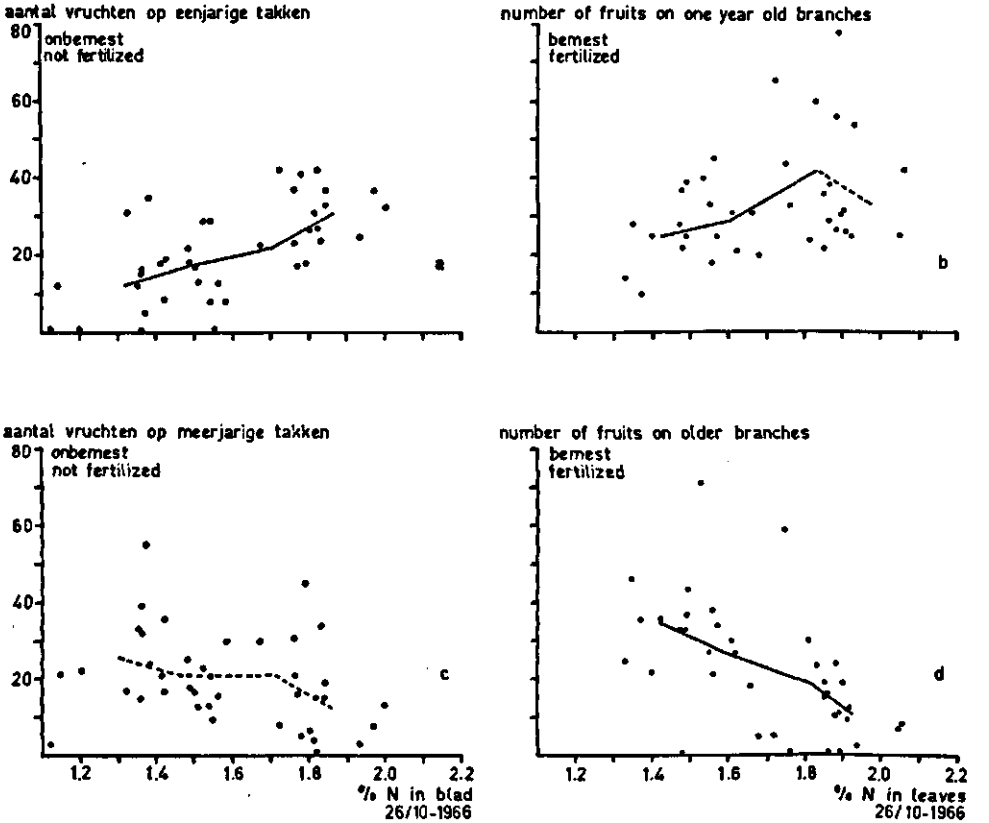


Fig. 27. Nitrogen status of the crop in the autumn of 1966 and number of fruits on 10 July 1967 ($r_a = +0{,}65^{***}$, $r_b = +0{,}37^{*}$, $r_c = -0{,}30^{(*)}$, $r_d = -0{,}57^{***}$). James Grieve on MM.106. Compare Fig. 26.

pluk op 30 augustus geen verband meer vertoont met de variatie in stikstoftoestand als gevolg van de ondergroei. In Fig. 28 mag men 'onbemest' en 'bemest' beschouwen als een samenvoeging van de Fig. 27a en c resp. b en d. De positieve invloed van de stikstoftoestand op het éénjarige en de negatieve op het meerjarige hout hebben elkaar blijkbaar net opgeheven. Naarmate de stikstoftoestand beter is, zal echter een relatief groter aantal vruchten van het éénjarige hout afkomstig zijn geweest. Het hangt dus mede van de invloed van stikstof op de totale vruchtdragende taklengte af, wat het effect van een betere stikstofvoorziening op den duur zal zijn. In dit verband dient te worden gewezen op het significant grotere aantal vruchten bij bemeste bomen (Fig. 28). Dit is het gevolg van de gezamenlijke invloed van de scheutgroei in 1966 (vergelijk Fig. 27a en b) en de vruchtzetting en rui in 1967. Dit resultaat suggereert dat, op den duur, de invloed van stikstof op groei en vruchtzetting zwaarder zal

Fig. 28. Stikstoftoestand van het gewas in de herfst van 1966 en aantal vruchten bij de pluk op 30 augustus 1967 ($r_a = +0{,}13$, $r_b = -0{,}18$). James Grieve op MM.106. Verg. Fig. 27.

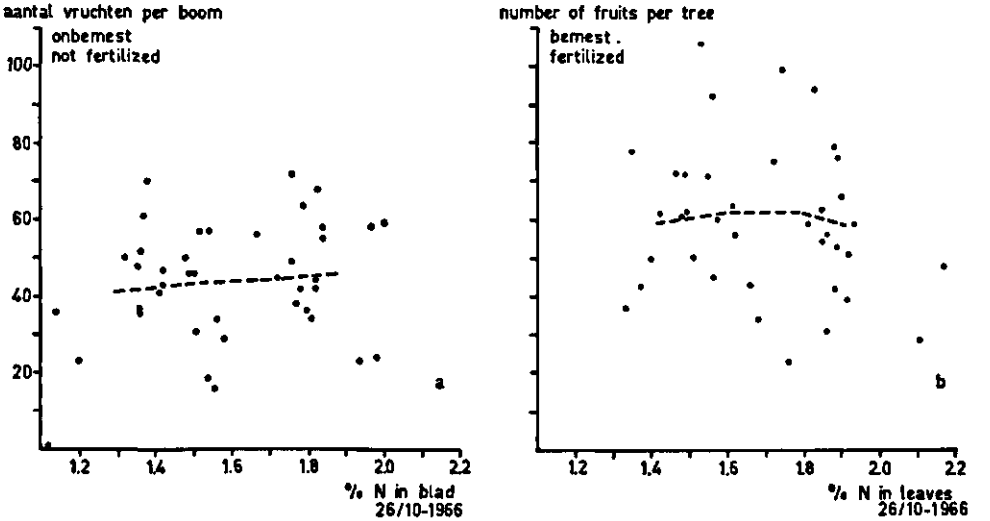


Fig. 28. Nitrogen status of the crop in the autumn of 1966 and number of fruits picked on 30 August 1967 ($r_a = +0{,}13$, $r_b = -0{,}18$). James Grieve on MM. 106. Compare Fig. 27.

gaan wegen dan die op de rui. Voor het gewicht van de opbrengst moet bovendien de invloed van stikstof op de vruchtgrootte in de beschouwingen worden betrokken.

Resultaten in 1968

Zoals vermeld, werd in 1968 aan alle bomen een zware, gedeelde voorjaarsbemesting gegeven. Deze diende om na te gaan of de gevolgen van de behandelingen in beide voorgaande jaren, welke bij een deel van de bomen tot sterke verarming hadden geleid, snel konden worden opgeheven. De neerslag in het voorjaar van 1968 was echter gering, waardoor de bemesting pas laat werkzaam werd. Met als maat het N-gehalte van de bladeren geplukt op 9 oktober 1967, bleken inderdaad vroegheid van de bloei (waargenomen op 3 mei) en kleur van het blad (op 22 mei) sterk positief met de stikstofreservetoestand van het gewas samen te hangen; zelfs op 7 juni bestond er nog een duidelijke correlatie tussen het stikstofgehalte in het blad en de reservetoestand (Fig. 29). De bemesting bleef dus lang onwerkzaam; pas in de loop van de zomer werd deze merkbaar aan een nivellering van de verschillen in bladkleur. Zodoende werd de vruchtzetting overwegend door de in de vorige jaren ontstane reservetoestand bepaald. Waarnemingen aan het meerjarige hout (1966 en ouder, Fig. 30) bevestigden dit. Een dergelijk verband, echter op een hoger niveau van zetting, werd ook gevonden voor vruchtjes op het éénjarige hout (in 1967 gevormd) en op de littekens van de eindknoppen. De hoge correlatie maakt het waarschijnlijk, dat de zware voorjaarsbemesting op de vruchtzetting nog weinig invloed heeft gehad, wat demonstreert

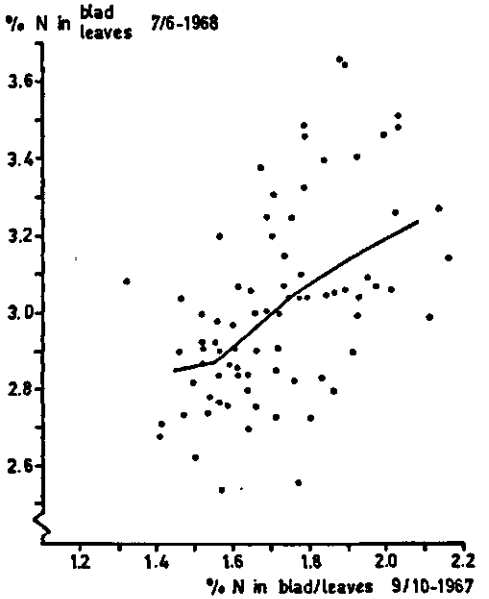


Fig. 29. Stikstofgehalten van blad in herfst 1967 en voorjaar 1968 (r = +0,53***). James Grieve op MM.106.

Fig. 29. Leaf nitrogen percentage in autumn 1967 and spring 1968 (r = +0,53***). James Grieve on MM.106.

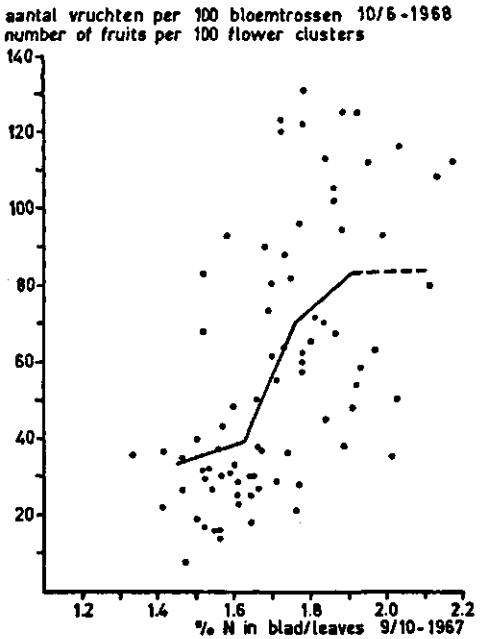


Fig. 30. Stikstofgehalte van blad in voorgaande herfst en vruchtzetting op meerjarige takken op 10 juni 1968 (r = +0,59***). James Grieve op MM.106.

Fig. 30. Nitrogen in leaves in preceding autumn and fruit-set on older branches on 10 June 1968 (r = +0,59***).

dat het onzeker is of een verarming van het gewas tijdig, vóór de vruchtzetting, door een voorjaarsbemesting kan worden opgeheven.

Wat betreft het aantal bloemtrossen kwamen, in tegenstelling tot het voorgaande jaar, in 1968 duidelijke verschillen voor als gevolg van de invloed van stikstof op de

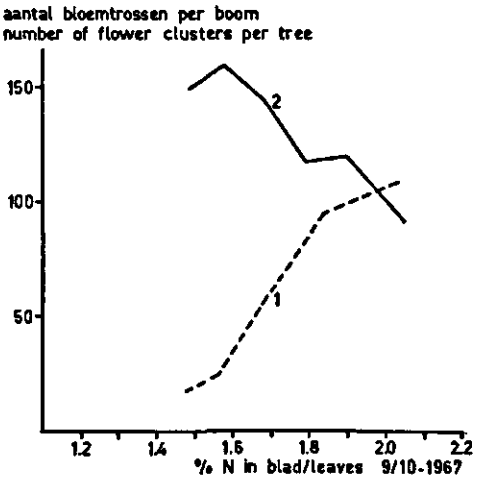


Fig. 31. Stikstofgehalte van blad in voorgaande herfst en aantal bloemtrossen in 1968 op (1) eenjarig en (2) meerjarig hout ($r_1 = +0{,}78^{***}$, $r_2 = -0{,}45^{***}$). James Grieve op MM.106.

Fig. 31. Leaf nitrogen in preceding autumn and number of flower clusters in 1968 on (1) one-year-old and (2) older branches ($r_1 = +0{,}78^{***}$, $r_2 = -0{,}45^{***}$).

bloemaanleg en scheutgroei in 1967 (Fig. 31). Op het meerjarige hout (2) werden minder bloemtrossen geteld naarmate de stikstofvoorziening in het voorgaande jaar beter was geweest. Dit moet worden toegeschreven aan verminderde bloemaanleg door meer groei in 1967 (antagonisme tussen groei en vruchtbaarheid). Op deze samenhang had de omstandigheid, dat het meerjarige hout bij meer stikstof ook een iets grotere taklengte bezat (het in 1966 gegroeide deel) blijkbaar weinig invloed. Op het éénjarige hout (1), waarvan de groei in 1967 sterk afhing van de stikstofvoorziening, werd het aantal bloemtrossen echter meer door de taklengte dan door eventuele verschillen in bloemaanleg bepaald. Voor deze scheuten ontstond een sterk positieve samenhang met de stikstoftoestand. In 1968 bevond zich dus een groter deel van de bloemtrossen op het jonge hout naarmate de stikstofvoorziening in 1967 beter was geweest.

Na de waarnemingen over de vruchtzetting op 10 juni werden pas bij de pluk op 6 september weer tellingen verricht. De vergelijking van de aantallen vruchten op beide data geeft echter een goede indruk van de rui na 10 juni (Fig. 32): deze nam sterk toe met de stikstoftoestand. Boven ca 1,7% N was het merendeel van de vruchtjes afgevallen en nam de vruchtval bij hogere gehalten nog iets verder toe (op de relatief sterke vruchtval bij bomen met een onderbegroeiing van het weinig concurrerende ruwbeemdgras zal in 8.3 nader worden ingegaan). Beneden 1,7% N bestond ogenschijnlijk geen verband meer met de stikstoftoestand: een aantal bomen reageerde nog met sterke rui, voor andere werd geen of zelfs een 'negatieve ' rui berekend. Het is duidelijk, dat bij de kleine aantallen vruchtjes op 10 juni bij lage stikstoftoestanden (gevolg van lage zetting zie Fig. 30, of weinig bloemtrossen, zie Fig. 31: 1) onnauwkeurigheden bij de tellingen op beide data een grote spreiding in de berekende percentages vruchtrui zullen hebben veroorzaakt. De rui kan tenslotte nog zijn versterkt door de zware bemesting die in deze periode werkzaam werd en sterke groei veroorzaakte.

Fig. 32. Stikstofgehalte van blad in voorgaande herfst en vruchtrui tussen 10 juni en 6 september 1968. Ondergroei: ⊕ ruwbeemdgras, ○ andere grassoorten.

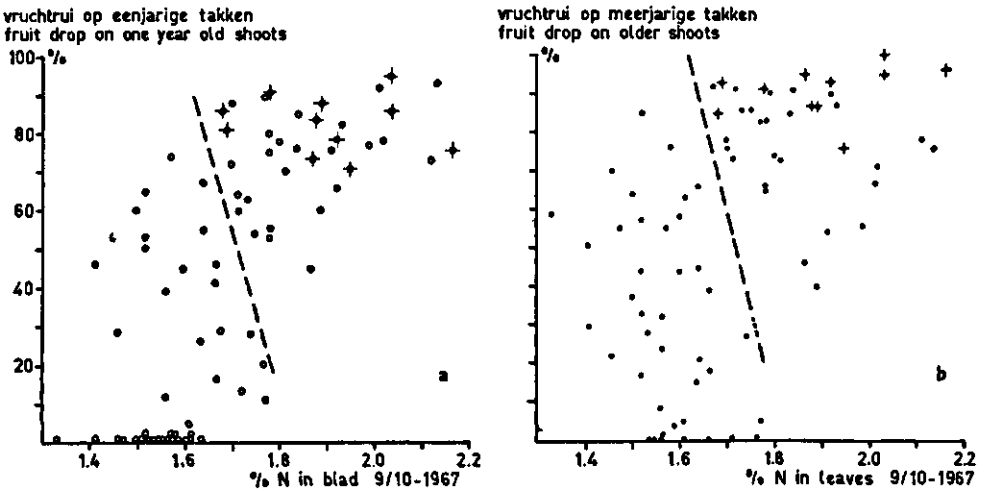


Fig. 32. Leaf nitrogen in preceding autumn and fruit drop between 10 June and 6 September 1968. Grass cover: ⊕ rough stalked meadow grass (Poa trivialis), ○ other species.

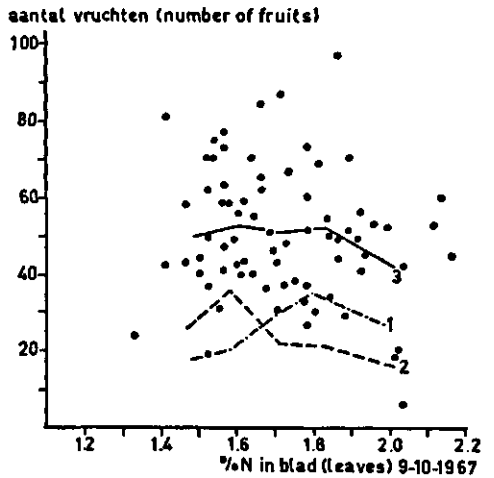


Fig. 33. Stikstofgehalte van blad in voorgaande herfst en aantal geplukte vruchten in 1968, (1) op eenjarig hout ($r_1 = +0{,}31^{**}$, (2) op meerjarig hout ($r_2 = -0{,}35^{**}$) en (3) van gehele boom ($r_3 = -0{,}22^{(*)}$).

Fig. 33. Leaf nitrogen in preceding autumn and number of fruits in 1968, (1) on one-year-old shoots ($r_1 = +0{,}31^{**}$), (2) on older branches ($r_2 = -0{,}35^{**}$) and (3) on both ($r_3 = -0{,}22^{(*)}$).

Het is duidelijk, dat de sterk toegenomen rui ook in 1968 het effect van de veel betere vruchtzetting bij bomen met een goede reservetoestand volstrekt onzeker maakte. Evenals in 1967 (Fig. 27) werd bij de pluk gevonden dat op het meerjarige hout een betrekkelijk lage en op het éénjarige hout, door de positieve invloed van de grotere taklengte, een vrij hoge stikstoftoestand de meeste vruchten gaf (Fig. 33, 2 en 1). Zodoende vertoonde het totaal aantal vruchten per boom wederom geen, of bij hogere stikstofniveau's een zwak negatief verband met de reservetoestand (3, vergelijk Fig. 28). Dit resultaat demonstreert dat bij jonge gewassen die een vrij sterke groei ver-

tonen als gevolg van bodemeigenschappen of de gebruikte onderstam, een verbetering van de stikstoftoestand althans in de aanloopjaren van de produktie geen groter aantal vruchten behoeft op te leveren. De proef heeft slechts enkele aspecten van de gecompliceerde invloed van stikstof belicht. Uit voortzetting over meerdere jaren had kunnen blijken of het cumulatieve effect van een betere scheutgroei op de totale lengte aan vruchtdragende takken op den duur van doorslaggevende betekenis zou zijn geworden. Ervaringen in de praktijk wijzen wel in die richting.

5.3 Stikstofreserve en gevoeligheid voor nachtvorst

Over de invloed van de stikstofvoeding op de gevoeligheid van bast en hout voor vorstschade is vrij veel onderzoek verricht: een zware bemesting, vooral in de herfst, vertraagt de afsluiting van de groei waardoor het afrijpen en afharden van het hout eveneens later plaats vinden. Vroeg invallende vorst kan dan veel schade veroorzaken. Later, tijdens de winterrust, heeft de stikstoftoestand echter vrijwel geen invloed op de gevoeligheid van het hout voor de bevriezing (Edgerton, 1957).

Voor bloemknoppen van perzik vond Proebsting (1961) dat een goede stikstoftoestand een grotere resistentie tegen wintervorst geeft. In het voorjaar lopen stikstofrijke bomen echter eerder uit. Het verbreken van de winterrust gaat gepaard met een verlies van de vorstresistentie zodat zulke bomen bij vroege nachtvorst juist meer risico lopen (Edgerton en Harris, 1950).

De meeste onderzoekingen betroffen kunstmatige bevriezing. Over de invloed van de stikstoftoestand op de gevoeligheid van bloemknoppen voor schade door natuurlijke nachtvorst is bij appel en peer weinig bekend. Van Eijden (1968) vestigt de aandacht op een verhoogde gevoeligheid bij zware dracht in het vorige seizoen.

Bij het bodembehandelingsonderzoek deed zich de gelegenheid voor waarnemingen over nachtvorstschade uit te voeren in een jaar dat materiaal van uiteenlopende stikstoftoestand ter beschikking stond. Later werd aanvullend onderzoek in klimaatkamers verricht. De reden dat hieraan aandacht werd besteed vormden berichten uit de praktijk welke een gunstige invloed suggereerden van ureumbespuitingen kort vóór de nachtvorst (Alma, 1961). Van der Boon en Tánczos (1964) konden een dergelijke invloed echter niet bevestigen.

Veldonderzoek bij Cox's Orange Pippin

In de nacht van 23 op 24 april 1967 veroorzaakte een lichte nachtvorst van −2 °C schade aan bloemknoppen in twee veldproeven te Wilhelminadorp. Deze werd vastgesteld aan doorgesneden bloemknoppen van een zo uniform mogelijk ontwikkelingsstadium (gesloten rose knop). De eerste proef betrof de invloed van herfstbespuitingen met ureum. De gegevens hierover kunnen als volgt worden samengevat.

Gewas: 12-Jarige Cox's Orange Pippin op M.9 in volvelds gras, randbomen (a en b) en proefbomen (c) van een bodembehandelingsproefveld met appels:
a. Niet bemest in 1965 en 1966, duidelijk stikstofgebrek. Op 7 maart 1967 bemest.

b. Idem, in september en oktober 1965 en 1966 vijf keer bespoten met 2% oplossingen van ureum. Op 7 maart 1967 bemest.
c. Bemest, ± 350 kg N per ha in 1966, geen stikstofgebrek. Op 7 maart 1967 wederom bemest. Bomen dicht bij die van a en b staand.
Waarnemingen:
1. Stikstofbepalingen in bladeren op 3 november 1966 en in éénjarige scheuten in de winter van 1966–1967.
2. Bepalingen van percentages bevroren bloemknoppen op takken op 70–100, 120–150 en 170–200 cm boven de grond, steeds aan 30 knoppen per groep per boom.

De bomen c en vooral b hadden een duidelijke voorsprong op a bij het uitlopen en vertoonden ten tijde van de nachtvorst meer ontplooiend blad. De resultaten van de waarnemingen zijn samengevat in Tabel 17.

Uit de bevriezingspercentages komen drie duidelijk verschillende niveau's naar voren, die samenhangen met drie stikstofniveau's in het gewas: bij een hogere stikstoftoestand bevroren in het rose knop stadium minder bloemen. De bevriezing kan niet door verschillen in grasgroei door bemesting zijn beïnvloed (hoger gras; meer uitstraling, lagere nachtvorsttemperatuur) omdat alle bomen in maart een bemesting ontvingen. De bomen b hadden weliswaar de hoogste stikstofgehalten en liepen sneller uit dan a, maar waren in de voorafgaande zomer bijna even stikstofarm.

Over de bevriezing van het totaal van de bloemknoppen zeggen de gegevens niets. Met de overgang naar latere knopstadia gaat een snel verbreken van de nachtvorstresistentie gepaard. Een voorsprong in ontwikkeling maakt de bloemknoppen als geheel dus gevoeliger. Het is daarom goed mogelijk, dat bij waarnemingen aan alle knoppen juist bij stikstofrijke bomen de meeste bevriezing zou zijn gevonden.

Tabel 17. Stikstofgehalten en percentages door nachtvorst in 1967 op verschillende hoogten boven de grond bevroren bloemknoppen van Cox's Orange Pippin op M.9 zonder of met late 5-malige ureumbespuiting in voorgaande herfst.

Behandeling Treatment	Aantal bomen Number of trees	N % in blad leaves 3/11 1966	N % in scheut shoots winter 1967	% bevroren bloemknoppen op hoogte (in cm) van[1] % frozen flower buds on height (in cm) of[1]		
				70–100	120–150	170–200
a. stikstofgebrek, niet bespoten low nitrogen, not sprayed	5	1,40	0,95	75	70	43
b. stikstofgebrek, bespoten low nitrogen, sprayed	5	1,93	1,25	40	21	9
c. geen stikstofgebrek, niet bespoten high nitrogen, not sprayed	12	1,71	1,05	54	39	15

[1]) Verschil a–b significant bij P = 0,001/Difference a–b significant at P = 0.001.

Table 17. Nitrogen contents of leaves and shoots, and % frozen flower buds of Cox's Orange Pippin on M.9 in the spring of 1967, at different heights above the ground, with and without five 2% urea sprayings in the preceding autumn.

Dezelfde nachtvorst als in het vorige geval veroorzaakte schade aan bloemknoppen in een tweede nabijgelegen proef over concurrentie door verschillende grassoorten (zie 8.3, Tabel 25).

Gewas: 5-jarige appels James Grieve (Lired) op MM. 106 in volvelds ingezaaid gras.
Stikstoftoestand: Volgens bladanalyse op 26 oktober 1966 sterk uiteenlopend van ca 1,2 tot 2,1% N als gevolg van de inzaai van 7 verschillend concurrerende grassoorten, het mengen door het graszaad van witte weideklaver en bemesting in 1966 met 120 kg N per ha op een deel van de veldjes.

Sterke verschillen in uitlopen in 1967. Bemesting op de helft van de veldjes 200 kg N per ha, op 9 maart 1967.
Waarnemingen:
1. Stikstofbepalingen in blad in de herfst van 1966.
2. Bepaling van percentages bevroren bloemen op 28 april 1967, op 100–150 cm hoogte aan 50 knoppen per boom, in uniform gesloten rose knop stadium.

In Fig. 34 komt, zij het zwak, een samenhang naar voren tussen de bevriezingspercentages en het stikstofgehalte in het blad in de vorige herfst. Voor de groep d afzonderlijk: bemest + klaver, was de correlatie significant bij P = 0,01 (r = −0,58), voor de overige groepen was dit niet het geval. Uit Tabel 18 waarin de groepsgemiddelden zijn opgenomen, blijkt dat er tussen de vier categorieën bomen significante verschillen in bevriezing bestonden: klaver gaf minder, bemesting gaf meer bevroren bloemknoppen. De laatste invloed moet aan meer grasgroei na de bemesting op 9 maart 1967 worden toegeschreven: door het veel hogere gras zal sterkere uitstraling hebben plaats gevonden. Worden de waarnemingen van de groepen b en c in figuur 34 zodanig gecorrigeerd, dat groepsgemiddelden ontstaan gelijk aan die van a, dan kunnen deze drie groepen worden samengevoegd. Het bleek dat na deze bewerking en na uitschakeling van vier extreme punten (waarvan drie een hoog percentage bevriezing hadden omdat ze op een lage plek stonden), voor a, b en c gezamenlijk wel een

Tabel 18. Stikstofgehalte van blad van James Grieve (Lired) en percentages bevroren bloemknoppen, gemiddeld per groep (Fig. 34).

Behandeling Treatment	N % in blad N % in foliage 26 okt. 1966	% bevroren bloemknoppen % frozen flower buds[1])
a. geen stikstof/no nitrogen	1,47	62
b. geen stikstof, klaver/no nitrogen, clover	1,71	46
c. stikstof/nitrogen	1,61	72
d. stikstof en klaver/nitrogen and clover	1,74	60

[1]) Significantie van de verschillen in bevriezing/Significancy of differences in frost damage: a–b*, c–d**, c–a*, d–b*.

Table 18. Nitrogen in leaves of James Grieve (Lired) and percentages of frozen flower buds, average per group (see Fig. 34).

Fig. 34. Stikstofgehalte van blad in voorgaande herfst en percentage op 24 april 1967 bevroren bloemen (rose knop-stadium). James Grieve op MM.106 in volvelds gras, gedeeltelijk bemest (c, d) en gedeeltelijk met bijmenging van klaver in de zode (b, d).

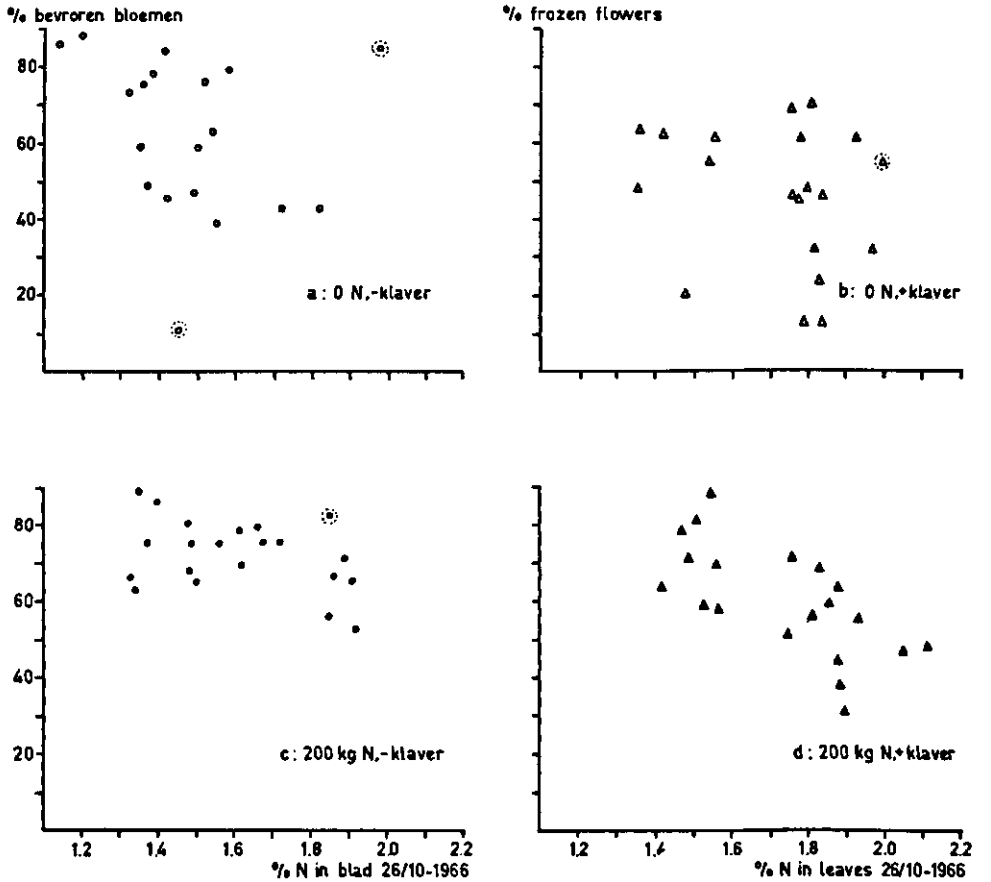


Fig. 34. Leaf nitrogen in preceding autumn and percentage flower buds (pink bud stage), damaged by spring frost on 24 April 1967. James Grieve MM.106 in full grass sward. Treatments: spring dressing (c, d) and clover mixed with the grass (b, d). $r_d = -0{,}58^{**}$ (cf. Table 18).

significante correlatie kon worden berekend ($r = -0{,}39$ bij $P = 0{,}01$).

Een hogere stikstoftoestand met als maat het bladstikstofgehalte gaf dus enige toename van de nachtvorstresistentie. De gunstige invloed van klaver in de graszode (Tabel 18) moet aan het vrijkomen van stikstof uit de wortelknolletjes worden toegeschreven. Deze betekenen voor de vruchtboom een bescheiden maar lang aanhoudende stikstofbron, die onder omstandigheden van concurrentie tot duidelijke opslag in reserveorganen kan leiden.

De gevonden samenhangen betroffen ook bij dit onderzoek knoppen van één ontwikkelingsstadium. Ook deze bomen liepen echter verschillend snel uit zodat over de bevriezing van de gezamenlijke knoppen geen conclusie mag worden getrokken.

Onderzoek in klimaatkamers

De beperkte wijze van waarnemen bij het veldonderzoek, waardoor geen beeld van de totale nachtvorstschade kon worden verkregen, maakte het wenselijk de indruk over de invloed van de stikstoftoestand in aanvullend onderzoek onder gecontroleerde omstandigheden te verifiëren. Daartoe stonden in het voorjaar van 1968 twee klimaatkamers en de nog steeds in stikstoftoestand sterk uiteenlopende bomen van de hiervoor besproken proef ter beschikking.

Gewas: Afgesneden takken met 40 tot 180 bloemknoppen op één- en tweejarig hout van:
a. 6-jarige bomen James Grieve (Lired), uiteenlopend in N-gehalte in het blad, volgens analyse van 9 oktober 1967 van 1,33 tot 2,16% N. Deze groep wordt aangeduid met 'laag-N'.
b. 6-jarige bomen James Grieve (Lired) in een naastliggende rij, goed bemest. Geschat N% in blad in oktober 1967: ± 2,3. Deze groep wordt aangeduid met 'hoog-N'.
Klimaatkamers: Twee kamers met nauwkeurig regelbare temperatuur en luchtvochtigheid. Controle door middel van thermografen.
Werkwijze: 's Middags afgesneden takken, 10 per groep per kamer, werden in water gezet en overgebracht naar de klimaatkamers. Geleidelijke temperatuurdaling werd toegepast vanaf buitentemperatuur, ± 12 °C, tot −2 à −4 °C in de volgende na-nacht, gedurende 2 tot 3 uur. Daarna ontdooiing buiten de kamers en na een of twee dagen waarneming van knopstadium, herkomst (eindknop, eenjarig, tweejarig hout) en bevriezing per knop. Het onderzoek werd in drie perioden uitgevoerd bij twee temperaturen volgens onderstaand schema:

	Serie I		Serie II		Serie III	
Datum bemonstering	24 april		26 april		29 april	
Datum bevriezing	25 april		27 april		30 april	
Datum beoordeling	26 april		29 april		1 mei	
Minimum temp. °C	−2,0	−4,0	−3,0	−4,0	−2,8	−3,5
Materiaalgroep	laag N	laag N	laag N	laag N	laag N	laag N
	hoog N	hoog N	hoog N	hoog N	hoog N	hoog N
					hoog N[3]	hoog N
					+ureum	+ureum

Voor een beoordeling van de tellingen aan de doorgesneden knoppen is het noodzakelijk de gevoeligheid voor bevriezing (bruinverkleuring van de embryozak) per knopstadium en de verschillen in stadium tussen de groepen 'hoog'- en 'laag-N' en 'binnen laag N' te kennen. Fig. 35 heeft betrekking op het tweejarige hout en omvat het merendeel van de knoppen. De stadia werden beoordeeld 30, 54 en 30 uur na toepassing van de minimum-temperaturen. De groep hoog-N was steeds één stadium verder ontwikkeld dan laag-N. Uit de verschuiving naar latere stadia bij de achtereenvolgende bemonsteringen kan worden afgeleid dat de stikstofrijke takken ca 2 dagen vóór waren op de groep stikstofarme. Hoewel de bladanalyse ook tussen de bomen van de laatstgenoemde groep onderling nog grote verschillen suggereerde, kon binnen deze groep geen duidelijk verband worden aangetoond tussen ontwikkelingsstadium en stikstofgehalte.

De gevoeligheid voor bevriezing nam bij de achtereenvolgende stadia duidelijk toe

3. Bij serie III werden bij beide temperaturen nog een aantal takken gezet, afkomstig van goedgevoede bomen welke op 26 april met 0,75% ureum waren bespoten.

Fig. 35. Frequentieverdeling van bloemknopstadia op tweejarige takken van stikstofarme (−N) en stikstofrijke (+N) James Grieve op MM.106. Beoordeling op (I) 26 april, (II) 29 april en (III) 1 mei. Stadium: 0–1 groene knop, 3–4 rose knop, 5 ballon, 6 net open bloem.

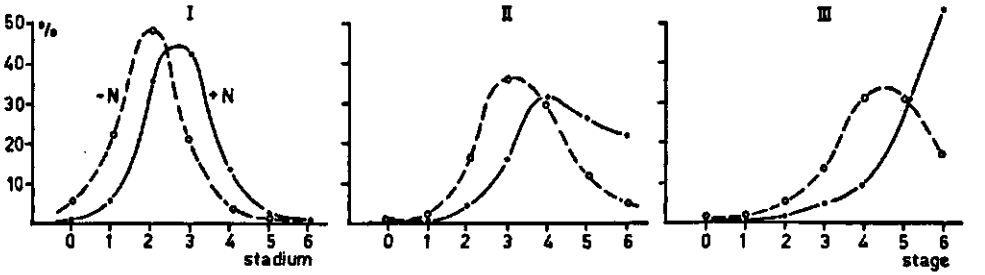


Fig. 35. Frequency distribution of flower stage on two-year-old branches of James Grieve on MM.106, low (−N) and high (+N) in nitrogen status. Observation on (I) 26 April, (II) 29 April and (III) 1 May. Stage: 0–1 green bud, 3–4 pink bud, 5 balloon, 6 open flower.

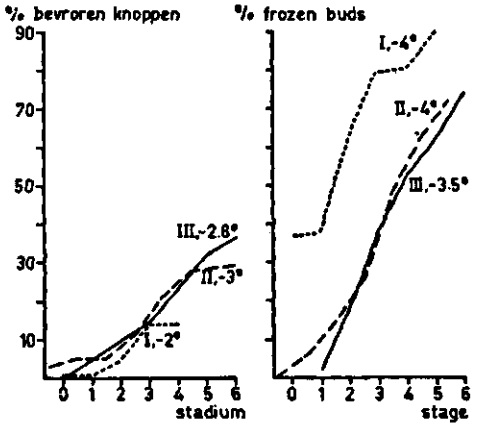


Fig. 36. Percentage bevroren bloemknoppen bij verschillende stadia (verg. Fig. 35) na bevriezing in klimaatkamers op (I) 25 april, (II) 27 april en (III) 30 april.

Fig. 36. Percentages frozen flower buds as related to bud stage (cf. Fig. 35) after freezing in temperature rooms on (I) 25 April, (II) 27 April and (III) 30 April.

(Fig. 36), zodat bij de groep hoog-N op grond van het sneller in bloei komen dus reeds een hoger percentage bevriezing dan bij laag-N kon worden verwacht. Fig. 36 bevestigt de praktijkervaring, dat de schade tussen −2 en −4 °C sterk toeneemt. Het valt voorts op, dat de gevoeligheid per knopstadium bij de laagste temperaturen bij vorst op 25 april, serie I, veel groter was dan bij vorst enkele dagen later op 27 en 30 april. Wanneer de knopstadia van serie II een dag eerder, dus eveneens 30 uur na de vorst zouden zijn beoordeeld, zou de curve voor deze groep ca ½ stadium naar links zijn verschoven. Dit zou op een wat meer geleidelijke afname van de gevoeligheid per knopstadium tussen 25 en 30 april hebben gewezen.

Zou bij de minder koude klimaatkamer bij serie I een even lage temperatuur zijn toegepast als bij II en III (± −3 °C) dan zou deze serie vermoedelijk hogere bevriezingspercentages hebben opgeleverd en een bevestiging hebben kunnen vormen van het voorgaande. De indruk bestaat dus dat de vorstgevoeligheid per knopstadium iets afneemt naarmate dit stadium later wordt bereikt. Dit zou kunnen betekenen dat

een voorsprong in de bloei, b.v. door stikstofrijkdom, bij nachtvorst niet alleen door de aanwezigheid van meer gevoelige knoppen maar ook door het vroeger verbreken van de winterrust (het niet synchroom lopen van het verlies van nachtvorstresistentie met het doorlópen van de knopstadia) meer risico voor schade inhoudt. Bij vergelijking van de bevriezing van de gezamenlijke knoppen op het tweejarige hout bleek inderdaad dat de groep hoog N de meeste schade had geleden (Tabel 19). Uit het voorgaande volgt dat hiervoor twee oorzaken kunnen worden aangewezen.

Binnen de groep laag-N kon geen correlatie worden aangetoond tussen het bladstikstof-gehalte en het totale percentage bevriezing. Dit stemt wel overeen met het ontbreken van duidelijke vroegheidsverschillen binnen deze groep.

Tabel 19. Percentages door vorst in klimaatkamers bevroren bloemknoppen (alle stadia) op tweejarig hout van takken uit de groepen laag-N en hoog-N (James Grieve, Lired).

Datum vorst Date of frost treatment	Lichte vorst/Light frost			Matige vorst/Moderate frost		
	temp. °C	% bevroren/% damaged		temp. °C	% bevroren/% damaged	
		−N	+N		−N	+N
I 25 april	−2,0	5	10	−4,0	64	71
II 27 april	−3,0	17	23	−4,0	39	65
III 30 april	−2,8	28	36	−3,5	46	72

Table 19. Percentage damage by night frost in two temperature rooms for all flower bud stages on 2-year-old branches poor (−N) and rich (+N) in nitrogen (James Grieve, Lired).

Tabel 20. Verschillen per knopstadium tussen de bevriezingspercentages van stikstofrijke en -arme takken van James Grieve (Lired) voor (1) eindknoppen, (2) knoppen aan eenjarig hout en (3) knoppen aan meerjarig hout;
+, −: stikstofrijke takken vertonen minder resp. meer bevriezing dan stikstofarme.

Knopstadium Bud stage	I Temperatuur °C						II Temperatuur °C						III Temperatuur °C					
	−2,0 herkomst			−4,0 origin			−3,0 herkomst			−4,0 origin			−2,8 herkomst			−3,5 origin		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0		0	0	0	0			0										
1	0	0	0	−	+	+		−			−			0			−	
2	+	+	0	+	+	0	−	−	−		−	−		+			+	−
3	−		−	+		+	+	+	0	−	−	−	0	−	−	+	−	−
4			0				+	0	−	−	−	−	+	−	−	+	−	−
5			0				−		+			−	+		−	+	−	−
6							+		+			−	+		+	+	+	−

Table 20. Differences in percentage frozen flowers between James Grieve apple trees with high and low nitrogen status for (1) terminal buds, (2) buds on lateral shoots and (3) buds on older branches; + indicates that high-nitrogen buds were less damaged than buds from low-nitrogen trees. − indicates that they were more damaged.

Een vergelijking van de bevriezingspercentages per knopstadium, naar analogie van de werkwijze bij het veldonderzoek, bracht geen systematisch verschil tussen stikstofrijke en -arme takken naar voren (Tabel 20). Dit was evenmin het geval bij de spreiding binnen de stikstofarme groep. Bij bevriezing in de klimaatkamers was de kans op een positief of negatief verschil vrijwel even groot. De verschillen waren bovendien klein. Deze uitkomst bevestigt de indruk uit het veldonderzoek dus niet. Ook de met ureum bespoten takken van de stikstofrijke groep gaven geen verschil met de onbespoten takken te zien. Hier werd bij vergelijking per knopstadium 10 keer een gunstige, 12 keer een ongunstige en 4 keer geen invloed gevonden.

Het tegenstrijdige resultaat van de uitkomst van het veldonderzoek en van dat in de klimaatkamers, bij vergelijking per knopstadium, moet misschien aan een fysisch verschil tussen nachtvorst door uitstraling en door afkoeling met zwak cirkulerende lucht worden toegeschreven. Bij natuurlijke nachtvorst kan een beperking van de temperatuurdaling in de bloemknop worden verondersteld, als gevolg van de duidelijk geconstateerde aanwezigheid van meer blad rond de bloemtros bij stikstofrijke bomen. Door de warmtecapaciteit en de beschutting daarvan zou de uitstraling kunnen worden beperkt. Dit laatste wordt bijvoorbeeld ook waargenomen in de buurt van hoge windkeringen. Een dergelijke invloed zal in de klimaatkamers met cirkulerende lucht hebben ontbroken. De in het veld geconstateerde samenhang tussen de bevriezing en de stikstoftoestand berust dan niet op een directe invloed door meer nachtvorstresistentie bij stikstofrijkere knoppen.

5.4 Conclusies met betrekking tot de bloei en de vruchtontwikkeling

Stikstofopname in verschillende perioden (5.1)

In de opbrengst komt de gezamenlijke invloed van de scheutgroei, de bloemaanleg en de zetting, rui en groei van de vruchten tot uitdrukking. Door toepassing van korte perioden van opname in een driejarige potproef met Golden Delicious appels op M. 9 kon worden aangetoond dat stikstof elk van de genoemde kenmerken beïnvloedt, zij het in verschillende perioden.

Opname kort vóór en tijdens de bloei leidt tot verbetering van de vruchtzetting. Dit effect gaat echter door rui weer verloren als de stikstoftoestand van het gewas niet normaal is. De zetting wordt vooral sterk verbeterd door een goede reservetoestand, ontstaan door opname in augustus en september. Voor de scheut- en vruchtgroei is deze opslag van veel minder betekenis. Opname in mei-juni bevordert de vruchtgroei. De scheutgroei wordt door stikstof in mei tot augustus verbeterd. Plotselinge sterke groei in juni kan ook sterke rui geven. De bloemaanleg wordt bevorderd door opname in juni-juli, maar alleen bij lage stikstoftoestand. De dracht heeft, vooral bij een stikstofarm gewas, grote invloed op de bloemaanleg (beurtjaren).

En optimaal effect op de opbrengst lijkt te kunnen worden verkregen bij lang in het seizoen voortdurende opname op middelmatig niveau, zoals bij langzaam werkende stikstofbronnen of gedeelde bemesting. Bij vertaling van de gevonden effecten voor

de bemesting in de praktijk dient rekening te worden gehouden met een sterk vertraagde werking in perioden met een gering neerslagoverschot.

Stikstofreserve, vruchtzetting en rui (5.2)

Bij een in produktie komend matig sterk groeiend vijf- tot zesjarig gewas appels, James Grieve (Lired) op MM.106, was de vruchtzetting enkele weken na de bloei bij onbemeste bomen positief gecorreleerd met de reservetoestand. Als maat hiervoor werd het stikstofgehalte in het blad in de vorige herfst gebruikt.

Junirui door groei, versterkt door zowel een hoge reservetoestand als door het werkzaam worden van een bemesting in maart, veroorzaakte verlies van het merendeel van de vruchtjes. Als gevolg hiervan werd bij de pluk voor vruchten van meerjarige takken een negatieve correlatie tussen aantal en reservetoestand waargenomen. Voor vruchten van eenjarig hout was deze correlatie echter positief door de overheersende invloed van de met de stikstofvoorziening in het vorige jaar samenhangende sterkere scheutgroei. Bijgevolg werd in de proefjaren geen duidelijke samenhang gevonden tussen het totaal aantal vruchten per boom en de reservetoestand. Naarmate de bomen stikstofrijker waren was echter een groter deel van de vruchten afkomstig van het eenjarige hout.

Door de in betekenis toenemende invloed van de boomgrootte (scheutgroei) zal de produktie op den duur een positieve samenhang met de stikstofvoeding gaan vertonen. Deze wordt nog versterkt door de door stikstof bevorderde vruchtgroei.

Stikstofreserve en gevoeligheid voor nachtvorst (5.3)

In twee veldproeven werd bij appelbloemen in het rose knopstadium een afnemende gevoeligheid voor bevriezing door nachtvorst geconstateerd bij hogere stikstoftoestand van het gewas. In klimaatkamers, waarin nachtvorst werd nagebootst door middel van afkoeling met zwak cirkulerende lucht, kon deze waarneming aan afgesneden takken niet worden bevestigd. Ter verklaring van dit verschil in uitkomst wordt verondersteld, dat in het veld de aanwezigheid van meer jong blad rondom de bloemtrossen van eerder uitlopende stikstofrijke bomen enige bescherming biedt tegen afkoeling door uitstraling. In klimaatkamers ontbreekt deze invloed. Hier werd wel gevonden, dat de overgang van groene knop naar latere bloemstadia gepaard gaat met een sterke toename van de gevoeligheid voor bevriezing, en wel des te meer naarmate dit stadium eerder wordt bereikt. Zoals het onderzoek in de klimaatkamers uitwees lopen vruchtbomen, die als gevolg van een goede stikstofvoeding eerder in bloei komen, door de aanwezigheid van verder ontwikkelde knoppen voor het totaal van de bloemen meer risico van vorstschade dan minder ver ontwikkelde bomen. Gezien de grote verschillen in stikstoftoestand in het proefmateriaal wordt de betekenis van de reservetoestand voor de bevriezingskansen onder praktijkomstandigheden gering geacht.

6 Ontwikkelingen in de bodembehandeling

Bij het in de Hoofdstukken 4 en 5 beschreven onderzoek kwam de periodiciteit in de stikstofopname naar voren. Het was van belang na te gaan, door welke factoren dit wordt beheerst. Naast de bemesting, het stikstofleverende vermogen van de grond en de invloed van het weer (o.a. op het vertikale stikstoftransport) bleek vooral de ondergroei een belangrijke rol te spelen. De bespreking van het veldonderzoek in de volgende hoofdstukken is daarom ingedeeld naar de aard van de ondergroei. Hoewel deze tegenwoordig overwegend uit grasstroken van verschillende breedte bestaat, was het gewenst ook de stikstofhuishouding te bespreken van twee verouderde systemen: het geheel onbegroeid ('zwart') houden van de grond onder de bomen en volvelds gras. De omstandigheden die bij het loslaten ervan een rol hebben gespeeld moge blijken uit het volgende.

Enkele tientallen jaren geleden overwoog in het rivierkleigebied de boerenboomgaard met hoogstammen op sterke onderstam in volvelds gras. Elders, op drogere gronden, werden vooral halfstammen of struiken met onderplanting aangetroffen, waarbij de grond mechanisch vrij van onkruid werd gehouden.

Het eerste type, oorspronkelijk een nevenbedrijf van de veehouderij, werd ter verkrijging van inkomsten in de lange onproduktieve periode, beweid of gehooid. Soms werd pluimvee toegelaten. Dit had een nadelig effect op het fruitgewas, o.a. door sterke stikstofonttrekking door het matig of slechts met stalmest bemeste gras. Stikstofgebrek kwam, vooral in droge jaren, dan ook veel voor. Begroeiing met gras was mede noodzakelijk omdat de meeste gronden in het rivierkleigebied zwaar en vochtig en daardoor moeilijk bewerkbaar en voor zware werktuigen onbegaanbaar waren.

In de zwart gehouden boomgaarden op zandgrond, of in het Westelijk zeekleigebied waar het accent van de teelt tijdelijk sterk op de financieel aantrekkelijke onderbeplanting van kleinfruit kwam te liggen (Zeeland), werd door het toenemend berijden eveneens behoefte gevoeld aan een grasmat. Ervaring hiermee leidde echter tot teleurstellingen. Gras concurreerde op deze matig vochtige gronden te sterk of ontwikkelde zich slecht door lichtgebrek.

In deze situatie kwam verandering door de invoering, via het wijker- en blijversysteem, van zwakkere onderstammen (M.-typen 1, 2 en 4, later ook 9). De hierdoor vroeger intredende en vooral door de ziektebestrijding sterk gestegen produktiviteit maakte de onderteelten en het vee financieel minder noodzakelijk. Deze stonden een goede ziektebestrijding bovendien in de weg. Het vervangen van het vee door mulchen van het gras gaf soms een opvallende produktiestijging. Bomen op de zwakke onderstamtypen reageerden bovendien ongunstiger op het gras dan die op de sterke

onderstammen. Gerritsen (1945) vermeldt ca 200 en 50% hogere opbrengsten van appels op M.2 en 4 resp. 16 en zaailing in zwart gehouden grond, vergeleken met volvelds gras. De opvallende opleving van vruchtbomen na het scheuren van de grasmat en ervaringen in bemestingsproeven hebben tot betere inzichten in het concurrentieverschijnsel geleid. Mede hierdoor werd het stikstofverbruik sterk opgevoerd (Hoofdstuk 2).

In de streken met zwart gehouden grond onder de bomen vond een omschakeling plaats naar meer uniforme beplantingen in rijen. De bessenteelt verdween. Aanvankelijk werden in jonge aanplantingen nog veel landbouw- of groentegewassen als tussenteelt verbouwd. Was de aanplant eenmaal produktief, dan werd de grond in het voorjaar mechanisch onkruidvrij gehouden. Vanaf de zomerregen werd dan terwille van het behoud van de bodemstructuur en voor een betere berijdbaarheid onkruidgroei toegelaten of werden groenbemesters ingezaaid die in het voorjaar werden ondergewerkt. Butijn (1957) heeft het in juni inzaaien van Westerwolds of Italiaans raaigras als wintergrasmat aanbevolen. Deze vermindert eventuele wateroverlast in het voorjaar en dient, daarna ondergewerkt, als langzaam werkende stikstofbron. Ook met mulchen met stro werd geëxperimenteerd. Aan beide laatste systemen kleefden bezwaren; ze hebben nooit ingang gevonden.

Intussen bracht de toenemende mechanisatie de noodzaak van voortdurende berijdbaarheid met zich mee. Deze werd weliswaar gevonden in de grasstrook, maar het maaien en het mechanisch bewerken van de grond onder de bomen met zijdelings ('in verstek') werkende apparaten maakten dit systeem aanvankelijk te arbeidsintensief. Door de in 1960 zich snel ontwikkelende chemische onkruidbestrijding kon echter veel arbeid worden bespaard, zodat de grasstrook thans als de goedkoopste (Elema, 1965) en, ook in streken met vanouds veel volvelds gras, als de meest toegepaste wijze van bodembehandeling kan worden beschouwd.

De rijstroken zijn soms uit onkruid of klaver, meestal uit ingezaaide grasmengsels ontstaan. Deze ondergroei, waar dus sprake is van concurrentie, varieert in breedte en in samenstelling van het gras. Op de boomstrook wordt soms vervuiling met onkruid toegelaten. Het maaien gebeurt meestal met de cirkelmaaier. Deze brengt het grootste deel van het gras op de boomstrook. Dit mulchen heeft andere organische stofbronnen, zoals stalmest en groenbemesting, vrijwel geheel verdrongen. Op sterk vochthoudende gronden, zoals in het rivierkleigebied, komt nog veel 'volvelds' gras voor, waar terwille van gemakkelijker maaien een smalle boomstrook langs chemische weg onbegroeid wordt gehouden.

De ontwikkeling in de fruitteelt gaat verder in de richting van steeds nauwere beplantingen. Voor het rijensysteem houdt dit in dat de oppervlakte ondergroei toeneemt, bij het beddensysteem wordt in het bed geen ondergroei meer toegelaten. In beide gevallen kan concurrentie tussen de bomen onderling om stikstof en water een rol gaan spelen.

De bemesting met stikstof heeft zich aangepast aan het strokensysteem. Bij de hoeveelheid, het tijdstip en de wijze van toepassing wordt rekening gehouden met in de loop van de jaren ontstane inzichten. Daarbij gelden o.a. overwegingen betreffende

concurrentie door het gras, de grasproduktie, grotere risico's van nachtvorst door het mulchen op de boomstrook, maaiarbeid, het niet meer bewerken van de grond onder de bomen en het verrijken daarvan met kali en stikstof uit de mulch.

Het in de volgende hoofdstukken beschreven onderzoek concentreerde zich op enkele van deze aspecten. Van het verschijnsel van concurrentie zal een analyse worden gegeven.

7 De stikstofhuishouding in zwart gehouden grond

Bij het geheel onbegroeid ('zwart') houden van de grond onder de bomen ondervinden deze gedurende het groeizeizoen geen, bij ernstige vervuiling later hoogstens een zwakke concurrentie. Hoewel geheel zwart houden weinig meer voorkomt, kan een studie van de stikstofhuishouding hier nuttig zijn ter vergelijking met gedeeltelijke onderbegroeiing (Hoofdstuk 9).

7.1 Stikstofleverend vermogen en mineralisatie van organische stof

Door mineralisatie van humus kan in een diepe, goed geaëreerde bewortelingslaag zoveel stikstof vrijkomen, dat bemesting vrijwel overbodig wordt. Zo vermeldt Greenham (1965) bij appels over een zeventienjarige periode gemiddeld slechts 13% oogstderving zonder bemesting en vrijwel geen reactie van de groei en van het stikstofgehalte van het blad.

Het humusgehalte van Nederlandse bouwlandgronden (veen,- dal- en esgronden buiten beschouwing gelaten) bedraagt in de laag 0–15 cm gemiddeld 4%, wat overeen komt met 80000 kg humus per hectare. Met de vuistregel van Kortleven (1963), die zegt dat de humusvoorraad in de bouwvoor tendeert naar 20 x de jaarlijkse toevoer van droge organische stof, komt dit neer op gemiddeld 4000 kg per ha.

Duidelijk hogere gehalten worden bereikt bij oud grasland, vooral in de zodelaag, als gevolg van de hogere toevoer van organische stof (6000 kg per ha) en onder omstandigheden die ongunstig zijn voor de humusafbraak, zoals wisselingen in de vochttoestand (Harmsen, 1961). Pouwer (1960) vond bij boomgaarden in het rivierkleigebied dat het vroegere gebruik als bouwland zelfs na tien jaar grasbegroeiing nog aan een laag humusgehalte kon worden herkend. Het C-gehalte van de zodelaag, berekend door vermenigvuldiging van het humusgehalte met 0,6, bedroeg dan steeds minder dan 4%.

De toevoer van organische stof in zwart gehouden boomgaarden kan sterk varieren. De vraag in hoeverre hierdoor veranderingen van het humusgehalte moeten worden verwacht kan worden beantwoord met behulp van de door Kortleven (1963) voor Nederlandse omstandigheden getoetste formule van Hénin-Dupuis, die de humushoeveelheid y na t jaar beschrijft als

$$y = \frac{Y}{e^{K_2 t}} + K_1 x \frac{e^{K_2 t} - 1}{K_2 e^{K_2 t}}$$

waarin

Y = aanvangshoeveelheid humus in kg per hectare
K_1 = humificatiecoëfficient = het deel van de aangevoerde organische stof dat in een jaar humificeert (omstreeks 40%)
K_2 = afbraakcoëfficient = het deel van de humus in de grond dat jaarlijks wordt afgebroken (omstreeks 2%)
x = jaarlijkse toevoer aan droge organische stof

Voor een 20 cm dikke bovenlaag met een drooggewicht van $2{,}8 \times 10^6$ kg per ha, een gemiddeld slibgehalte en uitgangsgehalten aan organische stof van 2% (vroeger bouwland) en 5% (vroeger grasland) werd het humusbeloop berekend (Fig. 37). Er werden drie niveaus in de toevoer van organische stof onderscheiden:

1. Een in het voorjaar chemisch onkruidvrij gehouden grond zonder organische bemesting of groenbemesting. Toevoer aan droge stof 1700 kg afgevallen blad en 800 kg onkruid (gemiddelden van enkele praktijkwaarnemingen), totaal 2500 kg per ha per jaar.
2. Voorziening met organische stof op hoog niveau, n.l. 1700 kg blad per jaar, in twee van de drie jaar onkruid (gemiddeld 500 kg per jaar), eens in de drie jaar groenbemesting vanaf de zomer (gemiddeld 1000 kg per jaar) en eens in de vijf jaar 60000 kg stalmest (gemiddeld 1800 kg droge organische stof per jaar). De totale jaarlijkse toevoer bedraagt hier 5000 kg droge stof per ha.
3. Ter vergelijking is tevens de toevoer berekend voor de met gras gemulchte boomstroken bij een grasstrokencultuur. Tweederde tot drievierde van de bovengrondse grasproduktie (7000 kg droge stof per ha grasoppervlakte) komt op de onbegroeide boomstrook terecht (= 5000 kg per ha boomstrookoppervlakte als gras- en boomstroken even breed zijn). Er wordt geen organische bemesting toegepast. Bladval en zomeronkruid brengen de totale toevoer op de boomstrook op 7500 kg per ha.

De tegenwoordige voorziening met organische stof van zwart gehouden boomgaarden ligt dichter bij situatie 1 dan bij 2, zodat in veel gevallen een langzame afname van het humusgehalte moet worden verwacht. Dit leidt op den duur tot een vermindering van het stikstofleverende vermogen van de grond en, wat veel ernstiger is, tot een achteruitgang van de bodemstructuur.

In boomgaarden met grasstroken zou het humusgehalte van de boomstrook daarentegen meestal moeten stijgen en wel tot waarden die omstreeks twee keer zo hoog liggen als bij situatie 1, waarmee dan een toename van het stikstofleverende vermogen hand in hand zal gaan. In een proef vond deze stijging echter veel langzamer plaats dan op grond van de gegevens uit Fig. 37 diende te worden verwacht (zie 9.1, Tabel 30).

Hoewel het humusgehalte en de diepte van de humushoudende laag reeds enig houvast bieden kan het stikstofleverende vermogen toch beter worden voorspeld uit het totaal stikstofgehalte N_t (dat voor 98% gebonden aan de humus voorkomt) en uit de verhouding C : N, die de mate waarin het humificatieproces is voortgeschreden weerspiegelt, hoewel ze op zand- en veengronden mede bepaald wordt door de pedogenese (Van Dijk, 1968). Naarmate C/N daalt beneden omstreeks 20–25 komt een groter deel van de bruto mineralisatie ter beschikking van de plantegroei.

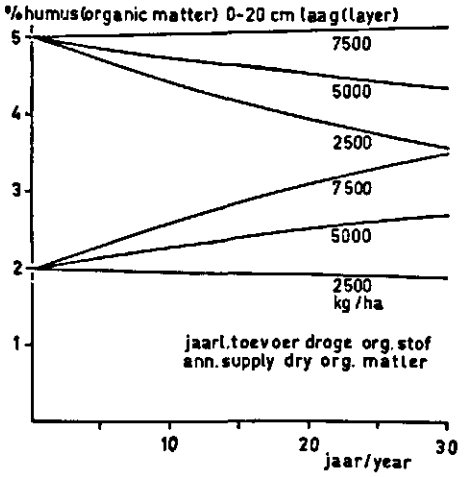


Fig. 37. Veranderingen in het humusgehalte van de 0–20 cm bovengrond van zwart gehouden boomgaarden met verschillende aanvangsgehalten en toevoer van organische stof, volgens de formule Hénin-Dupuis-(Kortleven).

Fig. 37. Calculated changes in organic matter of 0–20 cm top soil in clean-cultivated orchards as related to different initial contents and supply of organic matter, according to the formula Hénin-Dupuis-(Kortleven).

In grond van zwart gehouden boomgaarden mag voor het grootste deel van de humushoudende laag doorgaans een betrekkelijk lage C/N (van 10–14) worden verwacht. Men kan dan een schatting maken van de hoeveelheid stikstof die jaarlijks voor het gewas ter beschikking komt. Kent men alleen het humusgehalte, dan kan men uitgaan van een voorzichtige schatting van de jaarlijkse humusafbraak van 1,5%, van C/N = 12 en van een C-gehalte van de humus van 60%. Uit een 40 cm diepe bewortelingslaag met een gehalte aan organische stof van 1,7% kan dan 71 kg per ha vrijkomen. Gezien de talrijke andere factoren die de aantastbaarheid van de humus bepalen (pH, vochthuishouding, aëratie, temperatuur), is deze schatting echter zeer ruw. De werkelijke potentiële mineralisatie kan evengoed tweemaal zo klein als zo groot uitvallen (Van Dijk, 1968).

Een veel betere schatting van de potentiële mineralisatie wordt daarom verkregen met incubatiemethoden. Hierbij wordt de toename van oplosbare en uitwisselbare stikstof bij 30°C en bij een vochtgehalte van 60% van de maximale watercapaciteit na 30 dagen gemeten (Van Schreven, 1956). Toch geeft ook deze methode slechts een benadering van de mineralisatiemogelijkheden onder veldomstandigheden. Het periodieke karakter van de mineralisatie, die in de winter maar een fractie, in het zomerhalfjaar de helft tot een derde van de potentiële mineralisatie bedraagt (Harmsen, 1962) heeft belangrijke gevolgen voor de voeding van fruitgewassen. Zo kan de mineralisatie in een koud, nat voorjaar te traag op gang komen (boven 70% van de maximale watercapaciteit neemt deze snel af door anaërobie), waardoor te weinig stikstof ter beschikking komt voor de vruchtzetting. De kans hierop vormt een belangrijk argument voor een basisbemesting, ook wanneer het potentiële stikstofleverend vermogen ruim voldoende lijkt.

Uiteraard heeft de ontwateringstoestand invloed op de mineralisatie, vooral in het voorjaar (Van Stuivenberg, 1954; Segeren en Visser, 1969). Voor gronden in de

Fig. 38. Stikstofgehalte van appelblad (Cox's Orange Pippin) in twee jaren, gemiddeld over 28 bedrijven.

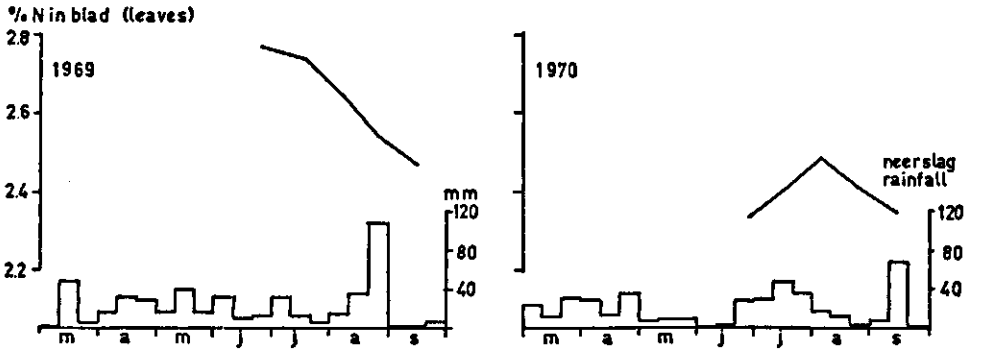


Fig. 38. Nitrogen content of apple leaves (Cox's Orange Pippin), averages of 28 fruit farms.

Noordoostpolder toonde Sieben (1964) aan, dat verminderde aëratie door structuurverval gevolg kan zijn van hoge waterstanden in de winter. Nam de SOW-30 waarde[4] in de winter toe van 100 tot 600, dan werd in juni 25 kg nitraatstikstof minder aangetroffen in de laag 0–60 cm.

De op zwart gehouden gronden tot laat in het seizoen aanhoudende mineralisatie en bijgevolg opname van stikstof wordt soms als een nadeel voor de kwaliteit van het fruit beschouwd (vruchtkleur, houdbaarheid) Daarom wordt aan een in de zomer zich ontwikkelende onkruidbegroeiing, die een groot deel van de dan vrijkomende stikstof opneemt, een gunstige invloed toegedacht.

Een belangrijke periodiek oplevende mineralisatie ontstaat bij afwisselend langdurig drogen en weer bevochtigen van de grond. Dit verschijnsel wordt toegeschreven aan vergroting van de inwendig geaëreerde oppervlakte en aan partiële sterilisatie, het afsterven van een groot deel van de bacteriën met als gevolg een toename van de hoeveelheid gemakkelijk aantastbare organische stof met een hoog stikstofgehalte (Birch, 1960). Zo'n versterkte mineralisatie duurt slechts kort, maar het schoksgewijze optreden kan belangrijke gevolgen hebben, zoals vruchtrui en doorgroei van scheuten (Sint-Janslot, zie 4.2). Bij herhaald bladonderzoek komen deze fluctuaties soms in het stikstofgehalte tot uiting (Fig. 38 en 39).

In Fig. 38 zijn de stikstofniveaus op een aantal bedrijven in 1969 en 1970 vergeleken. Het lagere niveau in 1970 kan slechts gedeeltelijk worden verklaard uit de lagere dracht in dat jaar. Het lage gehalte in juni 1970 en de onverwachte toename daarna moet voornamelijk aan de zes weken durende droogte in mei en juni en het herstel van de vochtigheid in juli worden toegeschreven. Het gehalte reageert uiteraard met een vertraging (ca 3 weken) op het begin van de regenperiode. In het niet door droogte

4. Som van alle dagelijkse grondwaterstandsoverschrijdingen in cm boven het niveau van 30 cm onder maaiveld tussen 1 november en 1 maart.

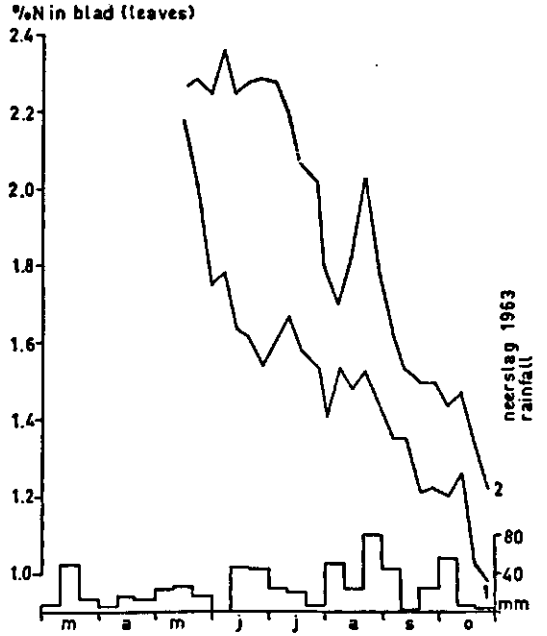


Fig. 39. Stikstofgehalte in blad van kortloten (Lombartscalville-appels op M.1, Wilhelminadorp) en neerslag voor (1) perceel met volvelds gras, 7 jaar niet bemest met stikstof en (2) idem, maar gras gescheurd op 24 april 1963.

Fig. 39. Nitrogen content in spur leaves (Lombartscalville-apples on M.1, Wilhelminadorp) and precipitation for (1) orchard in full grass, for 7 years not dressed with nitrogen and (2) ditto, but sward ploughed under on 24 April 1963.

gekenmerkte jaar 1969 vertonen deze bedrijven een normaal verloop van het stikstofgehalte.

Het tweede voorbeeld (Fig. 39) heeft betrekking op kort durende droogteperioden en gehaltefluctuaties bij bomen met zwaar stikstofgebrek. Het effect van het onderwerken van een stikstofarme graszode is duidelijk. In de eerste helft van juli, midden augustus en rond 10 oktober zijn korte oplevingen in de opname merkbaar. Ook hier bestaat, met een vertraging van enkele weken, een samenhang met het begin van neerslag na twee tot drie weken lange perioden van droogte.

7.2 Factoren die de stikstofopname beïnvloeden

Voor het vaststellen van de bemesting dient, naast het stikstofleverende vermogen van de grond, rekening gehouden te worden met de opname van de aangeboden stikstof.

Daarbij speelt het vertikale stikstoftransport een belangrijke rol. De gangbare opvatting is, dat in grasboomgaarden, vooral op zware gronden, de stikstof al vroeg in de winter moet worden gegeven. Door de diepe indringing tot onder de zodelaag, door winterneerslag, kunnen de bomen er dan in het voorjaar van profiteren terwijl ze in mindere mate beschikbaar is voor het gras (zie 8.4). Dit geldt uiteraard niet voor zwart gehouden grond waar concurrentie door een onderbegroeiing vrijwel ontbreekt. Bij toepassing van chemische onkruidbestrijding zonder grondbewerking bevindt een deel van de boomwortels zich vlak onder de oppervlakte (Hoekstra en Wallenburg, 1967). Voor de opname is dan slechts weinig inspoeling vereist. Bovendien

zullen bij zwart houden vaak ondiep bewortelde lichte grondsoorten in het geding zijn. Het risico van te diepe inspoeling bij vroege bemesting is daar groot.

De kans op een droog voorjaar vormt niettemin een belangrijk argument om ook in zwart gehouden boomgaarden vroeg genoeg, in februari of maart, te bemesten opdat enige indringing kan plaats vinden. Bij droogte wordt stikstof in de bovenlaag minder goed opgenomen. De vochtonttrekking verplaatst zich dan naar diepere lagen. Zijn deze voldoende stikstofrijk, dan zal de opname minder sterk fluctueren dan bij late weinig ingedrongen bemesting. Zo wordt van een overbemesting in april of later, welke moet dienen om de vruchtgroei te stimuleren, vaak weinig effect ondervonden.

Het vertikale transport van oplosbare stikstof, beïnvloed door poriëngrootte en -verdeling, vochtgehalte en neerslagoverschot, werd o.a. door Kolenbrander (1967) bestudeerd. Bij een overschot van 100 mm bedroeg de verplaatsing van de stikstofgolf bij grofzandige gronden 90 cm, bij fijnzandige gronden 45, bij zavel en leem 30 ,bij klei (40–60% afslibbare delen) 20 en bij veen 12 cm.

In een eigen bemestingsproef in een zwart gehouden boomgaard te Rolde kon in *1961–1962 de indringing van nitraatstikstof* worden waargenomen aan concentratieveranderingen in de laag 20–60 cm. De iets leemhoudende zwak zure zandgrond was tot 60 à 70 cm diepte beworteld. De bemesting werd op vier data in de vorm van zwavelzure ammoniak gegeven (Fig. 40). De novemberbemesting spoelde al vóór het begin van het groeizeizoen uit. Uit ammoniakbepalingen bleek, dat de omzetting van ammoniak tot nitraat in de winter twee tot drie maanden duurde. Dank zij de vertragende invloed hiervan spoelde de januaribemesting pas in de loop van de zomer uit. Nitraatbemesting zou sneller en waarschijnlijk te vroeg voor voldoende opname zijn uitgespoeld.

In een andere proef op zandgrond, te Gasselte, werd op vier data met kalkammonsalpeter bemest. December-januari bleek te vroeg, april te laat gekozen. Het proefgewas (de appel Stark Earliest op M. 2) gaf daarbij, gemiddeld over vier jaar, enige op-

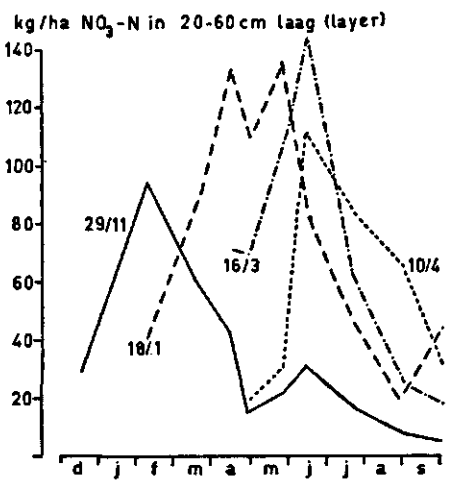


Fig. 40. Nitraat in zwart gehouden grond van boomgaard op humeus zand, op verschillende tijdstippen bemest met 240 kg N/ha als zwavelzure ammoniak (Rolde).

Fig. 40. Nitrate in clean-cultivated soil of an orchard on loamy sand high in organic matter, in different periods dressed with 240 kg N/ha as ammonium sulphate (Rolde, 1961–1962).

brengstdepressie vergeleken met bemesting in februari-maart.

Stikstofverliezen via drains zijn op zwart gehouden gronden veel groter dan bij grasbegroeiing. Een diepe ligging en goed functionneren van de drains bevorderen deze. Butijn en Verhage (1958) analyseerden afgevoerd water van een 1 meter diep gedraineerde boomgaard op zwart gehouden lichte zavelgrond bij bemesting in januari. De berekende uitspoeling in de winter bedroeg 10 tot 65 kg N bij giften van 90 tot 400 kg N. Sluijsmans en Kolenbrander (1970) stellen dit verlies op bouwland, bemest naar 100 kg N bij klei (40% afslibbare delen) op 5, bij zand op 80 kg N per ha. In zwart gehouden boomgaarden, doorgaans op lichte ondiep bewortelbare grond, zal dus zeker met stikstofverliezen rekening moeten worden gehouden.

Bij ondiepe, droogtegevoelige gronden komt de vraag naar voren, in hoeverre uitspoeling door beregening een rol zal spelen. Bij beregening tegen nachtvorst lijkt de kans daarop groot, vooral in een min of meer aaneengesloten periode van nachtvorsten. Geeft men per uur 3 mm water (per nacht kan dit dan oplopen tot 10 à 15 mm) en komen enkele van zulke nachten voor, dan zal de indringing van oplosbare stikstof enkele decimeters bedragen, mede omdat gedurende zo'n periode de verdamping lager is dan de neerslag. Deze afvoer moet opgeteld worden bij die veroorzaakt door natuurlijke neerslag. Over dit beregeningseffect zijn echter geen cijfers bekend.

Over de invloed van beregening tegen droogte zijn wel enkele gegevens bekend. De zwart gehouden veldjes van een bodembehandelingsproef met appels op een tot 50 cm diepte bewortelde veldpodzolgrond te Alphen, waarvan de helft werd beregend, werden een aantal malen gedurende drie jaren bemonsterd (Delver en Bomhof, 1966). De lichte beregening van 40 mm in de niet zeer droge zomers van 1957 en 1958 heeft op deze sterk doorlatende zandgrond een indringing van naar schatting 20 à 30 cm gegeven (Fig. 41). Dit zal voor de stikstofopname door het gewas, gezien de bewortelingsdiepte en de wat grotere vochtigheid in diepere lagen, gunstig zijn geweest. In de loop van het seizoen vond een verdere indringing plaats door natuurlijke neerslag.

In de zeer droge zomer van 1959 was het beregeningseffect veel duidelijker: zonder beregening bleef stikstof sterk in de droge bovengrond geaccumuleerd; 140 mm tot 21 juli gaf weliswaar een sterke uitspoeling uit de wortelzône (207 resp. 64 kg N per ha in de laag 0–60 cm bij onberegend en beregend), maar een minder sterke verplaatsing van de stikstofgolf dan zou worden verwacht op grond van de grotere hoeveelheid beregeningswater vergeleken met de toestand op 10 juni en met die in de voorgaande jaren.

Onder omstandigheden van sterke beregening bij gelijktijdig grote verdamping zal het indringingspatroon vermoedelijk afwijken van dat gevonden onder invloed van winterneerslag. De ligging van de top van de stikstofgolf wordt dan waarschijnlijk niet in de eerste plaats bepaald door de hoeveelheid beregeningswater, maar door accumulatie van uitgespoelde stikstof vanuit diepere lagen als gevolg van sterke verdamping.

De sterke uitspoeling in 1959 is overigens niet nadelig geweest voor de opname. Beide proefrassen, Golden Delicious en Cox's Orange Pippin, gaven op de beregende veldjes de beste bladkleur en scheutgroei te zien. Het eerstgenoemde ras had hier ook

Fig. 41. Verplaatsing van nitraat in een ondiep humeus zandprofiel (4% organische stof) onder invloed van beregening. Bemesting in voorjaar 1957, 1958 en 1959 resp. 156, 146 en 146 kg N/ha. Perioden en data van bemonstering en beregening aangegeven; --- niet beregend (Alphen, N.Br.).

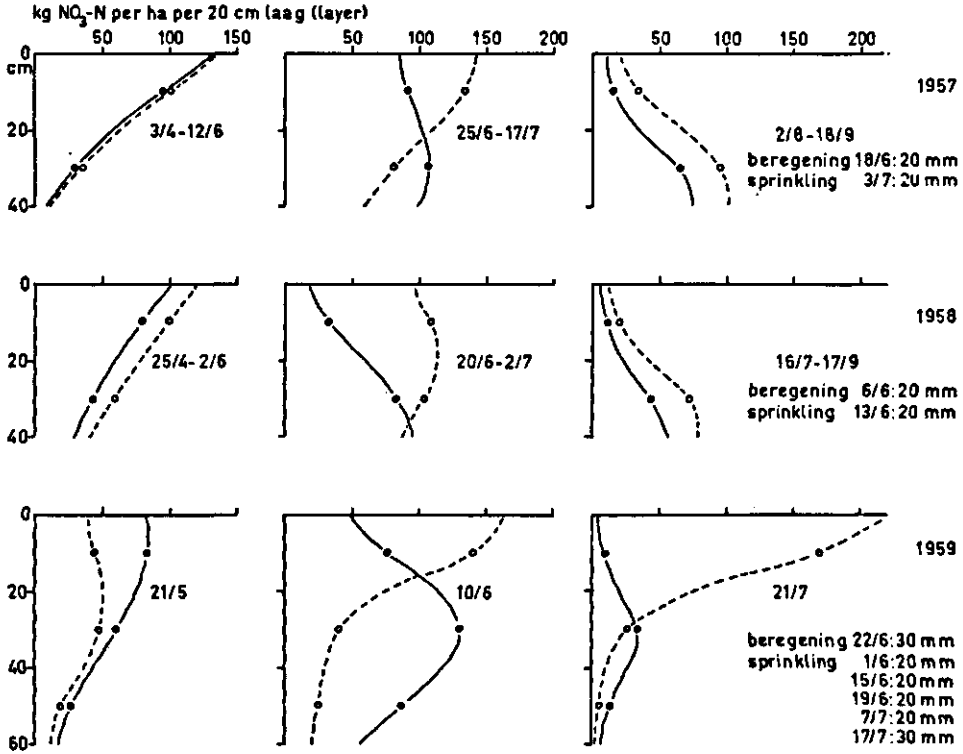


Fig. 41. Displacement of nitrate in shallow humous sand (4% organic matter) influenced by sprinkling. Spring dressings in 1957, 1958 and 1959 were 156, 146 and 146 kg N/ha, respectively. Periods and data of sampling and sprinkling indicated; --- not sprinkled (Alphen, N.Br.).

het hoogste stikstofgehalte in het blad (2,23% N op beregende, 2,18% N op onberegende veldjes). De veel betere vochtvoorziening en de gestimuleerde mineralisatie hebben dus ruimschoots opgewogen tegen het nadeel van de uitspoeling.

Deze gegevens werden verkregen onder vrij extrême beregenings- en uitspoelomstandigheden. Er mag worden verwacht, dat beregening in het algemeen geen nadelen voor de stikstofopname als gevolg van uitspoeling zal opleveren.

Van de factoren die de opname van stikstof beïnvloeden moeten nog enkele worden genoemd waarvan de betekenis slechts kwalitatief kan worden aangegeven.

De bewortelingsdiepte (afhankelijk van profieleigenschappen, ontwatering of diepe grondbewerking) heeft, meer dan een goede bodemstructuur, een gunstige invloed op de opname (Wiersum, 1962; Cornforth, 1968). Hierbij zijn de uitspoelverliezen kleiner en levert een grotere hoeveelheid humus meer stikstof door mineralisatie. Op enige diepte, in vochtige lagen, is de opname regelmatiger; ze blijft nog van betekenis zolang de wortelgroei niet door zuurstofgebrek wordt geremd (Wiersum et al., 1966).

Het rendement in de opname van ingedrongen opgeloste stikstof vermindert niet spoedig bij een ijle beworteling omdat het transport naar de wortel door diffusie en mass-flow hier niet door een te hoge vochtspanning en afname van de capillaire geleidbaarheid wordt gehinderd.

De betekenis van een goede structuur en aëratie ligt in een versterkte mineralisatie. Structuurverval door berijden is een nadelig aspect van zwart houden van de grond.

Het mulchen, dat in het verleden soms werd toegepast (b.v. met stro), verbetert de stikstofopname (Butijn en Schuurman, 1957). Door beperking van de verdampingsverliezen, tot 25% van die bij onbedekte grond, blijft de bovengrond veel vochtiger (Butijn, 1961). Dit heeft sterkere doorworteling, mineralisatie en toestroming van stikstof tot gevolg. De binding van stikstof bij de afbraak van het stro weegt hier niet tegenop: deze is gering omdat het stro niet door de grond wordt gemengd.

Een verandering in de bodembehandeling die heeft bijgedragen tot vergroting van het stikstofaanbod is de overgang van de mechanische naar de chemische onkruidbestrijding geweest. Naast een vergroting van het doorwortelde stikstofleverende bodemvolume heeft dit ook tot snellere opname van meststoffen en een groter profijt van zomerneerslag geleid (9.1).

7.3 Stikstofbehoefte

In het verleden zijn slechts weinig bemestingsproeven genomen waarin de stikstofbehoefte van boomgaarden in zwart gehouden grond werd nagegaan. De vraag, welke normen men onder deze omstandigheden moet aanhouden, kan dus alleen bij benadering worden beantwoord. Het stikstofleverende vermogen van de grond, de bewortelingsdiepte en de eisen van het gewas (produktieniveau) lijken hierbij belangrijke uitgangspunten.

Het gehalte aan oplosbare stikstof (voornamelijk nitraatstikstof) is, gezien de fluctuaties van dit gehalte en de variatie in bewortelingsdiepte, als criterium nauwelijks aanvaardbaar. Van der Boon en Butijn (1961) leiden uit een proefplekkenonderzoek met Jonathan op M. 16 een gehalte af van 25 dpm nitraat-N in de droge grond in juni in de laag 0–20 cm als gewenst niveau. Dit komt overeen met 70 kg nitraat-N per ha in deze laag. Voor de gehele wortelzône kan dit zeker het dubbele zijn geweest.

Uit eigen onderzoek in mechanisch zwart gehouden boomgaarden met de appel Golden Delicious op M.9 in Zeeland werden gegevens verkregen over nitraatgehalten in de gehele wortelzône van 0–60 à 80 cm. Over de jaren 1962–1964 werden, gemiddeld over zeven bedrijven op zavel bij een gemiddeld bemestingsniveau van 177 kg N per ha, bij acht elkaar opvolgende bemonsteringen gedurende het groeiseizoen hoeveelheden aangetroffen variërend van 130 tot 240 (gemiddeld 170) kg NO_3-N per ha. Binnen de variatie van 80 tot 200 kg N tussen de profielen van deze bedrijven werd geen relatie gevonden met het stikstofgehalte in de bladeren. Daaruit werd de conclusie getrokken, dat de bemesting op deze bedrijven ongeveer gehalveerd had mogen worden.

Bij hetzelfde onderzoek werd in het profiel van een bedrijf op zware, niet uitgerijpte

zeeklei in een jonge polder een veel hoger gehalte aangetroffen. Dit kwam in de laag 0–80 cm bij een bemesting van gemiddeld 125 kg N per ha overeen met hoeveelheden tussen 160 en 400 (gemiddeld 260) kg NO_3-N per ha. Hier had waarschijnlijk bemesting achterwege gelaten kunnen worden.

Ter vergelijking werd ook de grond van een boomgaard op zeeklei in volvelds gras bemonsterd. Bij een gemiddelde bemesting van 220 kg N per ha werden in het voorjaar hoeveelheden van 40–100, in de zomer van 15 tot 50 kg NO_3-N in de wortelzône aangetroffen. Het gewas vertoonde duidelijk stikstofgebrek.

Uit de summiere weergave van dit onderzoek blijkt, dat er op het gebied van de bemesting in die jaren nog wel wat viel te corrigeren.

Een ruwe indruk van de stikstofbehoefte kan ook worden verkregen door het opstellen van een stikstofbalans. De aan te leggen maatstafen zijn echter onzeker. In het volgende voorbeeld is uitgegaan van een matige stikstoflevering uit de humusvoorraad en de toegevoegde organische stof (Tabel 21). De grond, tot 60 cm diepte beworteld, bestond uit zavel. Het humusgehalte bedroeg voor de lagen 0–20, 20–40 en 40–60 cm respectievelijk 2,5–1,7 en 0,5%. Voorzichtigheidshalve is uitgegaan van een lage schatting van de afbraakcoëfficiënt van de bodemhumus (1,5%, vergelijk 7.1).

In dit geval blijft aan de positieve zijde een ruim overschot bestaan wat op den duur leidt tot veel hogere waarden aan de afvoerkant, vooral van stikstofverliezen. Zelfs bij gedeeltelijke beschikbaarheid van de aangeboden stikstof, b.v. door droogte, zou op de veronderstelde bemesting nog wat bezuinigd kunnen worden.

Tabel 21. Stikstofbalans voor een hoog producerende boomgaard op zwart gehouden grond.

Toevoer/Addition	kg N per ha
Mineralisatie/Mineralization	
1,5% van bodemhumus/1.5% of soil organic matter; C/N = 12	99
bladval 1700 kg d.s./leaf drop 1700 kg d.m.;	
1,7% N, C/N = 35; werkingsfactor /availability factor 10%	3
snoeihout (afgevoerd)/prunings (removed)	—
onkruid 800 kg d.s./weeds 800 kg d.m.;	
2,5% N, C/N = 24; werkingsfactor/availability factor 35%	7
Stikstofbinding uit de lucht/Nitrogen fixation from the air	7
Stikstof in regenwater/Nitrogen in rainwater	6
Bemesting in maart/Dressing in March	100
Totaal/Total	222
Afvoer/Removal	
Opname door het gewas (een deel blijft in omloop)	
Uptake bij the crop (a part remains in circulation)	80
Verlies door uitspoeling, vervluchtiging/Loss by leaching, volatilization	35
Vastlegging door micro-organismen/Microbial fixation	30
Totaal/Total	145

Table 21. Nitrogen balance for a high yielding orchard on clean-cultivated soil.

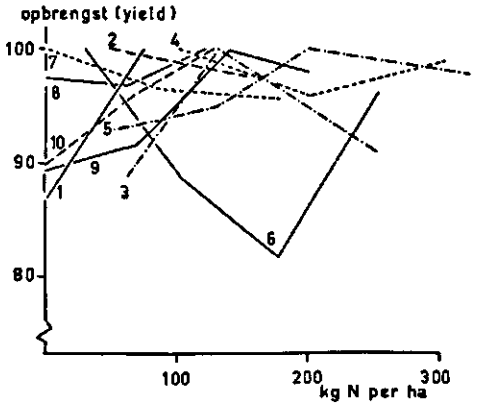


Fig. 42. Opbrengsten in procenten van de hoogste opbrengst bij 10 veeljarige bemestingsproeven met appel in zwart gehouden grond (Cox's Orange Pippin, Golden Delicious en Jonathan merendeels op M.9, voorts op M.2,

Fig. 42. Yields as percentages of highest yield in 10 long-term fertilizer trials with apple in clean-cultivated soil (Cox's Orange Pippin, Golden Delicious and Jonathan, mainly on M.9, besides on M.2, 4 and 7.

In de praktijk zal het stikstofleverende vermogen van de grond, door hogere humusgehalten en diepere profielen, vaak groter zijn dan hier werd verondersteld. Een gift van 100 kg N per ha lijkt daarom in de meeste gevallen ruimschoots voldoende.

Natuurlijk leert de balans niets over het tempo waarin gemineraliseerde stikstof vrij komt. In een koud, nat voorjaar kan deze stikstofbron sterk achterblijven. Dit pleit tot voorzichtigheid bij het al te sterk verlagen van de basisbemesting.

Een verdere aanwijzing over de stikstofbehoefte kan tenslotte worden verkregen uit de resultaten van bemestingsproeven. In Fig. 42 zijn de opbrengstreacties in procenten van de hoogste opbrengst weergegeven voor de belangrijkste recente bemestingsproeven met appels op zwart gehouden grond in Nederland (2–10) en voor een langjarige proef in Engeland (1; Greenham, 1965). De proeven lagen op verschillende grondsoorten.

Wordt proef 6 wegens beïnvloeding door sterke bodemvruchtbaarheidsverschillen buiten beschouwing gelaten, dan blijkt dat alleen bij giften van veel minder dan 100 kg N per ha duidelijke opbrengstreducties optraden. Deze bleven meestal binnen 10%. De hoogste opbrengst werd, gemiddeld over alle proeven, bereikt bij 96 kg N per ha. Boven dit niveau kan door de grote variabiliteit en de beperkte opzet van de proeven geen verdere opbrengststijging door hogere giften worden aangetoond. Een basisgift van 100 kg N per ha lijkt daarom als algemene richtlijn voor boomgaarden in zwart gehouden grond aanvaardbaar. In veel gevallen zal dit nog iets minder kunnen zijn.

7.4 Conclusies over de stikstofhuishouding in zwart gehouden grond

Door het in onbruik raken van bemesting met stalmest en van groenbemesting zal in veel humushoudende boomgaardgronden een daling van het humusgehalte en daardoor van het stikstofleverende vermogen plaats vinden. Bij een grasstrokencultuur is de toevoer van organische stof op de zwart gehouden, gemulchte boomstroken echter zoveel groter, dat daarvan op den duur een veel hoger humusgehalte dan bij volledig zwart houden van de grond wordt verwacht.

Factoren die bij het beschikbaar komen van bodem- en kunstmeststikstof een rol spelen zijn: humushoudendheid, diepte en vochtgehalte van het bewortelde profiel, mineralisatie, vertikaal stikstoftransport, tijdstip en hoogte van de bemesting en residuen van vroegere bemesting. Hierdoor kunnen fluctuaties in de opname ontstaan welke gevolgen voor het gewas hebben (o.a. vruchtzetting, groeistoten, vruchtontwikkeling).

Hoewel uit een stikstofbalans blijkt, dat door de jaarlijkse afbraak van bodemhumus gewoonlijk wel in de totale behoefte van het fruitgewas kan worden voorzien, wordt een tijdige basisbemesting in februari-maart in de meeste gevallen noodzakelijk geacht. Dit staat o.m. in verband met onzekerheid over het rendement in de opname van aangeboden stikstof en over tijdige mineralisatie. Daarbij zullen stikstofverliezen op de koop toe moeten worden genomen. Deze zijn groter naarmate zwaarder wordt gemest en het gewas minder diep wortelt.

Uitspoeling door beregening tegen nachtvorst wordt groter en van meer betekenis voor het gewas geacht dan die door beregening tegen droogte. In het laatste geval weegt de betere stikstofopname door een hoger vochtgehalte op tegen eventuele verliezen.

Uit bemestingsproeven blijkt, dat gemiddeld van giften boven ca 100 kg N per ha geen opbrengstverbetering valt te verwachten.

8 De stikstofhuishouding onder volvelds gras

Gras komt als onderbegroeiing in bijna iedere boomgaard voor. Het onttrekt stikstof en vocht, wat voor de produktiviteit van het fruitgewas belangrijke gevolgen kan hebben. Een analyse van de daaruit voortvloeiende concurrentie is dus noodzakelijk voor een juiste bemesting. Daarbij kan het beste worden uitgegaan van omstandigheden waarbij het gehele wortelstelsel (in horizontale zin) op gelijke wijze wordt beïnvloed en niet van tijdelijke (onkruid-) of gedeeltelijke (stroken-) onderbegroeiing, waarbij de concurrentie veel zwakker en de reactie van het gewas minder duidelijk aantoonbaar is.

8.1 Concurrentie om stikstof

De concurrentie blijkt niet geheel wederkerig te zijn: de vruchtboom ondervindt bij de onttrekking van stikstof en vocht veel meer nadeel van het gras dan omgekeerd. Wel kunnen, bij grote bomen, beschaduwing en bladval nadelig zijn voor het gras. Door onderdrukking van de grasgroei vindt dan over een zekere oppervlakte rondom de stam matiging van de concurrentie door het gras plaats. Uit Fig. 43 blijkt, dat de diameter van deze oppervlakte (waar de dichtheid van het grasbestand minder dan 50% van normaal bedroeg) duidelijk samenhangt met de dikte van de boom en dus

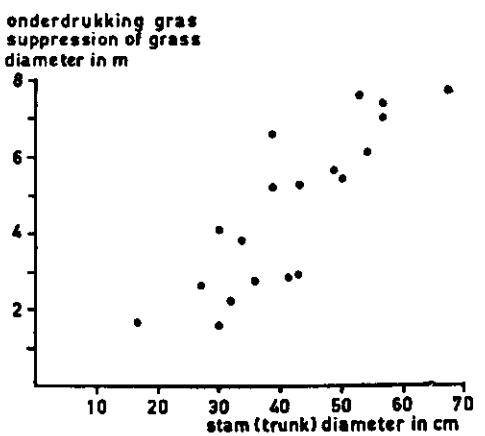


Fig. 43. Onderdrukking van gras rondom de stam door schaduw en afgevallen blad (weergegeven door diameter van oppervlak met weinig gras) en de door stamdikte weergegeven boomgrootte, r = +0,85***. Ondergroei: volvelds Engels raaigras en kropaar. Onderstammenproefveld met appel Schone van Boskoop, struikvorm, 42 jaar (Wilhelminadorp).

Fig. 43. Suppression of grass around the stem by shadow and fallen leaves (indicated by diameter of area with less than 50% of normal density) as related to tree size (trunk diameter, r = +0,85***. Undergrowth: Perennial ryegrass (Lolium perenne) and Cocksfoot (Dactylis glomerata). Apple Beauty of Boskoop on various rootstocks, bush form, 42 years old (Wilhelminadorp).

met de omvang van de kroon.

De omstandigheid dat de concurrentie doorgaans eenzijdig op de vruchtboom is gericht wijst op eigenschappen die het gras een voorsprong geven bij de onttrekking van stikstof en vocht. De vroegere ontwikkeling in het voorjaar, het grote opnamevermogen, en de intensiever beworteling van de bovengrond lijken hiervan de belangrijkste te zijn.

Het begin van de grasgroei valt doorgaans tussen eind februari en half maart, wanneer de temperatuursom 200°C bereikt. Deze som wordt berekend door de gemiddelde dagtemperaturen boven 0°C vanaf 1 januari bij elkaar op te tellen (Jagtenberg, 1966). Daarna stijgt de stikstofopname snel. Ze vindt grotendeels in het voorjaar plaats. Fig. 44, die betrekking heeft op gras in een strokenteelt, demonstreert dit. Het gemaaide gras werd hierbij op de boomstrook gebracht zodat de grasgroei niet door mulch werd beïnvloed, zoals bij volvelds gras. De figuur demonstreert bovendien het sterk verhoogde stikstofgehalte in het gras bij toenemende bemesting, waarbij de produkties aan droge stof respectievelijk 2759, 5487, 7150 en 8266 kg per ha grasoppervlakte bedroegen. Grovere grassoorten kunnen bij zware bemesting op goed vochthoudende grond nog belangrijk meer produceren, tot 10000 à 12000 kg, volgens Van der Boon (1967) en Anonymus (1965).

Uit het verschil tussen bemest en onbemest in Fig. 44 kan verder voor de bovengrondse delen worden afgeleid, in welk tempo de toegediende stikstof als gevolg van

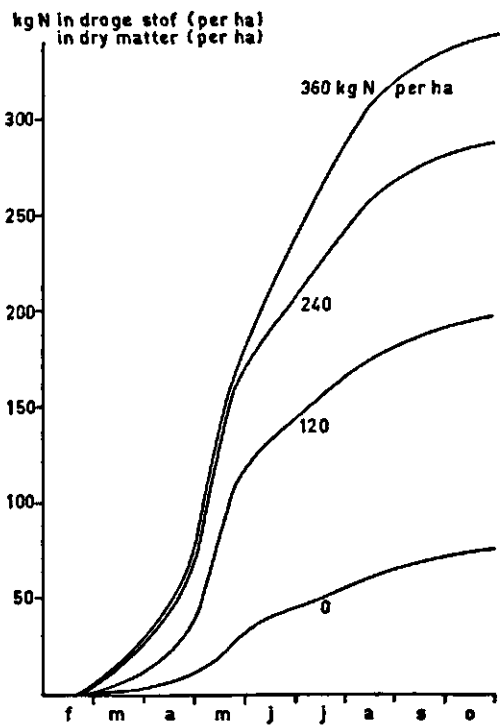


Fig. 44. Gesommeerde hoeveelheden stikstof in 7–8 keer gemaaid veldbeemdgras bij verschillende bemesting in 2 keer (eind februari, eind april), 1965–1968 (Wilhelminapolder).

Fig. 44. Summed amounts of nitrogen in smooth stalked meadow grass (Poa pratensis), twice fertilized with different dressings (end of February, end of April) and 7–8 times mown, 1965–1968 (Wilhelminapolder).

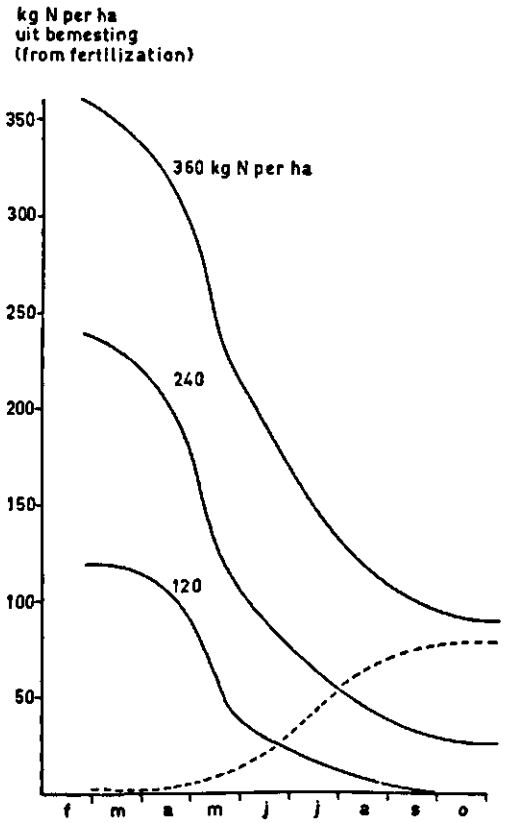


Fig. 45. Vermindering van de beschikbaarheid van drie stikstofgiften in de grond, als gevolg van de onttrekking door gras, afgeleid uit Fig. 44; ---- opname door hoog productieve appelboomgaard, schematisch.

Fig. 45. Decrease of availability of three nitrogen dressings in the soil because of uptake by grass, derived from Fig. 44; ---- uptake by highly productive apple orchard, schematic.

opname door het gras verdween (Fig. 45). Ter vergelijking is tevens aangegeven hoe de opname door een hoog producerende goed bemeste fruitaanplant verloopt (naar gegevens van Poulsen en Jensen, 1964). Bij het opnemen blijkt het gras een voorsprong van minstens zes weken te hebben: als de opname door de vruchtboom goed op gang begint te komen, in de tweede helft van mei, is van een matige bemesting van 120 kg N per ha al tweederde in gras omgezet. Daarna neemt het gras ongeveer even snel stikstof op als de vruchtboom. Pas bij hogere giften zal ook in de loop van de zomer nog stikstof uit de bemesting zijn overgebleven.

De verhouding tussen de opname door gras en vruchtboom, bij een ook voor de bomen voldoende hoog bemestingsniveau (gemiddeld bij 240 en 360 kg N per ha), bedroeg in maart 20, in april ongeveer 14, in mei 9, in juni 2, in juli 1,4, in augustus 1,2, in september 1,5 en in oktober omstreeks 1,5.

Uit Fig. 45 kan ook worden voorspeld dat, in een tempo afhankelijk van de bemesting en de vochttoestand, de hoeveelheid oplosbare stikstof in de grond onder een grasmat snel zal verminderen tot een laag niveau. Grondonderzoek bevestigde dit. In 1968 werd voor de grasmat het beloop van het nitraatgehalte vastgesteld door periodieke grondbemonstering (Fig. 46). Bij giften tot 240 kg N per ha werden al aan het

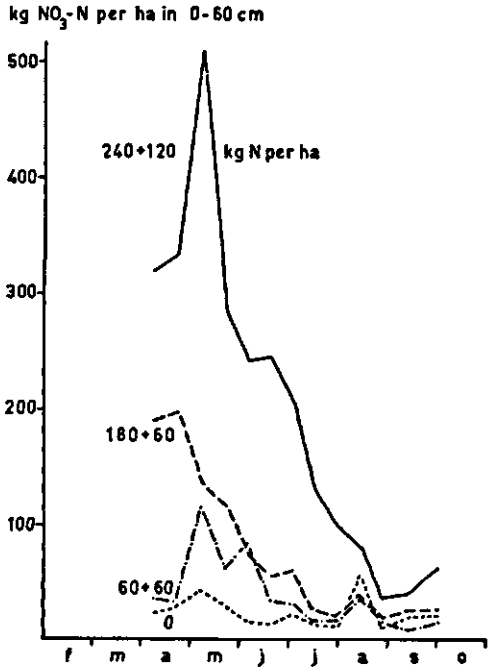


Fig. 46. Nitraat-stikstof onder de strook veldbeemdgras van Fig. 44, bemest op 29 februari en 1 mei 1968 (verg. Fig. 45).

Fig. 46. Nitrate nitrogen in the soil under the grass strip of *Fig.* 44, fertilized on 29 February and 1 May 1968 (compare Fig. 45).

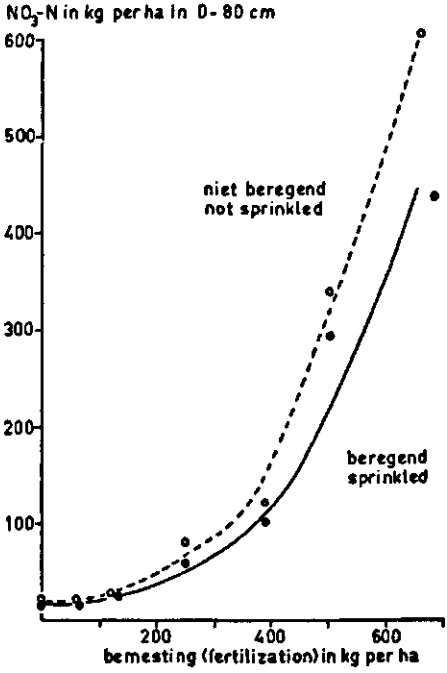


Fig. 47. Nitraatstikstof in een proefveld met appels in volvelds gras, bemonsterd tussen 1 en 15 juli, na verschillende stikstofbemesting in het voorjaar, besproeid en onbesproeid (gemiddelden over 9 jaar).

Fig. 47. Nitrate nitrogen under grass sward in trial with apple trees, sampled between 1 and 15 July, after various spring dressings with nitrogen, sprinkled and not sprinkled (averages over 9 years).

begin van de zomer gehalten bereikt die bij volveldse begroeiing geen garantie boden voor voldoende verdere opname door de bomen. De verdere afname in juli-augustus kan in dit geval nog versneld zijn geweest door veel neerslag in deze maanden (294 mm), waardoor extra opname en misschien uitspoeling plaats vond.

Een tweede voorbeeld werd gevonden in bemonstering van grasveldjes in een proefveld met volwassen appelbomen op zavel (Wilhelminadorp), waarbij sterk uiteenlopende bemestingen werden toegepast, al of niet met beregening (Fig. 47). Elk jaar, in de eerste helft van juli, werd het nitraatgehalte bepaald tot 80 cm diepte. Op dit moment had het grootste deel van de onttrekking door het gras al plaats gevonden zodat een indruk werd verkregen van de beschikbaarheid van stikstof in de tweede helft van het groeiseizoen.

Het verband tussen teruggevonden en gegeven stikstof bleek niet rechtlijnig te zijn: tot 150 kg N lopen de curven vrij vlak, wat betekent dat alle gegeven stikstof vóór de bemonstering al werd verbruikt. De kromming boven dit niveau wijst erop, dat met stijging van de gift een steeds groter deel van de bemesting werd teruggevonden als gevolg van de beperkte opnamecapaciteit, voornamelijk van het gras. Een onttrekking door de vruchtboom van 30 à 40 kg N zal mede een rol hebben gespeeld. Verder werden op de beregende gedeelten (waar tot juli jaarlijks 25 tot 150 mm werd gegeven) steeds lagere gehalten gevonden, voornamelijk als gevolg van meer stikstofonttrekking door betere grasgroei.

Naast de snellere onttrekking en de grotere opnamecapaciteit van het gras moet het verschil in worteldichtheid en -verdeling nog als factor bij de concurrentie onder ogen worden gezien. Hieruit kunnen de invloed van de ouderdom van de grasmat, het bewortelingspatroon en het tijdstip van bemesting worden verklaard.

De dichtheid van fijne wortels (diameter < 1 mm) van vruchtbomen gaat gewoonlijk niet uit boven gemiddeld 5–6 per dm^2 profielwand (Butijn, 1961; Van der Kloes, 1965). Graswortels worden vooral in de 0–20 cm laag in veel grotere dichtheden aangetroffen (uit eigen telling 30–50, in de zodelaag tot 70 per dm^2). De vraag is nu, of een groot verschil in worteldichtheid een verschil in stikstofonttrekking met zich mee brengt.

De worteldichtheid als zodanig wordt voor de onttrekking van mobiele ionen, zoals nitraat, van weinig betekenis geacht, veel minder dan voor geadsorbeerde ionen (Wiersum, 1962). Tepe en Leidenfrost (1958) stelden in met water verzadigde grond een depletiezône rond de actieve wortel vast van 2,5 mm voor fosfaat, 7,5 mm voor kali en 20 mm voor nitraat in de bodemoplossing. Onder deze omstandigheden kan de plant bij een geschatte dichtheid van 8 homogeen verdeelde wortels per dm^2 profielwand al in staat zijn vrijwel alle opgeloste stikstof aan de grond te onttrekken.

Een dergelijke redenering gaat echter niet op voor de nitraatopname in onverzadigde grond: bij een stijging van de vochtspanning van pF = 1 tot pF = 2 neemt de capillaire geleidbaarheid af met een factor 10^2 à 10^4 (Butijn, 1961), bij een verhoging tot pF = 3 heeft een verdere, minstens tienvoudige daling plaats (Shaw, 1952). Daarmee neemt het stikstoftransport naar de wortel, door de diffusie en de 'mass flow', sterk af. Door de vochtonttrekking worden nabij de wortel vochtspanningen opge-

bouwd van pF = 3 tot 3,3. De zo ontstane spanningsgradient bevordert enerzijds de toestroming van vocht, maar belemmert deze anderzijds als de pF hoge waarden bereikt, waardoor een droogtefront rond de wortel ontstaat. Bij een even grote vochtonttrekking wordt deze toestand eerder bereikt bij een ijl (vruchtboom) dan bij een dicht wortelstelsel (gras). De opname door een vruchtboom vermindert dus al bij een vochttoestand waarbij gras nog enige tijd door kan gaan met de onttrekking.

Bij gemengde beworteling betekent de sterkere uitdroging door het gras een belemmering van de wortelgroei en van de opname van de boom. Deze laatste verplaatst zich dan naar diepere bodemlagen waar lagere vochtspanningen heersen, maar waar ook het stikstofaanbod gewoonlijk laag is. Voegt men aan dit beeld nog het waarschijnlijk veel grotere vochtverbruik per kg gevormde droge stof bij gras toe, dan is het duidelijk dat de stikstofconcurrentie voor een deel berust op de ongelijke strijd om het bodemvocht. Het ligt voor de hand, dat de mate waarin de concurrentie wordt ondervonden mede afhankelijk is van de verhouding der wortelconcentraties en het stikstofaanbod op verschillende diepten in het profiel. Hierop wordt in 8.3 nader ingegaan.

8.2 Reactie van het gewas op concurrentie

Bij het overschakelen van zwart gehouden grond naar volvelds gras (gewoonlijk vóór de vruchtbomen geheel volgroeid zijn) vertoont de opbrengst een opvallende depressie die dieper is naarmate minder stikstof wordt gegeven. Na enkele jaren treedt echter een herstel op, zodat van een schokeffect kan worden gesproken (Pouwer, 1962; Greenham, 1969; Bould, 1970). Fig. 48 geeft hiervan een voorstelling, berustend op eigen waarnemingen en literatuurgegevens. De terugval in het eerste, maar vooral in het tweede jaar (mede afhankelijk van de bemesting) herstelt zich eerst snel, later langzamer, terwijl de produktie op de zwart gehouden grond langzaam daalt als gevolg van structuurverval van de bodem. Zo kunnen op den duur bomen in gras,

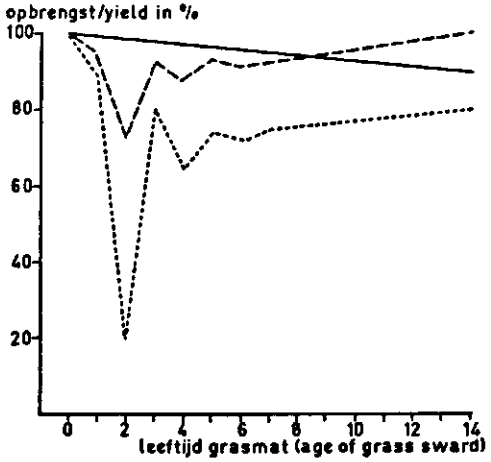


Fig. 48. Opbrengsten aan appels na volveldse inzaai van gras in de zomer (-----, + 250 kg N/ha; ....., + 60 kg N) in procenten van begin-opbrengst op blijvend zwart gehouden grond (———, + 100 kg N). Iets geschematiseerd.

Fig. 48. Apple yields after sowing grass in summer (-----, + 250 kg N/ha; ....., + 60 kg N) as percentages of initial yield on permanently clean-cultivated soil (———, + 100 kg N). Somewhat schematized.

mits goed bemest en bij weinig vochtconcurrentie, iets meer produceren dan die in zwart gehouden grond (Van der Boon et al., 1970).

Het schokeffect kan als volgt worden verklaard. Aan het begin van het eerste jaar bevindt het gewas zich nog in een goede voedingstoestand; bloei en vruchtzetting zijn normaal. In de loop van dat jaar wordt de concurrentie door de zich ontwikkelende grasmat merkbaar aan een daling van het stikstofgehalte van de bladeren. Ook de groei van de vruchten wordt al beïnvloed waardoor een kleine oogstdepressie ontstaat, vooral bij te lage bemesting. De scheutgroei blijft duidelijk achter. Doordat de boom in deze zomer zwaar stikstofgebrek lijdt en zich bij de nog normale dracht in feite overdrààgt, komt de bloemaanleg in de klem en ontstaan, door daling van de stikstofreserves, zwakke bloemknoppen. Dit heeft geringe bloei en slechte vruchtzetting in het tweede jaar tot gevolg. Hierdoor heeft de boom echter gelegenheid zich gedeeltelijk te herstellen, waarschijnlijk mede door aanpassing van het wortelstelsel, waardoor de stikstofopname iets verbetert. De weer veel hogere opbrengst in het derde jaar is dus voornamelijk een beurtjaarverschijnsel. Daarna ontstaat een situatie waarbij stikstof- en vochtconcurrentie een ongunstig, verbetering van fysische bodemeigenschappen een gunstig effect van het gras tot gevolg hebben. Pas in deze latere jaren kan door bemestingsonderzoek worden uitgemaakt, hoe groot de stikstofbehoefte bij volvelds gras is.

Deze schematische voorstelling van het schokeffect kan worden gedemonstreerd aan de opbrengst van appels van het in Fig. 47 al ter sprake gekomen proefveld te Wilhelminadorp (Tabel 22). Op deze slechts tot 50 cm bewortelbare zavel (plaatgrond)

Tabel 22. Bemestingsschema en oogstgegevens van de bodembehandelingsproef te Wilhelminadorp met Golden Delicious op M.9.

		Bemesting/Dressing kg N/ha				Oogst per boom en gemiddeld vruchtgewicht Yield per tree and average fruit weight								
		'60	'61–'62	'63–'66	'67–'70	1960		1961		1962		1968		gem./av. '68–'70 kg
						kg	g	kg	g	kg	g	kg	g	
Gras bemest/Grass, with dressing:														
N-niveau	N_1	62,5	250	250	62,5	10,9	202	6,0	242	14,9	147	31,5	149	47,7
N level	N_2	125	375	350	125	11,3	203	12,7	227	18,8	150	33,7	146	48,9
	N_3	250	625	450	250	11,4	211	17,3	207	19,6	152	38,6	146	53,1
Grasstroken+zwart gehouden grond/Grass strips+clean-cultivated soil:														
		145	145	145	85	11,5	219	24,6	183	15,7	151	33,0	137	48,9
Kleinste betrouwbare verschillen/Least significant differences ($P = 0,05$):														
$N_1/N_2/N_3$						2,2		4,6		4,9		6,1		6,4
$N_{1,2,3}$/z+g						1,7		3,6		3,8		4,8		5,0

Z+g = grastroken +zwart gehouden stroken/grass strips+clean cultivation.

Table 22. Dressing scheme and yield data of soil management trial at Wilhelminadorp with Golden Delicious on M.9.

werd in de zomer van 1959, het vierde groeijaar van de bomen, een mengsel van deels sterk concurrerende grassen gezaaid. Van 1960 af kon de produktie van twee rassen worden bestudeerd bij drie stikstofniveaus en drie systemen (zwart gehouden grond, grasstroken, gras). Beide rassen reageerden op overeenkomstige wijze, zodat alleen de opbrengsten van Golden Delicious in Tabel 22 zijn weergegeven.

Na de voorgaande beschrijving van het schokeffect kan met een korte toelichting worden volstaan. Hoewel de bemesting op het gedeelte met volvelds gras al in 1961 sterk werd verhoogd, stond de opbrengst van dat jaar nog geheel onder invloed van de voedingsomstandigheden in het voorgaande jaar. Omdat de dracht een grotere invloed op de vruchtgrootte heeft dan stikstof, is in 1961 een onverwacht verband tussen bemesting en vruchtgewicht ontstaan. Nadat op gras enkele jaren zwaar werd bemest werd in 1967 wederom overgegaan tot zo lage bemestingen, dat stikstoftekort kon worden verwacht. In 1968 ontstond echter weliswaar weer een duidelijke reactie, maar van een schokeffect kon niet meer worden gesproken.

Ook op dit proefveld werd op de goed bemeste grasveldjes op den duur een opbrengstniveau bereikt gelijk aan of beter dan het gemiddelde van de zwart gehouden en grasstrookveldjes, ondanks de voor de bomen ongunstige omstandigheden (concurrerende grasmat, ondiepe beworteling).

De sterkte van het stikstofeffect hangt af van de mate waarin de opname van stikstof tijdens het ontstaan van de grasmat wordt verhinderd. Onder praktijkomstandigheden spelen samenstelling van het gras, bodemeigenschappen, leeftijd van vruchtboom en onderstam hierbij een rol. In veel gevallen ontstaat een grasmat geleidelijk uit een onkruidvegetatie. Bij diepe beworteling en goede bemesting is de reactie dan gering. Anderzijds kan onder extreme omstandigheden het in gras leggen zelfs tot afsterven van de boom leiden. Dit is waargenomen in een overeenkomstige proef, waarbij een veel Engels raaigras bevattend mengsel werd gezaaid in een volwassen boomgaard van het droogtegevoelige ras Cox's Orange Pippin op M. 4 op een 40 cm diep bewortelde veldpodsol (heideontginning, humushoudend zand) te Alphen (Delver en Bomhof, 1966). Vanaf het jaar waarin gras werd gezaaid werd 62,5–125 en 250 kg N per ha gegeven. Twee jaar later stierf bij de twee laagste giften een aantal bomen tijdens het uitlopen af of bleef sterk achter. Dergelijke reacties worden in de praktijk, waar veel gematigder concurrentieomstandigheden heersen, nooit waargenomen.

Tegenover de terugslag bij het ontstaan van een grasmat staat een even opvallend herstel als concurrerend gras wordt gescheurd: mede als gevolg van de extra stikstoflevering door de verterende zode ontstaat dan een versterkte scheutgroei. Hoewel ook dit effect tijdelijk is heeft het vele fruittelers weerhouden, gras als onderbegroeiing te kiezen. Een nadere bespreking hiervan is dus noodzakelijk (Tabel 23). In een proef over de biocoenose van boomgaarden (Post, 1962) leden appelbomen, die van 1957 tot 1962 in onbemest gras hadden gestaan, hevig aan stikstofgebrek (behandelingen 3–7); die op goed bemeste mechanisch zwart gehouden grond ontwikkelden zich veel beter (1–2). In 1963 en 1964 werden verschillende bemestingen uitgevoerd. Een deel van het gras werd op 24 april 1963 gescheurd (3–4, vergelijk Fig. 39).

Tabel 23. Reactie van Lombartscalville appels op M.1 (aanplant 1953) op het scheuren van de grasmat en op het herstel van het stikstofaanbod na een lange periode van stikstofgebrek (zavel, Wilhelminadorp).

Behandeling (Treatment) 1957–1962	Bemesting(Dressing) in kg N per ha		Opbrengst (Yield) in kg per boom (in kg per tree)	
	1963	1964	1963	1964
1. zwart/clean cult., +N	+150	0	?	61,6
2. zwart/clean cult., +N	+150	+150	18,0	67,7
3. gras/grass, −N	gescheurd/ploughed, +0	onbegroeid/clean cult.	3,9	33,1
4. gras/grass, −N	ditto, +150	ditto, +150	14,4	66,1
5. gras/grass, −N	0	0	0,8	17,3
6. gras/grass, −N	+150	+150	7,2	41,4
7. gras/grass, −N	+300	+300	6,2	74,0

Table 23. Response of Lombartscalville apples on M.1 (planted in 1953) to ploughing-under of a grass sward and to renewed nitrogen dressing after a long period of nitrogen deficiency (silt-loam, Wilhelminadorp).

De tabel laat zien, dat de opbrengst in het eerste jaar zeer laag was (beurtjaar) en dat het herstel van het vocht- en stikstofaanbod, hoewel duidelijk merkbaar, nog niet leidde tot even grote opbrengsten als bij jarenlang zwart gehouden grond. Evenals het schokeffect na het ontstaan van een grasmat blijkt de reactie op herstelde bemesting en scheuren van het gras pas in het tweede jaar (1964) maximaal te zijn. Daarbij werden minstens even hoge opbrengsten bereikt als bij de (grotere) bomen in zwart gehouden grond.

Een indruk van de groei van deze bomen geeft de analyse van de produktie aan droge stof van representieve bomen van de behandelingen 2, 5 en 7 in Tabel 23. Deze werden daartoe eind 1964 uitgegraven en in delen gesplitst (Tabel 24).

Die in onbemest gras (5) waren nooit gesnoeid en bezaten daarom veel dunne takken. Door de sterke snoei van de boom in bemest gras (7) met tot 1963 dezelfde voorgeschiedenis was veel van dit hout verwijderd, waardoor de scheutgroei in 1963 en 1964 sterk was geprikkeld zodat deze boom niet goed met boom (5) kon worden vergeleken. Dit kon wel gebeuren met het eveneens gesnoeide exemplaar in zwart gehouden grond (2), waarbij de scheutgroei veel sterker was. Deze versterkte, door opvallend lange scheuten gekenmerkte groei door herstel van het stikstofaanbod bij bomen met stikstofgebrek is al bij 4.2 en 4.4 besproken. Ook de stikstofgehalten lagen bij boom (7) in alle bovengrondse delen op hetzelfde of op een iets hoger niveau dan bij boom (2). De wortels, vooral de dikke, hadden echter veel hogere gehalten, wat wijst op versterkte stikstofopname.

Tot nu toe werden alleen de zo opvallende effecten van korte duur besproken. Ze hebben veel indruk gemaakt op de praktijk en ze hebben niet alleen de mening over de toelaatbaarheid van gras sterk beïnvloed maar ook een overdreven invloed uitgeoefend op het gewenst geachte bemestingsniveau (Hoofdstuk 2). In werkelijkheid

Tabel 24. Produktie aan droge stof van bomen van de behandelingen 2, 5 en 7 uit Tabel 23, aan het eind van 1964.
(2) gesnoeid sedert 1953; (5) niet gesnoeid sedert 1953; (7) gesnoeid voorjaar 1963 en 1964.

Deel van de boom/Part of tree	kg per boom/tree		
	(2) onbegroeid clean cult.	(5) gras, —N grass, —N	(7) gras/grass 300 kg N/ha
1. gehele wortelstelsel/whole root system	18,5	15,5	13,7
2. stam/stem	7,3	4,8	4,0
3. takken/branches > 3 cm ⌀	20,6	8,9	13,1
4. takken/branches < 3 cm ⌀	9,1	21,3	7,8
5. scheuten/shoots, 1963	2,1	0,8	2,3
6. scheuten/shoots, 1964	2,5	0,4	2,7
7. (6+5) : (2+3+4) in %	12,3	3,2	20,3

Table 24. Dry matter production of trees in treatments 2, 5 and 7 from Table 23 at the end of 1964.
(2) pruned since 1953; (5) not pruned since 1953; (7) pruned spring 1963 and 1964.

zijn de schokeffecten mede het gevolg van de trage aanpassing van de wortels aan de snelle verandering van het bodemmilieu. Wat die aanpassing precies is, valt niet met zekerheid te zeggen. Verondersteld wordt wel, dat vruchtbomen onder gras dunnere meer vertakte wortels maken, misschien dieper wortelen, en daardoor meer stikstof kunnen opnemen. Ook wordt gewezen op een toenemende stikstofleverantie door de mulch, waardoor de stikstofbehoefte in de loop van de jaren duidelijk af zou nemen. In 8.3 wordt hier nader op ingegaan.

Bij bomen die al lang in volvelds gras staan hangt de reactie op concurrentie af van de concentratie en de duur van het stikstofaanbod in het voorjaar. Naarmate een van beide sneller vermindert, zal de boom in de zomer meer stikstofgebrek lijden. Voor de duur van dit aanbod is de hoeveelheid stikstof in het bodemprofiel eind mei een goede maat (Fig. 49): als op dat moment, dus aan het einde van de sterkste grasgroei (zie Fig. 45) nog minstens 80 kg nitraatstof in de wortelzône aanwezig is, mag in de zomer en daarna een goede voedingstoestand van het gewas worden verwacht.

Omdat bij vroege bemesting de stikstoftoestand van het gewas door concurrentie pas in de loop van het seizoen daalt, worden de processen in de plant sterker beïnvloed naarmate ze later plaats grijpen. Deze processen zijn de vrucht- en scheutgroei, de rijping en kleuring van de vruchten en de opslag van een stikstofreserve (die in de vruchtzetting van het volgende jaar tot uiting komt). De bloemaanleg wordt doorgaans weinig, en vaak zelfs gunstig beïnvloed (verminderde bloei treedt voornamelijk op als gevolg van te zwaar dragen bij stikstoftekort). De betere kleuring van de vruchten wordt als een gunstig aspect van de grasbegroeiing gezien (Greenham, 1965) maar houdt tevens het risico van zwakke bloemknoppen in.

Met het noemen van de ongunstige gevolgen van stikstofgebrek is het beeld van de

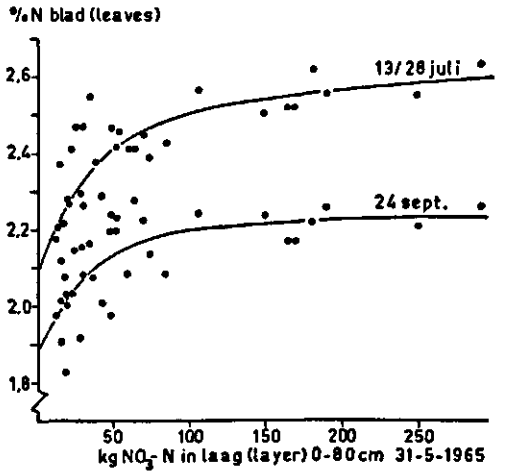


Fig. 49. Verband tussen stikstofgehalte van blad van Golden Delicious op M.9 en hoeveelheid nitraat-N in het bewortelde deel van het profiel van een proefveld onder volvelds gras op kalkrijke zavel (Heijningen).

Fig. 49. Relation between nitrogen in leaves (Golden Delicious on M.9) and nitrate-N in root zone of marine silt-loam under full grass.

veelzijdige invloed van gras allerminst volledig: in veel gevallen, zoals bij sterk groeiende of jonge gewassen, kan het enigszins inperken van de groei juist een vervroeging of verbetering van de vruchtbaarheid geven. De verbetering van de bodemstructuur, de onttrekking van overtollig vocht in het voorjaar, wegen op de lange duur en bij aangepaste bemesting vaak op tegen de beperking van het vocht- en stikstofaanbod. Op deze aspecten van gras kan in deze studie echter niet nader worden ingegaan.

8.3 Omstandigheden die de concurrentie beïnvloeden

De invloed van gras op de beschikbaarheid van stikstof kan sterk variëren, wat moet leiden tot eveneens sterk uiteenlopende giften. Van de omstandigheden die hierbij een rol spelen dienen enkele te worden besproken.

De betekenis van de *keuze van de onderstam* is reeds lang onderkend. Bij de omschakeling naar kleinere boomvormen op zwakke onderstammen werden in het rivierkleigebied daardoor iets hogere stikstofgiften noodzakelijk (Fig. 2a, spilvorm tegenover hoogstam). In 'das Alte Land' (Noord-Duitsland) wordt voor appels op de veel toegepaste sterke onderstam M. 11 in volvelds gras 60–120 kg N per ha, op M. 9 echter 200 kg N aanbevolen (Weissenborn, 1967). Verschillen in stikstofgebruik tussen fruitteeltcentra zijn vaak terug te voeren op de gebruikte onderstamtypen.

Het ligt voor de hand verschillen in gevoeligheid voor concurrentie toe te schrijven aan de beworteling. Zo meent Butijn (1961), dat er tussen onderstamtypen verschillen in worteldichtheid bestaan waarmee de door hem waargenomen uiteenlopende gevoeligheid voor droogte verband zou houden. Dichte beworteling kan echter ook voor de stikstofopname gunstig zijn (8.1). Ook verschillen in horizontale uitbreiding en in de diepte kunnen een rol spelen.

Over de habitus van wortelstelsels van onderstamtypen is weliswaar veel onderzoek verricht (Weller, 1965), maar tot duidelijke conclusies omtrent de gevoeligheid voor

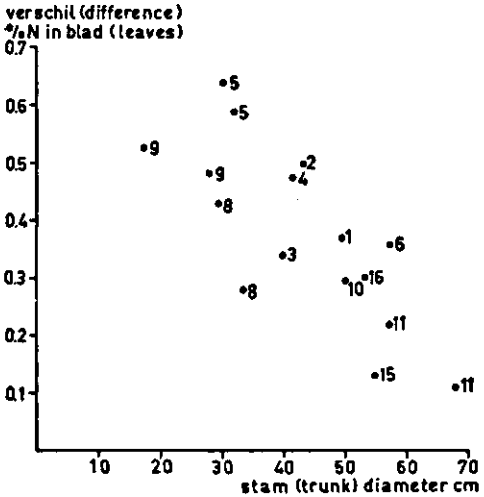


Fig. 50. Verband tussen stamdiameter (bij 42 jaar oude appelbomen, Schone van Boskoop, struikvorm, op verschillende onderstammen) en stikstofconcurrentie door volvelds gras, weergegeven als het verschil in bladstikstof tussen bomen in bemeste zwart gehouden grond en onbemest volvelds gras (r = −0,78***).

Fig. 50. Relation between stem diameter (for 42-year-old apple-trees, Beauty of Boskoop, bush form, on various rootstocks) and nitrogen competition by a full grass sward, represented by the difference in leaf nitrogen between trees in fertilized clean-cultivated soil and in unfertilized grass (r = −0.78***).

stikstofconcurrentie heeft dit niet geleid.

Een omstandigheid die in dit verband zeker mede van invloed kan zijn is de onderdrukking van de grasgroei rondom de stam door beschaduwing en (eventueel) geconcentreerde bladval. Beide hangen af van de grootte van de bomen en dus van het type onderstam.

In een in 1926 beplant perceel bestond gelegenheid een onderzoek te verrichten naar het verschil in gevoeligheid voor stikstofconcurrentie bij appelbomen die als gevolg van het gebruik van verschillende typen onderstam sterk uiteenlopende grootten hadden bereikt (kruindiameters 2 tot 9 m). In het voorjaar van 1967 werd op de helft van het proefveld een mengsel van Engels raaigras en Kropaar gezaaid, waarbij niet werd bemest. De andere helft werd zwart gehouden en kreeg 200 kg N per ha. De meeste combinaties van ras en onderstam kwamen op beide helften voor. Het gras ontwikkelde zich in 1967 volledig, waardoor in 1968 bij de bomen in verschillende mate stikstofgebrek ontstond. De hevigheid van de concurrentie werd voor elke combinatie weergegeven als het verschil in stikstofgehalte van de bladeren tussen bomen in het zwart gehouden en met gras begroeide gedeelte (Fig. 50). Er werd een duidelijk verband met de stamdikte gevonden. De sterke onderstammen (M.11, 16 etc.) ondervonden minder concurrentie dan de zwakke (o.a. M.9). Tegelijkertijd werd echter waargenomen dat de grasgroei rond de stammen sterker werd onderdrukt naarmate de met stamdikte samenhangende boomkruin groter was (zie ook Fig. 43). De mindere gevoeligheid van sterke onderstammen voor concurrentie kan dus voor een deel berusten op vermindering van de ondergroei.

Belangrijke verschillen in concurrentie kunnen ook ontstaan door de *aard van de onderbegroeiing*. Greenham en White (1966) vonden bij appels een afnemende stikstof- en vochtconcurrentie door onderbegroeiingen van respectievelijk Engels raaigras, Timothee, een natuurlijke vegetatie van Straatgras, en klaver. Deze verschillen

houden onder meer verband met uiteenlopende diepten van uitdroging van de grond onder de zode (Goode, 1956).

Hoewel het inzaaien van gras voor volveldse ondergroei in de praktijk vrijwel niet voorkomt en meestal met een natuurlijke uit onkruid ontstane grasmat wordt volstaan, is toch aandacht besteed aan verschillen in concurrentie tussen grassoorten met het oog op de keuze van geschikte grassen voor strokenteelt.

Bij de in 5.2 besproken proef met appels James Grieve werden in 1965 zeven grassoorten ingezaaid, in vier combinaties met en zonder bijmenging van witte weideklaver en met en zonder stikstofbemesting (Tabel 25). Het tamelijk sterk groeiende gewas bevond zich in 1966 en 1967 in een periode van toenemende produktie waarbij groei en vruchtbaarheid in een gemakkelijk te verbreken evenwicht met elkaar verkeerden.

In 1966 werd het gras volledig concurrerend, waardoor belangrijke verschillen in het stikstofgehalte in de bladeren en vooral tegen het einde van de zomer ook in de bladkleur optraden. Daarbij waren Ruwbeemd duidelijk zwak, Engels raaigras, Kropaar en Beemdlangbloem sterk concurrerend, terwijl Veldbeemdgras, Struisgras en Timothee tussenposities innamen. Ook de invloed van de bijmenging van klaver was groot, vooral tegen het einde van het seizoen toen ze meer invloed op de stikstoftoestand had (gezien bladkleur) dan de matige bemesting, die vrijwel geheel aan de grasgroei ten goede was gekomen.

Met de verschillen in stikstoftoestand hingen ook verschillen in groei samen (Fig. 51), al was de spreiding van het stikstofgehalte van de bladeren hier vergroot onder invloed van de bemesting (200 kg N per ha in 1967) en van de klaver. Ook in de groei komen de verschillen tussen de grassoorten naar voren. De ook hier opvallend geringe concurrentie door het Ruwbeemdgras houdt verband met de droogtegevoeligheid van dit gras, waardoor het de groei op deze matig vochtige grond spoedig staakte.

Tussen 2,2 en 2,5% N valt een sterke variatie in groei op. Deze doet veronderstellen dat tussen de grassen, buiten de stikstofonttrekking, nog verschillen in vochtonttrekking bestonden die het gewas mede beïnvloedden. Deze hangen wellicht met de bewortelingsdiepte van het gras samen.

De stikstofvoorziening in 1966 veroorzaakte verschillen in de opslag van reservestikstof, wat o.a. in de vroegheid van de bloei in 1967 tot uiting kwam (Tabel 25): een hoge reservetoestand vervroegt deze. Vooral het effect van klaver in de zode, die een lang aanhoudende opname door het gewas mogelijk maakt, valt hierbij op.

De verschillen in concurrentie hebben ook uitwerking gehad op de bloemaanleg, de vruchtzetting en de junirui in 1967. Hierdoor hebben de behandelingen het aantal geplukte vruchten op gecompliceerde wijze beïnvloed. Een relatief sterke groei in 1966 (bij Ruwbeemdgras, bemesting, gedeeltelijk ook bij klaver) heeft op het meerjarige hout enige vermindering van de bloemaanleg gegeven. Deze werd echter gedeeltelijk gecompenseerd door een betere vruchtzetting, n.l. bij bemesting. Op 8 juni was echter al sprake van enige rui, waardoor een eventuele gunstige invloed van de betere stikstofreserve bij Ruwbeemd onmerkbaar geworden kan zijn: bij de bomen in dit gras werd toen dan ook het kleinste aantal vruchten op het meerjarige hout geteld.

Tabel 25. De invloed van grassen, en van stikstofbemesting en klaverbijvoeging op 4–5-jarige appels (James Grieve op MM.106).

	1966			1967							
	Blad/leaves			Bloem- en vruchtdracht op meerjarig hout Flowering and fruiting on older branches					Opbrengst Yield		Rode vrucht-kleur
	Gem. (av.) % N 29/7+ 26/10	Kleur Colour 7/6	Kleur Colour 26/10	Bloem-trossen Flower clusters 3/4	Vroeg-heid bloei Pre-cocity	Vrucht-zetting Fruit set[2]) 8/6	Vruchten per boom Fruits per tree 8/6	Vrucht-rui % Fruit drop % 8/6–10/7	Aantal per boom Number per tree	g per vrucht g per fruit	Red fruit colour
A Gemiddelde per grassoort over de 4 onder B genoemde behandelingen: Average per grass species of the 4 treatments mentioned under B:											
Engels raaigras Perennial ryegrass	1,58	6,8	5,7	117	2,4	2,1	168	81,2	56	136	7,7
Kropaar/Cocksfoot	1,57	7,1	5,4	91	2,5	2,4	198	88,0	43	164	7,5
Beemdlangbloem Meadow fescue	1,60	7,0	5,6	101	2,3	2,1	187	81,9	61	153	7,2
Ruwbeemdgras Rough stalked meadowgr.	1,99	7,4	7,1	67	3,7	2,1	150	95,3	44	180	5,0
Veldbeemdgras Smooth stalked meadowgr.	1,92	7,5	6,8	103	3,5	2,4	170	91,6	45	174	6,3
Struisgras/Browntop	1,88	7,4	6,5	106	3,3	2,4	199	91,9	52	163	6,6
Timothee/Timothy	1,84	7,4	6,6	97	2,7	2,4	183	92,1	48	153	6,8
B Gemiddelde voor alle grassoorten ander A over de 4 behandelingen: Average for all grass species mentioned under A for the 4 treatments:											
—N/no nitrogen	1,56	6,1	5,4	118	2,5	2,0	180	88,1	41	149	7,6
—N + klaver/no N + clover	1,82	7,1	6,6	100	3,3	2,0	161	88,6	46	151	7,4
120 kg N per ha[1])	1,78	7,7	6,2	82	2,6	2,5	175	89,0	51	169	6,1
120 kg N per ha + klaver 120 kg N per ha + clover	1,91	8,0	6,7	93	3,1	2,6	202	89,4	63	173	5,9

[1]) 1967: 200 kg/ha
[2]) Aantal vruchten per bloemtros-lidteken/Number of fruits per blossom scar

Table 25. The influence of grass species, and nitrogen application and admixture of clover, on 4 to 5 year-old apple-trees (James Grieve on MM.106).

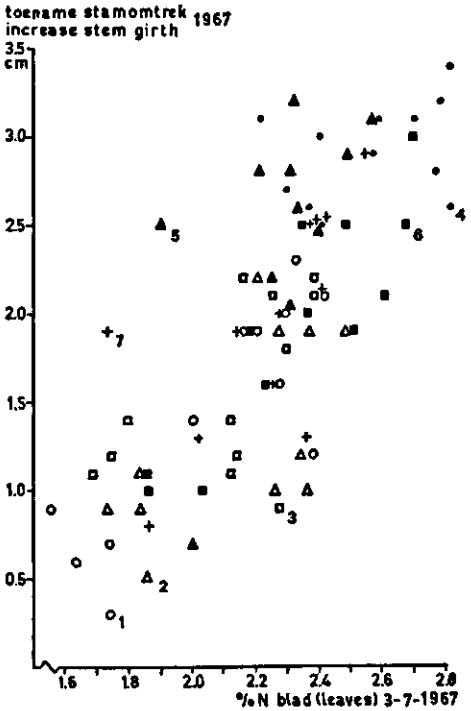


Fig. 51. Stikstofgehalte van blad en stambijgroei van vijfjarige appels (James Grieve, Lired, op MM.106) bij volveldse ondergroei van diverse grassen.
1 Engels raaigras (*Lolium perenne*)
2 Kropaar (*Dactylis glomerata*)
3 Beemdlangbloem (*Festuca pratensis*)
4 Ruwbeemdgras (*Poa trivialis*)
5 Veldbeemdgras (*Poa pratensis*)
6 Struisgras, 'browntop' (*Agrostis tenuis*, 'browntop')
7 Timothee (*Phleum pratense*)

Fig. 51. Nitrogen in leaves and stem girth increase of 5-year-old apple-trees (James Grieve, Lired, on MM.106) in swards of different grass species.

Bij de vruchtrui gingen de meeste gezette vruchten verloren. De verschillen daarbij hingen uitsluitend af van het gras: de rui was sterker naarmate het gras minder concurreerde (bij Ruwbeemd was ze het sterkst). Dit wijst op een ongunstige invloed van de groei, wat mede met de matig sterke onderstam (MM. 106) in verband zal staan (zie ook 5.2, Fig. 32).

Het aantal vruchten in Tabel 25 heeft betrekking op het meerjarige en eenjarige hout samen. Hierin komt dus ook de invloed van de scheutgroei van het voorgaande jaar tot uitdrukking. Naarmate de boom ouder wordt zal deze factor sterker meespelen. Bij het in 1967 nog pas vijfjarige gewas laten de verschillen tussen de grassoorten echter zien, dat bij de minst concurrerende grassen zeker nog niet het maximum aantal vruchten werd geplukt. In tegendeel: twee van de sterkst concurrerende grassen (Engels raaigras en Beemdlangbloem) gaven significant meer vruchten dan het zwakste gras (Ruwbeemd). Dit resultaat demonstreert dat matiging van groei door concurrentie een gunstige invloed op het vroeg in produktie komen kan hebben.

Ook in de vruchtgewichten kwamen behandelingsverschillen naar voren. De vruchtgrootte werd bevorderd door stikstof, zwakke concurrentie, een klein aantal vruchten en enigszins door klaver. Door de negatieve invloed van het aantal vruchten op de vruchtgrootte werden de verschillen tussen de grassoorten bij het plukgewicht enigszins genivelleerd.

Ten slotte werd een belangrijke invloed van de behandelingen op de kleur van de vruchten waargenomen. Zo werden bij Ruwbeemd weinig, maar grote matig rood ge-

kleurde vruchten geplukt, bij Engels raaigras meer maar kleinere en fel rode.

Het hier behandelde voorbeeld diende om aan te tonen, dat grassoorten een verschillende invloed op vruchtbomen kunnen uitoefenen. Het betrof hier echter een momentopname in de ontwikkeling van de bomen, die slechts een bepaald aspect van de concurrentie belicht: vruchtdracht in de jeugd door beperking van de groei. Uiteraard zou deze invloed over een aantal jaren met verschillende weersomstandigheden en bij een volgroeid gewas bestudeerd moeten worden. De opzet van de proef liet dit niet toe.

De *ouderdom van de grasbegroeiing* speelt een grote rol bij de concurrentie. Meestal wordt melding gemaakt van een spoedig herstel van de produktie na het in gras lopen (na twee tot vier jaar). Daarna neemt de stikstofbehoefte van de bomen duidelijk af, al blijft de concurrentie om het water veel langer bestaan (Bould, 1964; Greenham, 1969). Een voorbeeld geeft Fig. 52. De vraag is waaraan deze vermindering van de concurrentie moet worden toegeschreven. Voor wat de produktie betreft werd er in 8.2 reeds op gewezen, dat een beurtjaareffect een overdreven indruk geeft van de verminderde concurrentie. Verder factoren hierbij kunnen zijn: de aanpassing van het fruitgewas en een proces dat als de 'opbouw van de zode' wordt aangeduid (Van der Boon, 1967).

De aanpassing bestaat voor een deel uit de vorming van een fijner vertakt wortelstelsel dan in zwart gehouden grond (Greenham, 1969). Stikstoftekort (Fig. 53) en

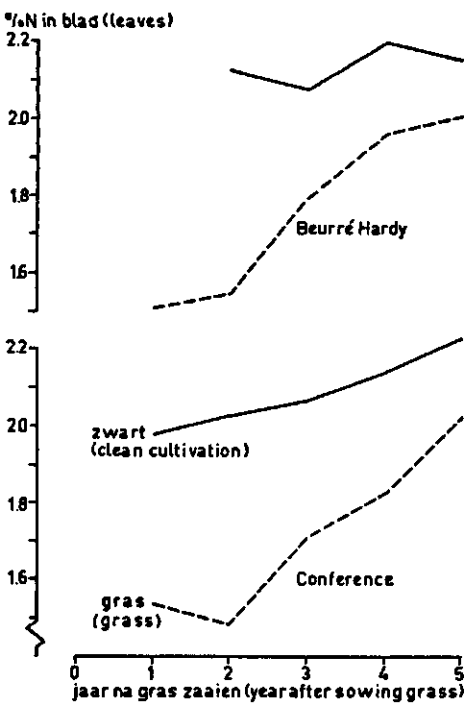


Fig. 52. Herstel van de stikstoftoestand in het blad bij twee pererassen na volveldse inzaai van Veldbeemdgras. Geen bemesting.

Fig. 52. Recovery of nitrogen status in foliage of two pear varieties after sowing *Poa pratensis*. Without dressing.

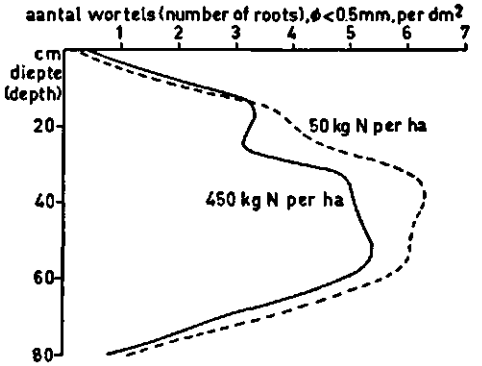


Fig. 53. Concentratie van fijne wortels bij Golden Delicious op M.9 onder gras bij twee stikstofbemestingsniveaus. Rivierklei, IJzendoorn.

Fig. 53. Concentrations of fibrous roots (Golden Delicious on M.9) under grass at two levels of nitrogen dressing. River clay.

droogte werken dit in de hand: een groter deel van het bodemvolume wordt ontsloten en er ontstaat een gunstiger verhouding tussen de wortelconcentraties van de boom en het gras (8.1). Daarnaast kan, zeker bij een nog jong gewas, een geleidelijk diepere beworteling ontstaan in lagen waarin zich minder graswortels bevinden. Stikstof zal hier meer aan het gewas ten goede komen dan aan de graszode. Tenslotte kan een door concurrentie verlaagde stikstoftoestand van de weefsels de vruchtboom een groter opnamevermogen geven, zoals uit het in 4.2 beschreven onderzoek bleek.

Ook de beworteling van het gras ondergaat veranderingen. Bij het ouder worden, wellicht door het maaien (Goode, 1956), vormt het gras een ondieper wortelstelsel, waardoor de vochtonttrekking afneemt, zoals uit een strokenproef te Wolphaartsdijk blijkt (Fig. 54). Met het ouder worden vindt dus een ontmenging van de wortelstelsels plaats, wat leidt tot vermindering van de concurrentie. Het hangt uiteraard van het stikstofaanbod in de diepere lagen af, in hoeverre de vruchtboom hiervan profiteert.

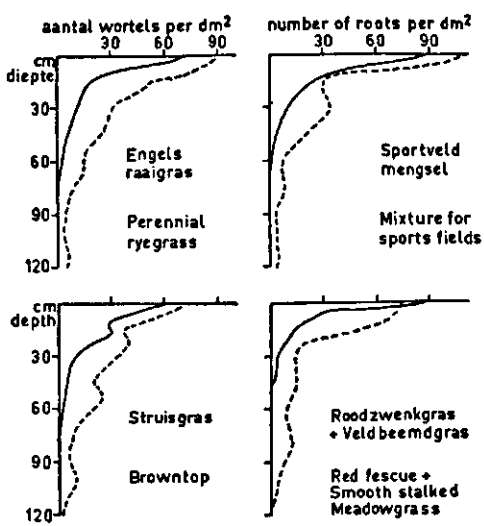


Fig. 54. Bewortelingsintensiteit bij enige grassen, 1 jaar (----) en 9 jaar (——) na inzaai. Zavel, Wolphaartsdijk.

Fig. 54. Root density distribution of some grasses, 1 year (----) and 9 years (——) after sowing. Marine clay loam.

De betekenis van mulchen bij de 'opbouw van de grasmat' is moeilijk te bepalen, al leidt het niet verwijderen van het gemaaide gras tot een duidelijke opbrengstvermeerdering van het fruitgewas (Pieniażek en Slowik, 1964). Hoewel het hier voor een deel om nevenwerkingen gaat (verstikking van gras bij lage maaifrequentie, eventueel vermindering van verdamping), is de invloed op de stikstofhuishouding wel het belangrijkst. Bij een matige grasproduktie van 7000 kg droge stof per ha wordt jaarlijks met de organische stof minstens 200 kg N weer aan de grond teruggegeven. Een deel hiervan (afhankelijk van N-gehalte en maaifrequentie) komt door vertering nog hetzelfde jaar ter beschikking. Een ander, over het algemeen klein geacht deel kan in een of meer volgende jaren worden nageleverd. Een deel wordt verder aan de humusvoorraad van de grond toegevoegd, komt slechts langzaam door mineralisatie ter beschikking (de afbraakcoëfficient van humus is ca 2%) en heeft dus pas op de lange duur merkbare invloed op het stikstofleverende vermogen van de grond. Men kan de betere grasgroei door het mulchen dus als een cumulatief stikstofeffect beschouwen, dat van het begin af sterker moet worden.

Uit een proef met zeer hoge stikstofgiften van Van der Boon (1967a) kon met behulp van eigen gegevens over gehalten in gras worden berekend, dat van de stikstof in het gemaaide gras over een periode van 5 jaar bij bemestingen naar 100 en 700 kg N per ha ca 31 respectievelijk 25% in het N-totaal van de laag 0–5 cm werd teruggevonden; dieper werd geen toename van N-totaal gevonden.

Deze toename van de stikstofvoorraad in de humus vindt echter langzaam plaats en kan geen verklaring geven voor de door Van der Boon (1968) in een potproef waargenomen toename van het mulcheffect op de grasproduktie: hij vergeleek dit met het effect van bemesting met ammoniumnitraat in hoeveelheden overeenkomend met de stikstof in het gemaaide gras. De 'werkingscoëfficient' van de stikstof in het gras (een cumulatief effect betrokken op de stikstof in de jaarlijkse grasproduktie) nam toe van 20% in het eerste tot 45% in het vijfde jaar. Dit is een vrij snelle toename die erop wijst dat verterend gras ook in latere jaren nog merkbaar stikstof nalevert.

Het cumulatieve effect van mulchen kon ook in een veldproef met op twee manieren gemaaide grasstroken worden aangetoond (Tabel 26). De grasproduktie (op de bemeste gedeelten 7000–8000 kg droge stof per ha) vertoonde overeenkomstige verschillen als de stikstofhoeveelheden. Alleen de gegevens van 1966 en 1969 t/m 1971 waren geschikt voor een schatting van het mulcheffect. Een 'werkingscoëfficient' van de stikstof in het gemaaide gras, zoals bij het voornoemde onderzoek, kon hier niet uit worden afgeleid, maar ook deze gegevens wijzen op een toename van het mulcheffect in de loop van de jaren, dus op een langer dan een jaar durende nalevering van stikstof uit verterend gras. Uiteraard hebben ook weersomstandigheden (neerslag) hierop invloed gehad. Zo zal het droge voorjaar in 1971 een beperking van het mulcheffect hebben gegeven.

In overeenstemming met de verwachting was het effect van mulchen bij bemesting ineens (300 kg N) sterker dan bij tot in juni gespreide giften (5 × 60 kg N). Dit is het gevolg van snellere roulatie van stikstof door stikstofrijker gras en door vervroeging van de grasproduktie. Daarbij kwam door het mulchen op den duur jaarlijks 80

Tabel 26. Hoeveelheden stikstof in afgemaaid veldbeemdgras in kg per ha volvelds, in een strokenteelt bij verschillende bemesting en twee maaimethoden; c = cirkelmaaier (= niet mulchen), m = messenkooi (= mulchen). Wilhelminapolder.

	Aantal sneden Number of clippings	Bemesting/Dressing								
		0 kg N per ha			300 kg N per ha			5 × 60 kg N per ha		
		c	m	mulch effect (%)	c	m	mulch effect (%)	c	m	mulch effect (%)
1965[1])	7	20	11	—	189	177	—	206	233	—
1966	8	21	24	16	210	271	30	250	311	25
1967[1])	7	54	73	(35)	260	306	(18)	292	330	(13)
1968[1])	7	48	54	(11)	279	277	(−1)	290	300	(4)
1969	7	39	64	65	208	289	39	247	313	27
1970	5	31	45	47	134	235	75	134	180	35
1971	7	41	50	21	171	262	54	194	248	28

[1]) Door maaitechnische moeilijkheden geen vergelijking mogelijk tussen c en m./Values for c and m incomparable because of difficulties in mowing technique.

Table 26. Quantities of nitrogen in cut smooth stalked meadow grass, in kg per ha grass, in a strip culture at three levels of dressing; c = rotary mower (= no mulching, grass on tree strip), m = lawn mower (= mulching on grass strip). Wilhelminapolder.

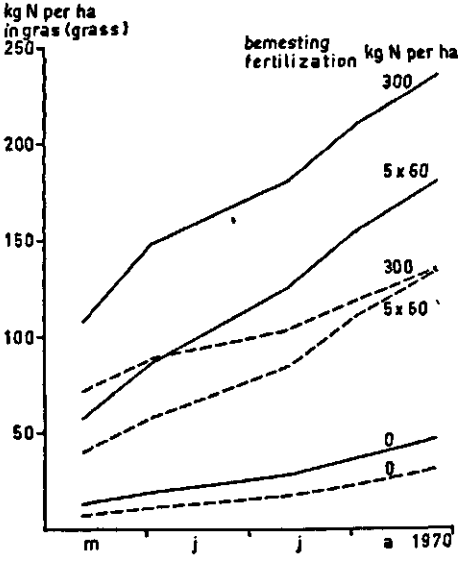


Fig. 55. Totaal stikstof in opeenvolgende sneden van een strook Veldbeemdgras gemaaid met een cirkelmaaier (= niet gemulched, ----) en met een messenkooi (= gemulched, ——) bij verschillende bemesting. Zesde jaar.

Fig. 55. Total nitrogen in subsequent cuttings of *Poa pratensis* strips mowed with rotary mower (= not mulched, ----) and with lawn mower (= mulched, ——). Sixth year of trial.

tot 100 kg N per ha extra in omloop.

Uit Fig. 55 blijkt, dat de stikstofonttrekking bij gebruik van de messenkooi, waarbij het gras ter plaatse blijft, al bij de eerste snede veel groter was dan bij gebruik van de cirkelmaaier, waarbij het gras op de boomstroken komt te liggen. Dit kan slechts

voor een klein deel aan extra grasgroei in de vorige herfst, na de laatste maaibeurt (16 september), worden toegeschreven en berust voornamelijk op nalevering uit vroegere grasprodukties.

De vraag is nu, of ook de vruchtboom zal profiteren van de door het mulchen extra in omloop gebrachte stikstof. Het ligt voor de hand, dat de uit vertering vrijkomende stikstof gedurende het groeiseizoen weinig kans krijgt naar diepere, ook door de boom bewortelde lagen door te dringen. Ook de toename van stikstof in de humusvoorraad, weerspiegeld in het N-totaalgehalte, heeft slechts betrekking op de 0–5 cm zodelaag (Van der Boon, 1967a). Van deze bronnen zal weliswaar in de eerste plaats het gras profiteren (extra opname van 80–100 kg N, Tabel 26), maar de totale behoefte van gras en boom neemt hierdoor toch belangrijk af. De ervaring heeft dan ook geleerd, dat het gewenste bemestingsniveau bij bomen in volvelds gras op den duur met ruim 100 kg N per ha vermindert. Hierbij speelt naast het mulcheffect uiteraard ook de verandering in beworteling van beide gewassen een rol.

De invloed van de *vochtvoorziening* op de door de vruchtboom ondervonden stikstofconcurrentie is gecompliceerd. Bij veel beschikbaar vocht neemt het gras meer stikstof op dan bij droogte en blijft dus minder over voor het fruitgewas. Het effect hiervan werd aangetoond in de potproef beschreven in 4.1 (Fig. 11): bij ruime watergiften werden bij elk bemestingsniveau lagere stikstofgehalten in het blad van appelonderstammen gevonden dan bij lage. Van der Boon (1967b) kwam tot een overeenkomstig resultaat.

Het effect van droogte is echter samengesteld: zowel geringere concurrentie als groeiremming werken hogere stikstofgehalten in het blad in de hand. Dit behoeft echter nog niet te betekenen, dat de opname door vruchtbomen in gras in droge grond steeds groter zal zijn dan in vochtige: uit dezelfde potproef bleek, dat de onderstamplanten bij lage mestgiften meer stikstof opnamen onder droge dan onder vochtige omstandigheden. Was de gift hoog, waardoor de concurrentie door het gras minder invloed had op de voeding van de onderstam, dan werd juist uit de vochtige grond de meeste stikstof opgenomen. (Tabel 2).

Deze interactie tussen vochttoestand en hoeveelheid beschikbare stikstof werd ook, zij het zwak, aangetroffen in een proefveld te Wilhelminadorp bij het nagaan van de invloed van beregening op het stikstofgehalte van blad bij verschillende bemesting (Fig. 56). Het beeld suggereert, ondanks de sterke variaties en de slechts geringe gemiddelde verhoging van de vochttoestand, dat beregening bij bomen in volvelds gras iets lagere gehalten geeft bij lage en iets hogere bij hoge stikstofgiften.

Een tweede voorbeeld werd gevonden in een stikstofhoeveelhedenproef met Golden Delicious appels in gras te IJzendoorn (G.): in de periode van 13 juni tot 17 september 1968, waarin veel regen viel, ging de bladkleur achteruit op veldjes met giften van 50–150 kg N per ha, bij 350–450 kg N verbeterde deze echter. Een dergelijk verband, door beregening, werd ook gevonden door Van der Boon et al. (1970b).

De vochttoestand kan ook via andere factoren invloed uitoefenen op de stikstofopname: droogte vermindert weliswaar de concurrentie, maar vertraagt tegelijkertijd

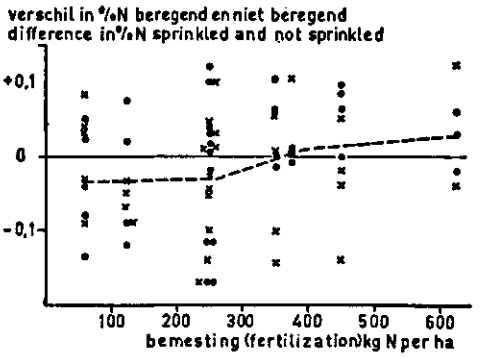


Fig. 56. Het effect van beregening op het N-gehalte van blad bij Golden Delicious (·) en Cox's Orange Pippin (×) in gras bij verschillende bemesting (1960–1970).

Fig. 56. The effect of sprinkling on the N content of leaves of Golden Delicious (·) and Cox's Orange Pippin (×) in grass at different levels of dressing (1960–1970).

de mineralisatie van stikstof uit humus en mulch, en doet de 'mass-flow' van stikstof naar de wortel afnemen. Er zou dan door droogte juist meer stikstofgebrek gaan optreden. Dit is in de praktijk inderdaad vaak waargenomen.

Alles samengenomen: de invloed van de vochttoestand op de stikstofvoorziening van vruchtbomen in volvelds gras is zo gecompliceerd, dat voorspellingen onmogelijk zijn. De conclusies van anderen daaromtrent zijn dan ook niet steeds gelijkluidend (Butijn, 1961; Van der Boon, 1967b; Van der Boon et al., 1970b).

8.4 Maatregelen tot aanpassing van de bemesting

Naast verhoging van de stikstofgift tot een op de totale behoefte van het gras en de vruchtboom afgestemd niveau (8.5) worden in de praktijk maatregelen overwogen, en ten dele ook toegepast, die ten doel hebben de concurrentie te ontlopen of stikstofgebrek snel te corrigeren. Deze zijn (1) vroege of late bemesting, (2) rijenbemesting of injectie, en (3) ureumbespuitingen van het blad.

8.4.1 *Tijdstip van bemesting*

Met *vroege bemesting* wordt beoogd de stikstof met behulp van de winterneerslag tot onder de zone van dichte grasbeworteling (ca 0–30 cm, Fig. 54) te laten indringen vóórdat de grasgroei begint.

Deze veel toegepaste maatregel berust op de in diepe gronden op den duur ontstaande vertikale scheiding tussen de wortelstelsels van het gras en van de vruchtboom (8.3). De voorwaarde daarbij is, dat tijdens het passeren van de graswortels zo weinig mogelijk wordt opgenomen, zodat al in december of januari moet worden bemest. Op lichte gronden of in natte winters verloopt de indringing echter te snel, waardoor uitspoeling dreigt te overheersen. Bemesting in december of januari kan daarom alleen effect hebben bij diepe beworteling op zavel en klei.

Met *late bemesting*, in de zomer of vroege herfst, wordt beoogd eventueel al geconstateerd stikstofgebrek met het oog op de vruchtzetting in het volgende voorjaar tijdig op te heffen. Omdat het gras dan niet veel meer opneemt, wordt ook hierbij de

concurrentie gedeeltelijk ontlopen. Daar staat tegenover, dat de periode van sterke opname door de vruchtboom dan nog maar kort duurt. Late bemesting wordt weinig toegepast.

De invloed van het tijdstip van de bemesting is in twee proeven onderzocht.

Proef 1

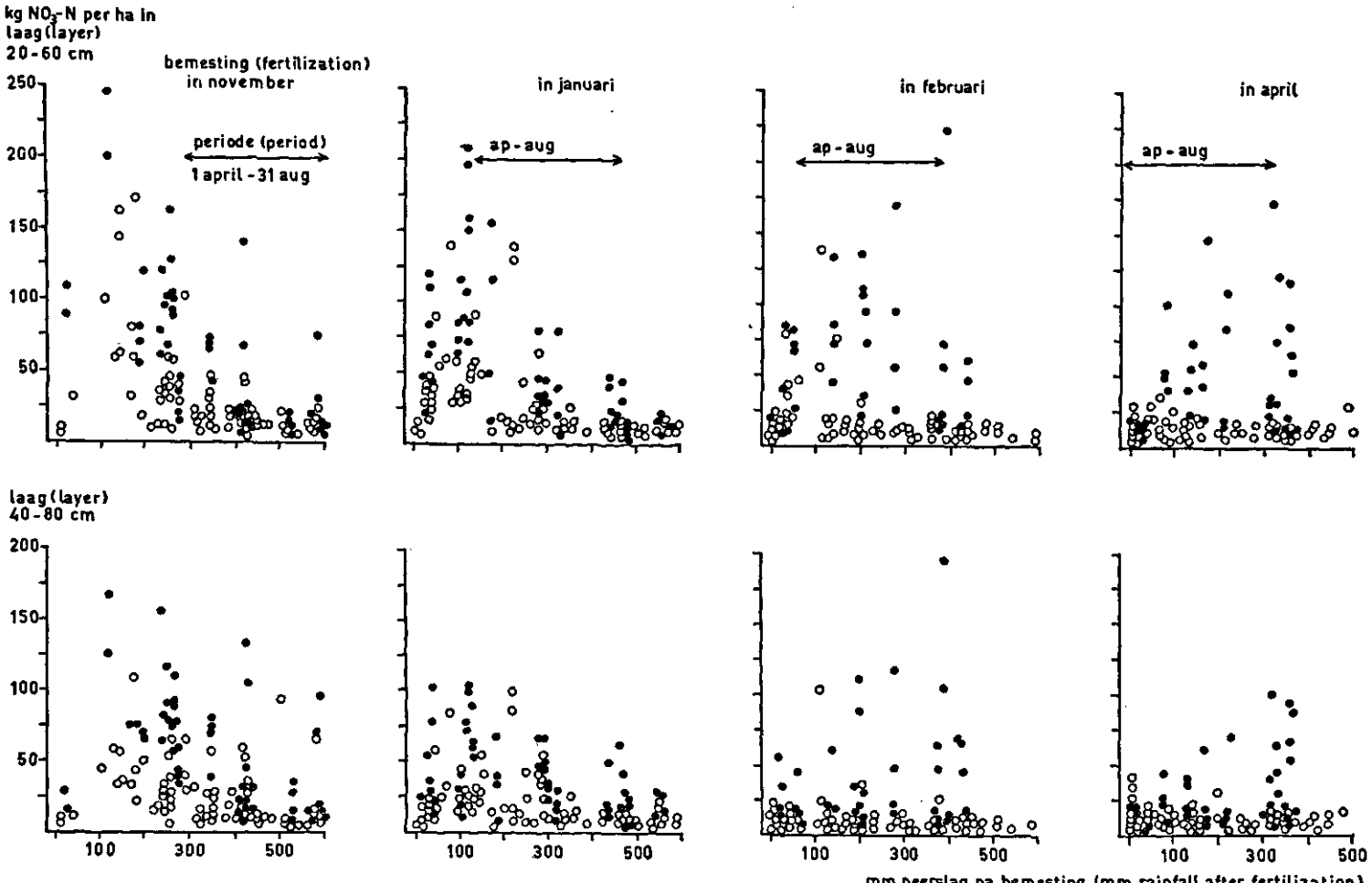
Materiaal: volwassen appels Golden Delicious op M.9
Grondsoort: kalkrijke zavel met 27%, op 80 cm diepte 15% afslibbare delen.
Ontwatering: drains op 21 m afstand, 0,6 m diep, welke weinig water afvoeren, waardoor geringe uitspoelverliezen. Grondwaterfluctuatie 50–180 cm beneden maaiveld.
Onderbegroeiing: volvelds gras.
Beworteling: in 1971 vastgesteld, vruchtbomen tot ruim 110 cm, gras tot 30 cm diepte.
Behandelingen: november 1958–1966: bemesting in 4 perioden (gemiddeld op 14 november, 6 januari, 22 februari of 8 april) met 2 mestsoorten of 2 giften (8 behandelingen), als volgt:
nov. 1958–1962: 120 kg N per ha als kalksalpeter of als zavelzure ammoniak.
nov. 1962–1964: 200 kg N per ha met dezelfde meststoffen.
nov. 1964–1966: 100 of 250 kg N per ha als kalkammonsalpeter.
nov. 1966–1971: bemesting in 8 perioden met 200 kg N per ha als kalkammonsalpeter. In 1970 en 1971 vier veldjes onbemest gelaten.
Uitvoering: in 4 herhalingen met 4 bomen per veldje.
Waarnemingen: grond- en gewasanalyses, opbrengsten en gewaskenmerken.

Grondonderzoek op nitraat

In Fig. 57 is voor de veldjes die in de periode 1958–1966 kalksalpeter of kalkammonsalpeter ontvingen de op verschillende tijdstippen in de lagen op 20–60 en op 40–80 cm diepte aangetroffen hoeveelheid nitraat-stikstof uitgezet tegen de na de bemesting ter plaatse gevallen neerslag. Daarbij is tevens aangegeven, in welke periode het grootste deel van het groeiseizoen viel.

Door de neerslagverdeling, de bemonsteringstechniek, de analyse en de opname door het gras zijn sterke variaties ontstaan, waaruit slechts globaal kan worden geschat dat de indringing van nitraat bij bemesting in november, januari, februari en april respectievelijk 20–25, 35–40, 20–25 en 15–20 cm per 100 mm na de bemesting gevallen neerslag heeft bedragen. In deze verschillen weerspiegelen zich het afnemende effect van regen bij latere bemesting als gevolg van toenemende verdamping (tragere indringing na voorjaarsbemesting) en de invloed van de vochttoestand van de grond: bij bemesting in november is deze meestal nog niet op veldcapaciteit en dient

Fig. 57. Indringing van nitraat-stikstof in twee bodemlagen onder invloed van na de bemesting gevallen neerslag. Bemesting in vier perioden, met kalkammonsalpeter of kalksalpeter naar 100–120 (○) of 200–250 kg N/ha (●), gemiddeld op 14/11 (1–25/11), 6/1 (20/12–26/1), 22/2 (12/2–14/3) en 8/4 (30/3–20/4). Appels in volvelds gras op diepbewortelde zavel; Heijningen (N.Br.), 1959–1966.
Fig. 57. Penetration of nitrate-nitrogen in two soil layers due to precipitation, after dressing with 100–120 (○) or 200–250 kg N/ha (●) as calcium nitrate or calcium ammonium nitrate. Four dressing periods, mean dates 14–11, 6–1, 22–2 and 8–4. Apple orchard with grass sward on deeply rooted silt-loam, 1959–1966.


kg NO_3-N per ha in
laag (layer)
20-60 cm
bemesting (fertilization)
in november
periode (period)
1 april - 31 aug
in januari
ap - aug
in februari
ap - aug
in april
ap - aug
laag (layer)
40-80 cm
250
200
150
100
50
100
300
500
mm neerslag na bemesting (mm rainfall after fertilization)

een deel van de neerslag om de grond te bevochtigen. De snelste indringing vindt daarom plaats na de januaribemesting, als de grond vochtig is en de neerslag daarna nog geruime tijd de verdamping overtreft.

Hiermee in overeenstemming zijn gegevens van Van der Boon en Kolenbrander (1960) en van Van der Boon et al. (1967), die aanduiden dat de indringing in klei en zavel op veldcapaciteit varieert van 20 tot 30 cm per 100 mm neerslagoverschot bij 50% respectievelijk 20% afslibbare delen; in zandgrond was dit veel meer: 45–90 cm.

Uit Fig. 57 blijkt voorts, dat de maximale concentraties in de bemonsterde lagen bij bemesting in november en januari reeds vóór of bij de aanvang van het groeiseizoen werden bereikt. Tijdens het seizoen verdween veel stikstof door diepere indringing. Bij een minder diepe beworteling dan hier zal dan tegenover het voordeel van het ontlopen van opname door het gras al spoedig het nadeel van te diepe indringing of uitspoeling komen te staan. Ook de laatste factor is in deze proef, door de ondiepe drainage, van beperkte betekenis geweest.

Uit de gegevens blijkt verder, dat de kans op hoge concentraties onder de graswortellaag afneemt naarmate later wordt bemest, vooral bij lage giften. Men mag dit niet in de eerste plaats toeschrijven aan het afnemende neerslagoverschot: deze heeft slechts een vertragende invloed op de indringing door regen. Het duidelijke verschil tussen hoge en lage giften wijst eerder op een invloed van het 'wegvangen' van stikstof door het gras: bij bemesting na januari kan van de hoge giften een deel nog de ondergrond bereiken, de lage giften worden vrijwel geheel door het gras opgenomen. De invloed van het bemestingstijdstip op het fruitgewas zal dus verminderen naarmate zwaarder wordt bemest.

Ook op de veldjes die zwavelzure ammoniak ontvingen werden nitraatanalyses verricht. De omzetting van ammonium in nitraat verliep vrij snel: in de winter kon 6, in het voorjaar 3 weken na de bemesting al geen ammonium meer worden aangetoond. De indringing van nitraat verliep wat trager en er werden iets minder hoge concentraties bereikt dan bij bemesting met kalksalpeter of kalkammonsalpeter.

Grasgroei

De mate waarin de concurrentie door vroege bemesting werd ontlopen kon aan de grasgroei worden afgemeten. Deze bleef alleen op de in november bemeste veldjes sterk achter (1959–1966); bemesting in januari gaf al veel meer voorjaarsgroei, weinig minder dan bij bemesting in februari; aprilbemesting gaf verlate groei. Het geheel buiten bereik van de graswortels brengen van de stikstof lukt dus alleen bij zeer vroege bemesting als ook de kans op stikstofverliezen door uitspoeling of te diepe indringing groot is. Bovendien kan diep ingedrongen stikstof door capillair transport later nog weer in de graswortelzône terecht komen en door het gras worden opgenomen. Gegevens van Van der Boon et al. (1967) wijzen in die richting en waarnemingen aan de voortgezette, gewijzigde proef na 1966 bevestigden dit: op in november bemeste veldjes was de grasgroei in de zomer steeds beter dan op veldjes die op dat moment nog niet waren bemest.

Fig. 58. Opbrengstreactie van Golden Delicious in procenten van de gemiddelde opbrengst bij verschillende hoogte en verschillend tijdstip van bemesting (Heijningen).

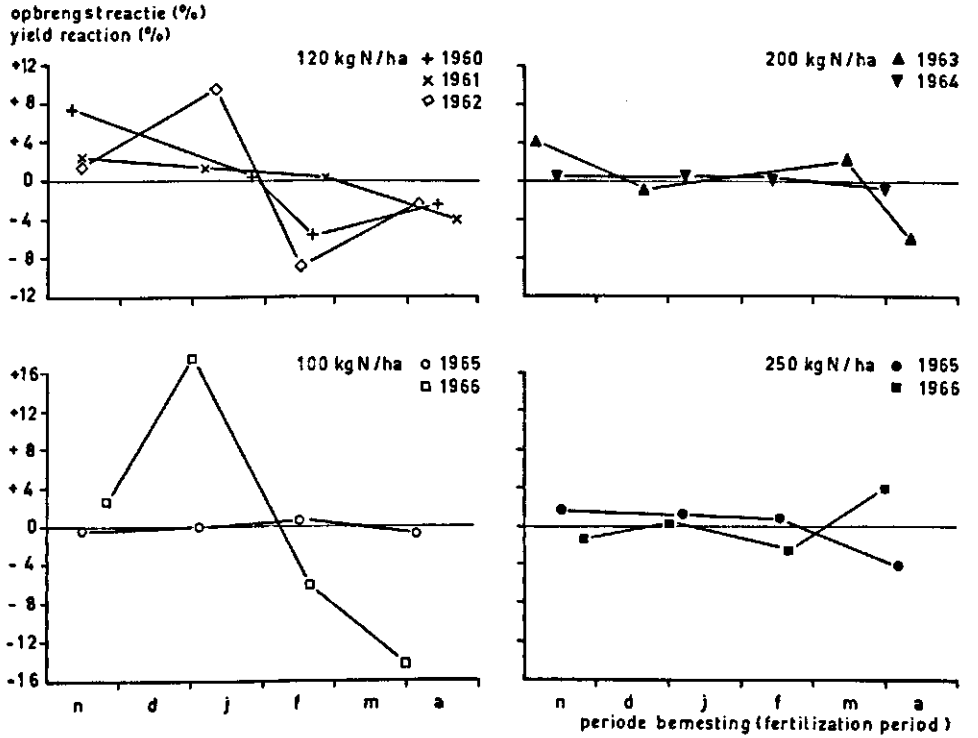


Fig. 58. Yield response of Golden Delicious as a percentage of the average yield, as related to level and time of nitrogen application.

Opbrengst

In 1960–1966 werd jaarlijks gemiddeld 35 kg, in 1967–1971 werd 45 kg per boom geplukt. De opbrengsten zijn voor beide perioden respectievelijk in Fig. 58 en 59A uitgedrukt in procenten van het jaarlijkse proefveldgemiddelde (in 1970 en 1971 van het bemeste gedeelte; er werden toen enkele veldjes niet bemest).

Bemesting in januari heeft in beide perioden de hoogste opbrengst gegeven. Hierbij vallen de voor- en nadelen van minder concurrentie en te diepe indringing blijkbaar het sterkst uit ten gunste van de vruchtboom. Uit Fig. 59 blijkt, dat verlating tot februari-april bij een bemesting van 200 kg N per ha een opbrengstdaling van 10–13% heeft gegeven. Deze was het gevolg van concurrentie.

De reactie op het bemestingstijdstip lijkt ook van de hoogte van de bemesting en van de residuwerking van de gift in het vorige jaar afhankelijk te zijn geweest: in 1960–1966 (Fig. 58) waren de verschillen het duidelijkst bij de lage giften (100–120 kg N per ha), speciaal als ook in het vorige jaar licht was bemest. Zo kan het niet rea-

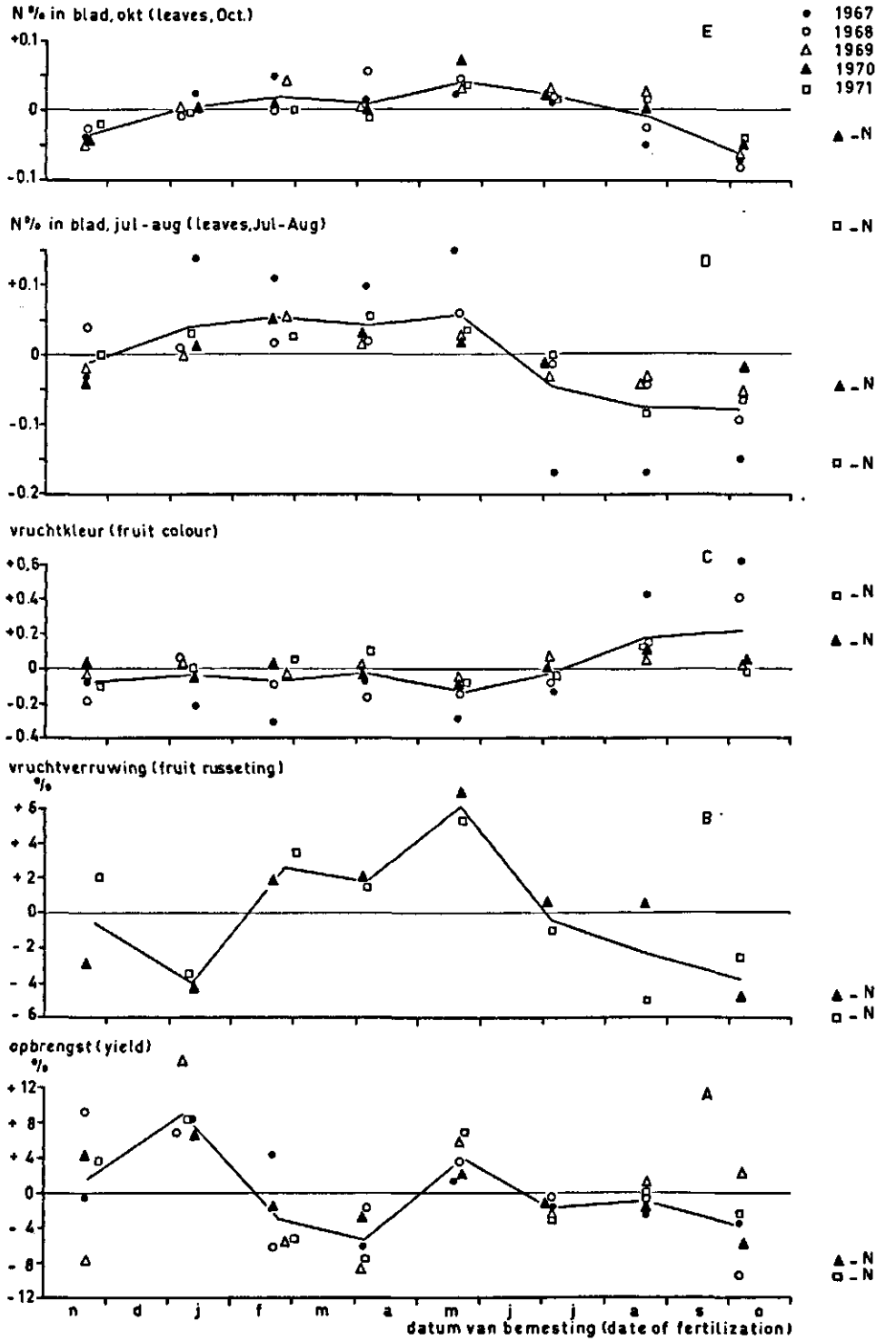

N % in blad, okt (leaves, Oct.)
E
1967
1968
1969
1970
1971
▲ - N
N % in blad, jul - aug (leaves, Jul - Aug)
D
□ - N
▲ - N
□ - N
vruchtkleur (fruit colour)
C
□ - N
▲ - N
vruchtverruwing (fruit russeting)
%
B
▲ - N
□ - N
opbrengst (yield)
%
A
▲ - N
□ - N
n d j f m a m j j a s o
datum van bemesting (date of fertilization)

Fig. 60. Verband tussen neerslag en procentgewijze verschil in opbrengst van in november en in januari bemeste veldjes (links: neerslag tussen beide bemestingsdata, r = −0,61*; rechts: neerslag van 1 juni af tot datum november-bemesting, r = −0,53*). Heijningen, 1959–1971.

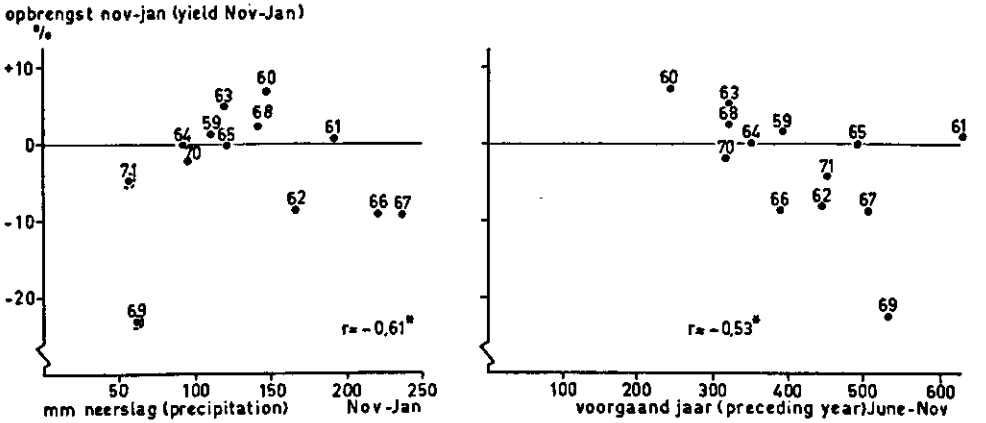


Fig. 60. Relation between precipitation and yield differences as percentages of the average yields for plots dressed in November and in January (left: precipitation between the two dressing dates, r = −0,61*; right: precipitation between 1 June and date of November dressing, r = −0,53*), 1959–1971.

geren in 1965, bij slechts 100 kg N per ha, worden toegeschreven aan de omstandigheid dat in 1964 200 kg N per ha werd gegeven. Het wel iets reageren in 1963, bij 200 kg N per ha, kan daarentegen met de lichte gift van 120 kg N van 1962 in verband hebben gestaan. Hoewel het voor de hand ligt, op dit diep bewortelde perceel met weinig stikstofafvoer via de drains een relatief sterke directe residuwerking te veronderstellen, mag een indirecte invloed, via de in het vorige jaar verkregen reservetoestand van het gewas, niet worden uitgesloten.

Uit Fig. 59 blijkt voorts, dat bemesting in november en vooral in oktober duidelijk lagere opbrengsten gaf dan in januari. Van der Boon et al. (1967) vonden in een dergelijke proef bij bemesting in november 3% lagere opbrengsten dan in december-februari. Uit de vertikale spreiding van de punten in Fig. 59 valt op te maken, dat hierbij sterk variabele factoren in het spel zijn geweest: bemesting in november gaf soms hogere, meestal lagere opbrengsten dan in januari (zie ook Fig. 58). Het ligt voor de hand de oorzaak van deze variaties in de neerslagverdeling te zoeken.

In Fig. 60 zijn het relatieve verschil in opbrengst tussen bemesting in november en januari, afgelezen uit Fig. 58 (100–120 kg N per ha) en Fig. 59, benevens de gegevens van het aanloopjaar 1959, uitgezet tegen enerzijds de neerslag tussen beide bemestingen

Fig. 59. Reactie van verschillende eigenschappen van Golden Delicious in procenten van de gemiddelden bij bemesting met 200 kg N/ha op 8 tijdstippen.
Fig. 59. Response of various characteristics of Golden Delicious, as percentages of average values, to nitrogen dressing (200 kg N/ha) on 8 dates.

en anderzijds de neerslag vanaf juni voorafgaande aan de novemberbemesting. In beide gevallen konden significante negatieve correlaties worden berekend, in het eerste geval echter alleen als de gegevens van 1969 en 1971 buiten beschouwing werden gelaten (wegens opvallend veel regen vóór november 1968 en november 1970, en zeer weinig regen tussen beide bemestingen).

In de eerste samenhang komt de grotere uitspoelkans van de novemberbemesting, door winterregen tot de januaribemesting, tot uitdrukking. Het nadeel hiervan begon echter pas tegen het voordeel van het beter ontlopen van de concurrentie op te wegen toen meer dan ± 150 mm regen viel tussen beide bemestingen. Een deel van deze neerslag dient namelijk voor bevochtiging van het in november vaak nog iets droge bodemprofiel en heeft dus weinig invloed op de indringing van stikstof.

In de tweede samenhang komt eveneens de uitspoelkans van de novemberbemesting tot uitdrukking: naarmate vóór november meer regen viel zal het profiel tijdens de bemesting vochtiger zijn geweest en nam de kans op te sterke uitspoeling door latere neerslag toe. De invloed van de neerslag vóór november op de uitspoeling, eventueel de opname, van vroegere stikstofresiduen kan mede een rol hebben gespeeld. Hiervan kan in de praktijk gebruik worden gemaakt bij de overweging de bemesting nog aanzienlijk vroeger dan januari uit te voeren in verband met de betere toegankelijkheid van de boomgaard (bodemtoestand, afwezigheid van snoeihout).

Uit Fig. 59A blijkt verder, dat ook de bemesting in mei relatief hoge opbrengsten heeft gegeven. De sterke voorjaarsgroei van het gras is dan voorbij, zodat ook de concurrentie vermindert. Bovendien is het groeiseizoen van de appel dan nog niet te ver voortgeschreden voor voldoende opname. Mei zal zich dus goed lenen voor het uitvoeren van een overbemesting. Uiteraard moet hierbij de invloed op het gewas in aanmerking worden genomen: de meibemesting heeft de stikstoftoestand van het gewas vanaf de zomer op een hoog niveau gehouden (bladanalyse, Fig. 59 D, E) maar heeft, vermoedelijk door een schoksgewijze bevordering van de vruchtgroei, ook de meeste verruwing gegeven (B) en ook de vruchtkleur iets ongunstig beïnvloed (C).

Uit bemesting in de zomer is laat in het seizoen nog enige stikstof opgenomen (D, E, opslag in reserveorganen), maar deze heeft de vruchtkleur in oktober, die op licht stikstoftekort wijst, toch in afnemende mate beïnvloed (C). Ook de opbrengst wijst op opname (vergelijk de onbemeste veldjes in 1970 en 1971). Deze is door de korte duur en de beperkte nawerking in het volgende jaar veel geringer geweest dan bij bemesting in januari. Het effect van zomerbemesting zal sterk afhangen van de snelheid van indringing (doorlatendheid van de grond, neerslag).

Proef 2

Materiaal: twee rijen peren var. Beurré Hardy op kwee A geplant in 1963.
Grondsoort: kalkrijke zavel, 37% afslibbaar, op 60–80 cm rustend op niet bewortelbaar plaatzand.
Ontwatering: drains op 12 m afstand, 1 m diep.
Onderbegroeiing: volvelds ingezaaid veldbeemdgras vanaf 1966.
Beworteling: vruchtbomen tot 70 cm diepte.
Behandelingen: onder meer: onbemest, 100 kg N per ha begin maart (kalkammonsalpeter) of 100 kg N medio augustus (kalksalpeter). Ter vergelijking, enkele waarnemingen aan goed bemeste bomen in

grasstrokencultuur in naastliggende rij.
Uitvoering: in 4 herhalingen met 4 bomen per veldje.
Waarnemingen: opbrengsten, gewaskenmerken, bladanalyse.

Het jonge gras concurreerde aanvankelijk zeer sterk. Bovendien was de stikstofvoorziening door de lage giften, de ondiepe beworteling en de goed werkende drainage veel minder goed gebufferd dan in proef 1.

Fig. 61 (kleur en stikstofgehalten van het blad) laat zien dat de stikstoftoestand van in augustus bemeste bomen tot aan de zomer (juni, augustus), althans in de eerste jaren, meestal niet slechter was dan van bomen die in maart stikstof kregen. Later (oktober) was deze zelfs duidelijk beter, wat op late opname wijst.

Ook de toename van de stamomtrek en aanvankelijk de bloemaanleg en de opbrengst suggereren, dat de stikstofvoeding bij bemesting in de zomer, ondanks de korte duur van de opname en de grotere kans op uitspoeling daarna, aanvankelijk beter was dan bij vroege bemesting. De verklaring hiervoor ligt uiteraard in de lage mestgift en het slecht gekozen tijdstip (half maart), waardoor de invloed van concurrentie maximaal werd (vergelijk Fig. 59A). Uit de kleur en de stikstofgehalten van het blad blijkt, dat de concurrentie na een terugslageffect in 1967 in de loop van de jaren verminderde. Dit zal op den duur, zoals reeds uit de gehalten in augustus blijkt, tot relatief betere resultaten bij de voorjaarsbemesting leiden.

Uit beide proeven kan ten slotte het volgende worden geconcludeerd. De concurrentie om stikstof tussen vruchtbomen en de ondergroei kan verminderd worden door ruim vóór het begin van de grasgroei (in januari) of kort na de voorjaarsgroei (in mei) te bemesten. Ook bij sterke concurrentie zal het effect van een zomerbemesting ten hoogste gelijk zijn aan dat van een voorjaarsbemesting op een ongunstig moment. Een zomerbemesting kan daarom hoogstens dienen als aanvulling van de voorjaarsbemesting, bij gebleken gebrek aan stikstof.

8.4.2 *Strokenbemesting*

Een gevolg van de in 4.1 (Tabel 2) en 8.1 (Fig. 47) beschreven relatie tussen de N-bemesting en de opname door gras is, dat de beschikbaarheid voor het fruitgewas meer dan evenredig toeneemt met de hoogte van de gift (althans in het tracé van door gras opneembare hoeveelheden). Dit betekent op zichzelf reeds, dat het fruit meer uit een stikstofgift kan opnemen als deze niet volvelds maar op een deel van de oppervlakte wordt uitgestrooid (zoals bij bemesting in stroken of rijen en bij injectie).

Bovendien kan worden verondersteld, dat de opname door de boom uit een smalle bemeste strook, vergeleken met die bij een even zware breedwerpige bemesting (gelijke concentratie), hoger is dan overeenkomt met het evenredige deel van de bemeste t.o.v. de totale bewortelde oppervlakte, in de zin van de door De Wit (1953) beschreven compensatiefunctie.

Deze experimenteel getoetste functie, $U_r/U_b = (X_r/X_b)^{0,44}$, beschrijft de relatie tussen de opname uit rijenbemesting (U_r) en uit breedwerpige bemesting (U_b) en de bemeste (X_r) en totale bewortelde grondoppervlakte (X_b). Als de bemesting-opname

Fig. 61. Verschillende eigenschappen van Beurré Hardy in 4e tot 9e jaar bij bomen in volvelds gras,onbemest (○), in volvelds gras met 100 kg N/ha begin maart (△) of half augustus (+), en in grasstroken met voorjaarsbemesting van 120 kg/ha (●). Wilhelminadorp.

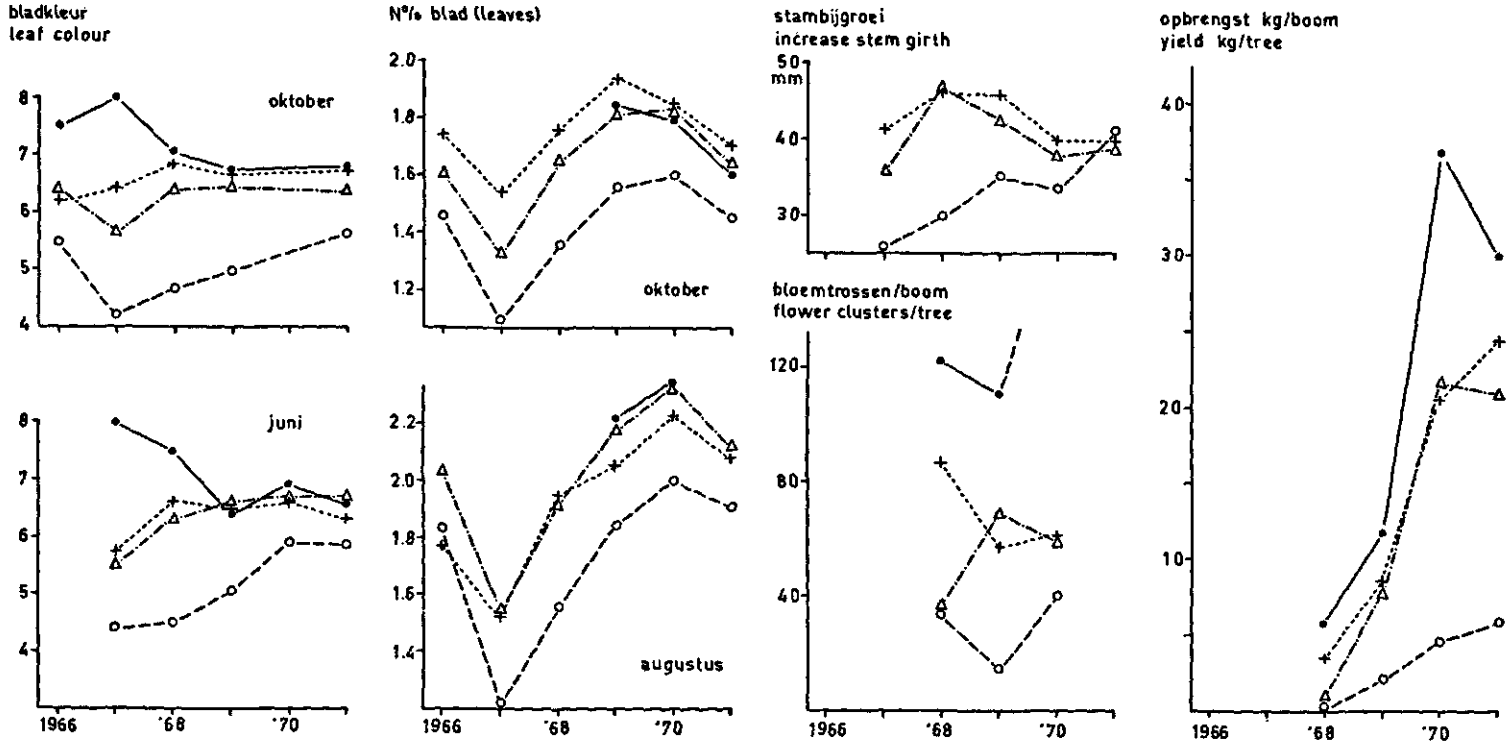


Fig. 61. Various properties of Beurré Hardy in 4th to 9th year for trees in full grass, not fertilized (○), in full grass with 100 kg N/ha early in March (△) or mid August (+), and in grass strips with spring dressing of 120 kg/ha (●).

functie voor breedwerpige bemesting bekend is, kan daaruit de opname worden berekend voor iedere strookbreedte en voor ieder bemestingsniveau. Zo bedraagt U_r bij strokenbemesting op 12,5–25–50 en 75% van de bewortelde oppervlakte respectievelijk 0,40–0,55–0,75 en 0,88 maal U_b. Als bovendien de opname-opbrengst functie bekend is, en verondersteld mag worden dat deze voor beide bemestingsmethoden gelijk is, kan ook de opbrengst bij strokenbemesting worden berekend. Het hangt nu van de luxe consumptie (het verschil tussen maximale en voor de opbrengst optimale opname) af, of bij bemesting op stroken dezelfde opbrengst kan worden bereikt als bij breedwerpige bemesting.

De achtergrond van deze compensatie zou wat de N-opname betreft kunnen worden gezocht in een opnameregulerings mechanisme in het gewas: stikstoftekort en daardoor overmaat aan koolhydraten geeft het gewas een groter vermogen om stikstof op te nemen (4.2, 4.4). Te geringe opname uit het niet bemeste bodemvolume zou daardoor kunnen worden gecompenseerd door extra opname uit de bemeste strook.

Van der Boon et al. (1970a) vergeleken giften van 200 en 400 kg N per ha, toegepast als rijenbemesting (stikstof in geploegde voren, ± 20% van het wortelareaal 'bemest'), injectie (30 cm diep, 2 steken per m^2) of breedwerpige bemesting. Daarbij werden in en onder de bemeste gedeelten van de grond zeer hoge concentraties bereikt, tot enkele honderden dpm N, vijf tot tien keer zo hoog als bij normale bemesting. Bij beide methoden werd wel een verhoogde opname geconstateerd, maar deze bleef achter bij breedwerpige bemesting. Ook de opbrengsten werden lager. Een dergelijk resultaat had uit toepassing van de compensatiefunctie kunnen worden voorspeld: rijenbemesting op een klein deel van de bewortelde oppervlakte kan alleen bij lage giften een beter resultaat geven dan breedwerpige bemesting, terwijl optimale opname slechts wordt bereikt bij grote luxe consumptie. Dit laatste is bij de stikstofopname van vruchtbomen, te oordelen naar de relatie tussen de opbrengst en het N-gehalte in bladeren, niet het geval.

De mogelijkheid om bij boomgaarden in volvelds concurrerend gras door strokenbemesting tot een groter profijt van stikstof te komen is in twee proeven te Wilhelminadorp onderzocht.

Proef 1

Materiaal: Golden Delicious op M.9, geplant eind 1955, 2,5 × 4 m.
Grondsoort: kalkrijke zavel, op 60 cm iets slibhoudend zand.
Onderbegroeiing: in 1959 ingezaaid volvelds gras, vnl. Engels raaigras.
Beworteling: vruchtbomen tot 60 cm diep.
Behandelingen: deel van bodembehandelingsproefveld nl. volvelds gras, breedwerpig en op stroken bemest; stroken 1 m ter weerzijden van de boomrij (50% van de totale oppervlakte). Bemesting met 3 giften, in verschillende jaren variërend van 62,5 tot 625 kg N per ha (vergelijk Tabel 22).
Uitvoering: 4 herhalingen, 4 bomen per veldje.
Waarnemingen: stikstofgehalten in blad en opbrengsten, 1960–1970.

Stikstofgehalte in het blad

In Fig. 62 A en C is het verband weergegeven tussen het N-gehalte in het blad en de bemesting per ha boomgaard, in B en D tussen dit gehalte en de bemesting per ha bemeste oppervlakte.

In de twee eerste jaren (1960/1961, A) gaven dezelfde hoeveelheden per ha boomgaard, op de halve oppervlakte uitgestrooid, duidelijk hogere N-gehalten in het blad dan breedwerpig gestrooid. Dat dit effect het sterkst was ergens tussen onbemest en zwaar bemest ligt voor de hand. In de daaropvolgende 9 jaren (C) was dit niet meer het geval.

Uit Fig. 62 B en D blijkt, dat bij eenzelfde hoeveelheid N op de bemeste gedeelten een vergroting van de bemeste oppervlakte (de gehele in plaats van de halve rijbreedte) in 1960/1961 vrijwel geen, in 1962/1970 echter een duidelijk gunstig effect had, zelfs tot zeer hoge stikstofgiften.

De verklaring voor het verschil in reactie in beide perioden moet in de worteluitbreiding worden gezocht: de bomen waren in 1960/1961 nog niet geheel volgroeid, de horizontale uitbreiding van de wortels, voor zover dicht vertakt, zal toen niet veel

Fig. 62. Stikstof in blad van Golden Delicious in volvelds gras bij strokenbemesting over de halve oppervlakte (○, ----) en bij breedwerpige bemesting met dezelfde hoeveelheid per ha (●, ——). Wilhelminadorp.

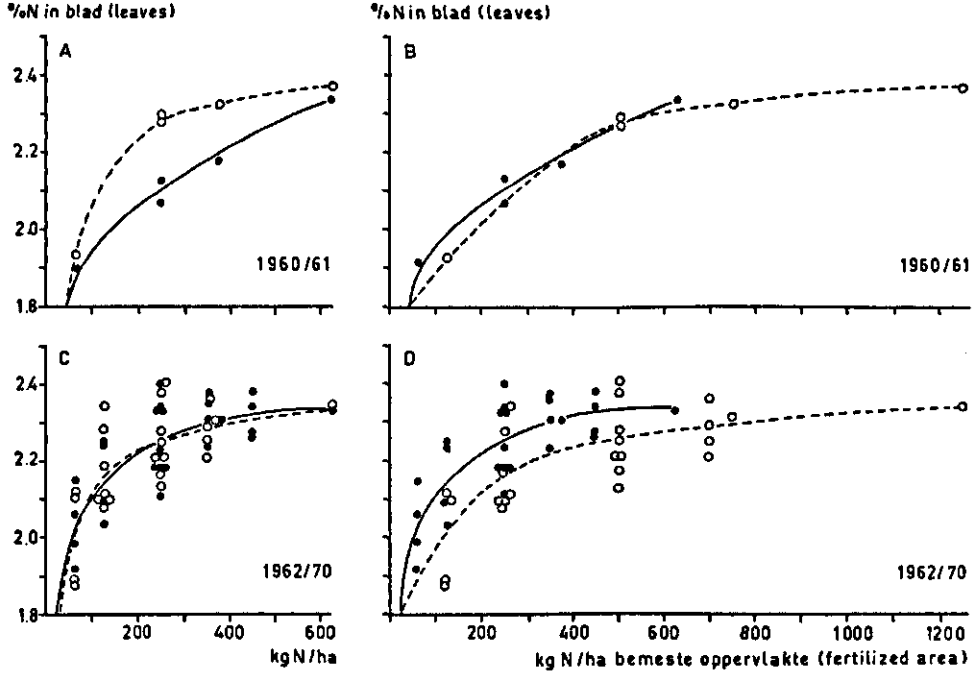


Fig. 62. Nitrogen percentage in foliage of Golden Delicious in grass with nitrogen applied in bands of 2 m along tree rows (○, ----, 50% of the total area fertilized, row distance 4 m) and broadcast with the same quantity per ha (●, ——).

Fig. 63. Theoretisch verband tussen de stikstofopname van een volwassen boomgaard in gras bij
1. breedwerpige bemesting;
2. strokenbemesting met dezelfde gift op de halve oppervlakte, 40% van de wortels in bemeste deel, bij toepassing van de compensatiefunctie (f = 0,68; De Wit, 1953);
3. idem zonder compensatie (opname uit strokenbemesting = 0,4 × opname uit breedwerpige bemesting).

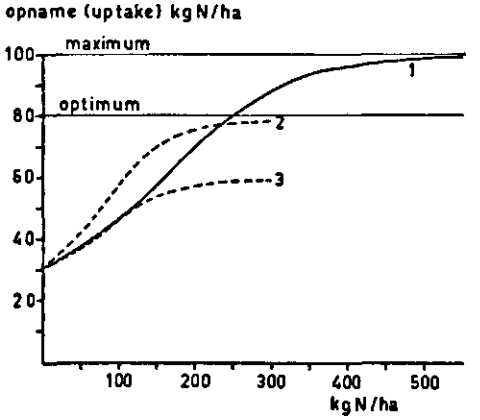


Fig. 63. Theoretical relation between nitrogen uptake by high-cropping orchard in grass and
1. broadcast nitrogen;
2. the same quantity placed in bands according to Fig. 62 (40% of the roots in fertilized soil) if the compensation function is applied (uptake from N placed/uptake from N broadcast = 0,68; De Wit, 1953);
3. as 2, in absence of compensation (uptake from N placed/uptake from N broadcast = 0,40).

meer dan 1–1,30 m vanaf de stam hebben bedragen, zodat breedwerpige bemesting ten opzichte van strokenbemesting vrijwel geen grotere overlapping van wortels betekende (Fig. 62B). Fig. 62A vergelijkt dan niet veel anders dan enkele en dubbele giften op de gehele bewortelde oppervlakte. Pas daarna, dus na verdere worteluitbreiding in niet bemeste grond, blijkt dat het N-gehalte in het blad hoger was als het gehele wortelareaal werd bemest (D). Van een compensatie-effect was daarbij niets te bemerken: uit Fig. 62C blijkt dat het in het gehele tracé van giften vrijwel niets uitmaakte of de stikstof op de gehele of op de halve oppervlakte werd uitgestrooid. Daaruit volgt, dat strokenbemesting op de halve oppervlakte bij vruchtbomen ter vermindering van de concurrentie door het gras geen voordeel biedt.

In een model is nagegaan, of dit onverwachte resultaat kan worden verklaard. Daartoe is aangenomen dat de opnamefunctie bij breedwerpige bemesting van goed producerende appelbomen op M. 9 in matig concurrerend gras kan worden weergegeven door curve 1 in Fig. 63: voor optimale produktie is een opname van 80 kg N [5] per ha vereist wat, in overeenstemming met proefresultaten, bij een bemesting naar

5. Uit latere gegevens is gebleken dat de schattingen over optimale en maximale opname aan de hoge kant zijn.

250 kg N per ha wordt bereikt (8.5, Fig. 67). Daarboven vindt luxe consumptie plaats tot 100 kg N per ha. Deze is niet hoog geschat, uitgaande van indrukken uit de gewasanalyse. Ze komt maar voor een deel in de bladanalyse tot uiting (Fig. 62C), omdat tevens opslag in reserve-organen plaats vindt. De curve is S-vormig als gevolg van de concurrentie bij lage giften.

Uit curve 1 is de opname bij strokenbemesting berekend door toepassing van de compensatiefunctie (curve 2). Daarbij is van dubbele N-giften op het bemeste deel uitgegaan. Op grond van de worteluitbreiding, welke bij volwassen bomen verder gaat dan het midden tussen twee rijen maar daarbij tevens ijler wordt, is echter aangenomen dat niet 50% maar 40% van de wortels zich in bemeste grond bevindt (X_r/X_b = 0,4, compensatiefactor = 0,68). Curve 2 suggereert, dat tot ca 200 kg N per ha meer opname door compensatie zou moeten plaats vinden. Aangezien de bladanalyse in dit tracé als een maat voor de opname kan worden gezien zou de compensatie tevens uit hogere N-gehalten hebben moeten blijken. Curve 3 tenslotte, geeft de opname bij strokenbemesting weer als in het geheel geen compensatie zou plaats vinden (U_r = 0,4 × U_b).

Aangezien de gegevens geen verschillen in stikstofgehalten in het blad laten zien (Fig. 62C), moet worden aangenomen dat de opnamefuncties voor breedwerpige en strokenbemesting, althans in het sub-optimale gebied, vrijwel identiek waren (curve1). Dit betekent, dat tot ca 150 kg N per ha vrijwel geen (curve 3), daarboven in toenemende mate compensatie heeft plaats gevonden. Uit curve 1 kan worden berekend, dat bij strokenbemesting met 50–100–150–200–250 en 300 kg N per ha 'compensatie'-factoren hebben gegolden respectievelijk: 0,43–0,39–0,47–0,60–0,72 en 0,82.

De verklaring voor het verschijnsel dat compensatie ($U_r > 0,4\ U_b$) pas merkbaar werd bij giften groter dan ca 150 kg N per ha moet in de concurrentie door het gras worden gezocht: bij lage voorjaarsgiften wordt stikstof zo snel door het gras opgenomen dat het aanbod in de grond al vroeg te klein wordt ten opzichte van de opname, waardoor geen compensatie kan plaats vinden. Dit beeld is in overeenstemming met Fig. 47, afkomstig van hetzelfde proefveld: bij giften tot ± 150 kg N per ha werd al vanaf begin juli zeer weinig nitraat in de grond aangetroffen; pas bij hogere giften kon de bemesting ook in de zomer nog aan hogere gehalten worden herkend.

Opbrengst

Hoewel uit Fig. 62C is gebleken dat beide methoden t.a.v. het stikstofgehalte in het blad en dus vermoedelijk ook de opname, vanaf 1962 gelijkwaardig waren, bleef de opbrengst bij strokenbemesting steeds achter en wel meer naarmate zwaarder werd bemest (Fig. 64). Daaruit volgt dat het verband tussen de opbrengst en de opname voor beide methoden niet gelijk was. Misschien mag in dit verband aan een niet-optimaal vochtverbruik bij strokenbemesting worden gedacht: in 4.1 (Tabel 3) is namelijk gebleken, dat de produktie aan droge stof per liter verbruikt water optimaal is bij voor de groei optimale stikstofgiften, zodat zowel bij een tekort als bij een overmaat meer water wordt verbruikt. Bij strokenbemesting neemt dan een deel van de

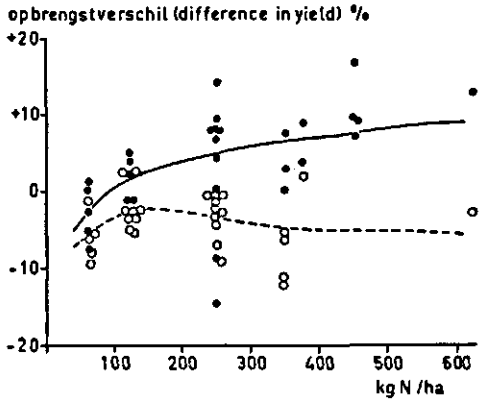


Fig. 64. Opbrengstverschillen in procenten van de gemiddelde opbrengst van alle veldjes, bij breedwerpige bemesting (●) en bij strokenbemesting (○) op volvelds gras. Golden Delicious, Wilhelminadorp; 1960 + 1962–1970 (verg. Fig. 62C).

Fig. 64. Differences in yield as percentages of average yield of all plots for broadcast nitrogen fertilizer (●) and for nitrogen applied in bands covering 50% of the area (○). Golden Delicious; 1960 + 1962–1970 (compare Fig. 62C).

wortels vocht op bij suboptimale, het andere deel bij superoptimale stikstofconcentraties. Dit zou op deze enigszins droge grond tot relatief vochttekort ten opzichte van breedwerpige bemesting kunnen leiden.

De resultaten met appels gaven aanleiding tot een oriënterend onderzoek naar de invloed van de breedte van de bemeste strook.

Proef 2

Materiaal: Beurré Alexandre Lucas peren op kwee A, geplant voorjaar 1963, 3×4 m; slechte groei.
Grondsoort: als bij proef 1.
Onderbegroeiing: in maart 1965 volvelds ingezaaid veldbeemdgras.
Bewortelingg: vruchtbomen ondiep, tot ± 60 cm.
Behandelingen: vanaf 1967 N-bemesting op stroken ter weerszijden van de boomrij naar 500 kg N per ha bemest oppervlak, in gedeelde giften. Strookbreedte: 0–15–40–60–90–120 en 150 cm. Het hart van de stroken op 60 cm (bij 150 cm brede stroken op 75 cm) vanaf de boomrij.
Uitvoering: in 2 herhalingen met 2 bomen per veldje.
Waarnemingen: Stikstofgehalten in het blad, stamgroei, opbrengst, schatting van de horizontale worteluitbreiding door blootlegging in 1970 bij rand- ('buffer-') bomen.

Het over vier jaar gemiddelde stikstofgehalte in het blad, de totale stamomtrektoename per boom en de gesommeerde opbrengst zijn in Fig. 65A-C uitgezet tegen de breedte van de bemeste strook en tegen het geschatte deel van de wortels dat zich in 1970 in bemeste grond bevond (D)[6]. De curven vertonen een iets verschillend beeld: de groei van de bomen (welke goed door de stamgroei wordt weerspiegeld) vertoont geen optimum, de opbrengst wel. Bij de toegepaste gift, 500 kg N per ha, zal vrijwel maximale opname hebben plaats gevonden als alle wortels zich in bemeste grond bevonden (Verg. Fig. 63, 1). Aangezien de opname toeneemt naarmate de bemeste stroken een groter deel van het wortelareaal overlappen, zal verdere groei door op-

6. De gemiddelde uitbreiding van de wortels van bufferbomen varieerde van 60 tot 140 cm vanaf de stam. De variatie hiervan hing duidelijk samen met de stamomtrek. Hierdoor kon aan de hand van de stamomtrek een ruwe schatting worden gemaakt van de worteluitbreiding van de proefboom, waaruit het percentage wortels in bemeste grond kon worden berekend.

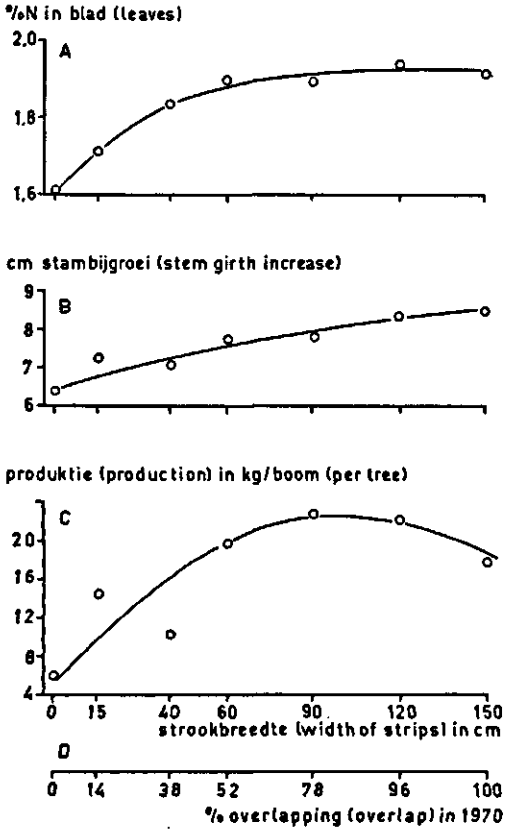


Fig. 65. Reactie van 6- tot 9-jarige Beurré Alexandre Lucas in volvelds gras op de breedte van bemeste stroken, en geschatte overlapping van de wortels (bemesting 500 kg N/ha bemest oppervlak). Gemiddelden over 4 bomen; 1968–1971. Wilhelminadorp.

Fig. 65. Response of 6 to 9 years old Beurré Alexandre Lucas in full grass to width of fertilized strips, and estimated overlap in root systems (dressing of 500 kg N/ha treated area). Averages for 4 trees; 1968–1971.

name hebben plaats gevonden bij voor de opbrengst reeds luxe consumptie. De lichte teruggang van de produktie bij totale overlapping (de percentages hiervan zijn vermoedelijk iets te hoog geschat) kan door te sterke groei zijn veroorzaakt.

De geringe reactie van het N-gehalte in het blad bij grotere strookbreedte dan 60 cm (overlapping ca 50%) wijst erop, dat de luxe consumptie niet meer door dit gehalte wordt weerspiegeld maar in groei en opslag in reserveweefsels wordt 'verwerkt'.

Wordt de door De Wit gegeven compensatiefunctie toegepast, dan blijkt tenslotte, dat het hoge percentage overlapping waarbij de hoogste opbrengst werd bereikt op vrij geringe luxe consumptie moet wijzen. Deze is wellicht nog kleiner dan bij appels werd aangenomen (Fig. 63).

Bij breedwerpige bemesting is voor een maximale produktie over het algemeen 250 of meer kg N per ha benodigd (8.5, Fig. 67). In deze proef werd de hoogste opbrengst als gevolg van de beperkte worteluitbreiding bij 225 kg N per ha bereikt (strookbreedte 2 × 0,9 m, rijafstand 4 m). Bij volledige beworteling van de boomgaardoppervlakte zou dit naar schatting minsten 300 kg N zijn geweest, zodat wederom blijkt dat strokenbemesting geen voordeel biedt, behalve bij jonge of nauw geplante bomen met in vergelijking tot de rijafstand sterk beperkte worteluitbreiding.

8.4.3 *Bespuitingen met ureum*

Door middel van ureum wordt wel getracht stikstofgebrek snel op te heffen (3.3). Bespuitingen omstreeks en kort na de bloei, hebben tot doel de vruchtzetting te verbeteren en eventueel rui te verminderen (Van der Boon, 1958). Bespuitingen vanaf het einde van de zomer, zijn gericht op reservevorming (4.4). Ook dit kan leiden tot betere vruchtzetting in het volgende voorjaar.

De hoeveelheid stikstof die uit ureum via het blad wordt opgenomen dekt echter slechts een fractie van de totale behoefte, vooral bij bespuiting in het voorjaar als de interceptie door de nog kleine bladoppervlakte gering is. Weliswaar volgt een duidelijke verhoging van het stikstofgehalte in het blad, maar het is de vraag of de soms geconstateerde verbeterde vruchtzetting aan de hogere stikstoftoestand van de gehele boom dan wel aan die van het blad alleen moet worden toegeschreven. In het laatste geval is het effect tijdelijk, en sterk afhankelijk van het tijdstip van bespuiting, omdat stikstof uit het blad naar bast en hout wordt afgevoerd. Als de behandeling leidt tot verminderde junirui is het zelfs de vraag, of niet vooral een tijdelijke gunstige groeiremming in het spel is.

Bij late toepassing kan de opname veel groter zijn door het grotere bladoppervlak; bovendien durft men dan hogere concentraties toe te passen daar de gevoeligheid voor verbranding bij volgroeid blad minder groot is dan bij jong blad. Tenslotte is men laat in het seizoen minder beducht voor verbranding dan in het voorjaar.

Om na te gaan welk effect maximaal is te verkrijgen met herhaalde vroege en late ureum-bespuitingen, kunnen de gegevens van proef 1 te Wilhelminadorp dienen.

Proef 1

Materiaal etc.: zie 8.4.1, proef 2,
Behandelingen: naast die vermeld in 8.4.1, proef 2, Fig. 61, op onbemeste bomen in volvelds gras:
vroege bespuitingen met de nevelspuit, 14 keer tussen ± 9 mei en 9 augustus in concentraties die in de loop van het seizoen opliepen van 3.5 tot 8% ureum;
late bespuitingen, 9 keer tussen ± 15 augustus en 19 oktober in concentraties oplopend van 6,5 tot 9%, met in totaal gelijke hoeveelheden ureum als bij vroege toepassing. Ter vergelijking: onbemeste bomen in volvelds gras en enkele waarnemingen aan goed bemeste bomen in grasstroken cultuur.

De concentraties waren zo hoog, dat net geen of maar een zeer lichte verbranding optrad aan de bladranden. Per boom, over 6 jaar, kwam de hoeveelheid jaarlijks verspoten ureum overeen met 60 g N (per ha 51 kg N). Aangenomen dat hiervan door het volgroeide blad 30% werd opgevangen en opgenomen, dan bedroeg de extra stikstofvoorziening slechts ca 15 kg N per ha per jaar; voor de vroege toepassing is dit door de geringere interceptie wellicht nog minder geweest. Deze hoeveelheid is klein vergeleken met de behoefte (70–80 kg N per ha). De resultaten in Fig. 66 wijzen er dan ook op dat de bespoten bomen, de N-toestand van het blad buiten beschouwing gelaten, maar iets minder stikstofgebrek leden dan de onbemeste en dat ze bij de eveneens verre van optimaal gevoede bomen, die 100 kg N als bemesting ontvingen (verg. Fig. 61), nog duidelijk achterbleven.

Fig. 66. Diverse kenmerken vanaf 1966 bij in 1963 in sterk concurrerend gras geplante Beurré Hardy (zie ook Fig. 61). ○ = volvelds gras, niet bemest; ▽ = als ○, tevens 4 × verneveling van 3,5–8% ureum-oplossing tussen 9 mei en 9 augustus; × = als ○, tevens 9 × verneveling van 6,5–9% ureum tussen 15 augustus en 19 oktober; ● = grasstroken, 120 kg N/ha.

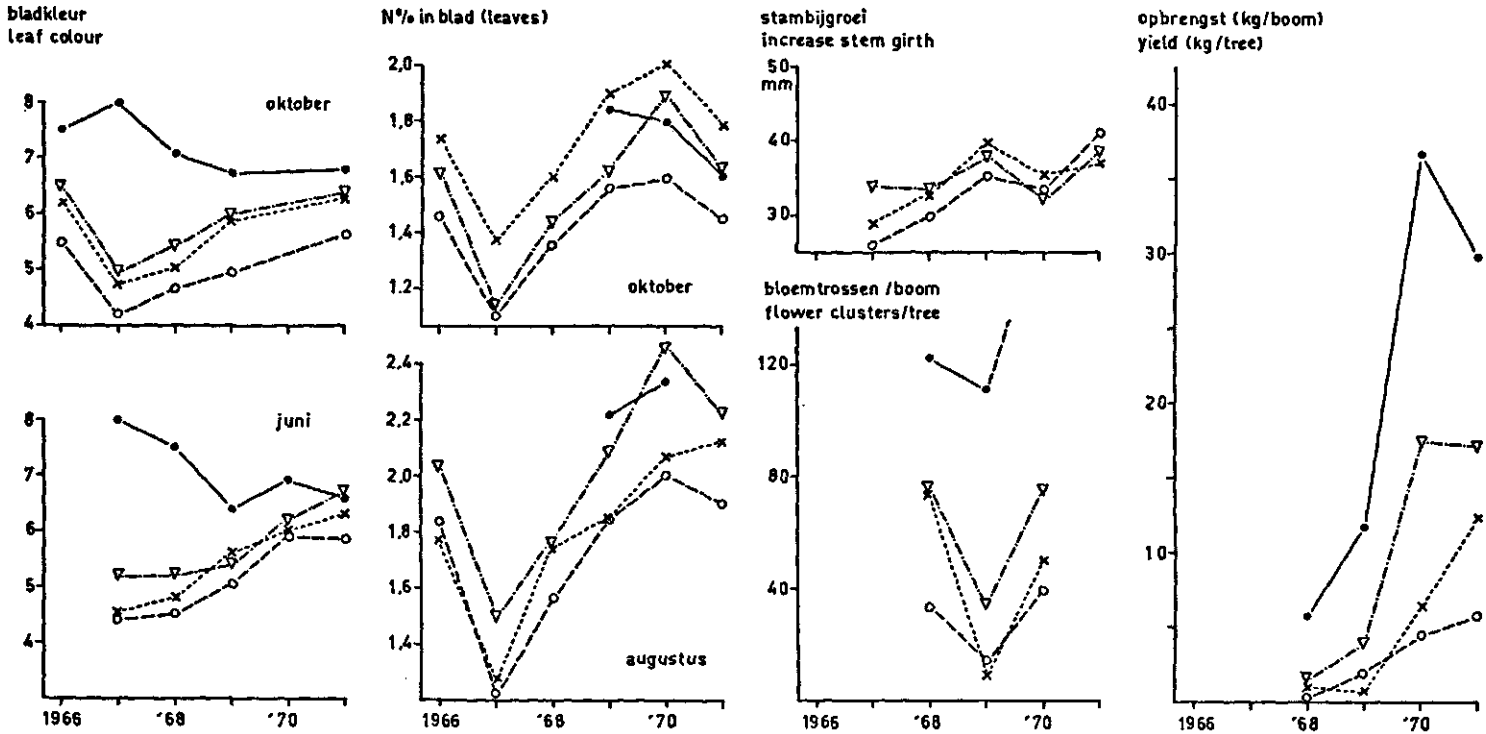


Fig. 66. Various characteristics observed between 1966 and 1971 in orchard of Beurré Hardy planted in 1963 in strongly competing grass (see also Fig. 61). ○ = grass, without dressing; ▽ = as ○, but with 14 mist-blown applications of 3.5–8% urea between 9 May and 9 August; × = as ○, with 9 mist-blown applications of 6.5–9% urea between 15 August and 19 October; ● = grass strips, 120 kg N/ha.

Zoals verwacht, werd het stikstofgehalte in het blad duidelijk door de bespuitingen verhoogd. Bij de vroege toepassing lag het accent in het voorjaar en in de zomer, bij de late toepassing in de herfst. Daarbij werden in de latere jaren waarden bereikt die de gehalten van normaal gevoede bomen in een strokencultuur evenaarden of zelfs overtroffen. In beide gevallen trad een nawerking op, respectievelijk in de herfst en, via de reserve, in het volgende voorjaar.

Dat een door ureum verhoogd gehalte in het blad echter geen maatstaf is voor de voeding blijkt uit diverse andere gegevens: deze wijzen op maar een lichte vermindering van het stikstofgebrek vergeleken met onbemest. De bladkleur in juni, het stikstofgehalte in augustus en het aantal bloemtrossen (wellicht mede door sterkere scheutgroei) vertoonden nog het duidelijkst een verbetering door de bespuitingen in het voorjaar zodat deze behandelingen, misschien mede door een wat betere vruchtzetting, tenslotte de hoogste opbrengst gaven, al bleef die ver achter bij die van goed gevoede bomen.

De bespuitingen hebben dus ondanks vaak herhaalde toepassing weinig bijgedragen tot de voeding. Dat neemt niet weg dat de ervaring heeft geleerd, dat enkele bespuitingen soms duidelijk gunstige gevolgen hebben. Dit moet misschien worden toegeschreven aan tijdelijk sterke verandering, in gevoelige perioden, van de stikstoftoestand van het blad of van de groeiintensiteit.

In praktijkproeven zijn gunstige resultaten alleen bereikt bij duidelijk stikstofgebrek in boomgaarden met volvelds gras. Bij normaal gevoede bomen is het effect van verspoten ureum doorgaans gering geweest en wisselvallig (Beeftink et al., 1964). Stikstofgebrek komt, mede door de overgang naar het grasstrokensysteem, tegenwoordig weinig meer voor, zodat ureum-bespuitingen aan actualiteit hebben ingeboet. Niettemin zullen de resultaten van nog twee oriënterende proeven worden besproken.

Proef 2

Materiaal: volwassen peren var. Doyenné du Comice op kwee A; stikstoftoestand normaal; opbrengst laag en sterk variërend.
Grondsoort: als in 8.4.1, proef 2.
Onderbegroeiing: grasstroken, bemesting ca. 140 kg N per ha.
Behandelingen: drie bespuitingen per behandeling in drie perioden zoals vermeld in Tabel 27.

Aanleiding tot de proef vormden gunstige resultaten bij dit ras welke door Wertheim (1971) werden waargenomen door ureumbespuitingen kort na de bloei. Inderdaad laat ook Tabel 27 zien, dat deze bespuitingen een hogere opbrengst kunnen geven: van de bespuitingen resulteerden vooral de drie van 31 mei tot 14 juni in een groter aantal vruchten (46%) en een hoger oogstgewicht (36%). Dit verschil was echter maar matig betrouwbaar door de sterke variabiliteit in opbrengst per boom (kleinste betrouwbare verschil bij P = 0,05% : 24 vruchten, 6,2 kg).

Gezien de normale stikstoftoestand van de bomen ligt het voor de hand, de verklaring van dit effect niet te zoeken in een verbetering van de stikstofvoeding maar in een secundair bespuitingseffect, namelijk een lichte stagnatie in de groei. Bij veldonderzoek elders, en bij de in 4.4 beschreven potproef, werd zo'n tijdelijke vermindering

Tabel 27. Invloed van voorjaarsbespuitingen met ureum op peren (Doyenné du Comice); 18 bomen per behandeling, 1971.

Tijdstip/Date	Concentratie Concentration %	Oogst per boom/Yield per tree Aantal vruchten/Number of fruits	kg
Controle/Control		45	13,4
20, 26, 29/4	0,6	60	17,0
3, 10, 17/5	0,8	56	16,1
31/5, 7+14/6	0,8	65	18,2

Table 27. Effect of spring spraying with urea on yield of pears (Doyenné du Comice); 18 trees per treatment, 1971.

ook gevonden na ureumbespuitingen. Nu is bekend, dat sterke groei de rui bevordert. En inderdaad was, na een periode van regen, het weer in 1971 zonnig en warm vanaf eind mei tot ± 10 juni, zodat het gewas tijdens de bespuitingen op 31 mei en 7 juni sterk zal hebben gegroeid. De gunstige invloed van ureum vooral in deze periode, mag daarom wellicht aan beperking van de groei worden toegeschreven. Dergelijke effecten zijn ook bekend van groeirem-middelen zoals CCC (chloormequat; Wertheim, 1972).

Bij appels werd tenslotte het effect van late bespuitingen onderzocht (Proef 3).

Proef 3

Materiaal: volwassen appelbomen var. Cox's Orange Pippin, Golden Delicious en Winston op M.9 met duidelijk gebrek aan stikstof.
Grondsoort: als in 8.4.1, proef 2.
Onderbegroeiing: volvelds gras.
Behandelingen: bemesting en, op de helft van de bomen, ureumbespuitingen zoals aangegeven in Tabel 28.
Waarnemingen: gewaskenmerken, opbrengst, gewasanalyses.

De bespuitingen veroorzaakten meestal lichte verbranding van de bladeren wat op sterke opname wijst. Uit de bladanalyse (Tabel 28) blijkt, dat ureum het stikstofgehalte kort na de bespuitingen duidelijk had verhoogd, ook in 1967 toen dit door de bemesting was verbeterd. Ook kon de opslag van stikstof uit ureum in januari 1966 en 1967 door analyse van hout en bast van eenjarige scheuten duidelijk worden aangetoond. Daarbij werd de uit de bladanalyse verkregen indruk, dat Cox's Orange Pippin duidelijker met een hoger gehalte reageerde dan de beide andere rassen, bevestigd. Blijkbaar neemt dit ras gemakkelijker ureum op. De reservevorming leidde ook tot een hoger stikstofgehalte in het blad in het voorjaar (1966 en 1968), zelfs nog tot kort vóór de herhaling van de bespuiting (1967).

De vruchtzetting vóór de junirui vertoonde doorgaans een duidelijk gunstige invloed van ureum, behalve bij Cox's Orange Pippin in 1967, wat een gevolg van de

Tabel 28. Effect van herhaalde late ureumbespuiting op appels met stikstofgebrek in volvelds gras (Wilhelminadorp).

Ras Variety en aantal bomen and number of trees	Ureum bespuiting Urea spray	% N in blad/in leaves 1965 18/10	1966 28/4	1966 3/11	1967 26/9	1967 1/11	1968 7/6	Vruchten per 100 bloemtrossen Fruits per 100 clusters ± 25/5 1966	1967	1968	Opbrengst/Yield kg per boom/tree 1966	1967	1968
Cox's Or.	—	1,82	3,62	1,40	2,06	2,08	3,81	40	55	39	19,5	35,1	19,4
Pippin 5	+	2,29	3,97	1,93	2,17	2,42	3,84	142	48	63	30,8	28,1	25,8
Golden De-	—	1,95	3,28	1,38	2,00	1,97	3,58	72	75	32	22,4	40,8	39,2
licious 5	+	2,12	3,41	1,62	2,02	2,15	3,69	128	122	44	26.3	45,2	40,2
Winston	—	2,24	3,66	1,68	2,41	2,36	4,29	173	286	238	14,6	34,1	—
3	+	2,46	3,79	2,03	2,44	2,47	4,68	263	301	254	17,3	33,8	—

Bemesting: 1965, 1966, 1968 geen stikstof/no nitrogen.
1967 350 kg N per ha.
Ureumoplossingen/Urea sprays:
1965: 17, 29/9; 4, 12, 18/10.
1966: 19, 28/9; 13, 24, 31/10.
1967: 26/9; 5, 13, 24/10.

Table. 28. Effect of autumn spray with urea on nitrogen deficient apple-trees in grass sward (Wilhelminadorp).

bemesting of een beurtjaareffect kan zijn geweest voortvloeiende uit een hogere opbrengst in 1966, of een schade door nachtvorst (zie 5.5).

De opbrengsten suggereren een grotere oogst door de bespuitingen, zo gezien weer het duidelijkst bij Cox's. De bemesting op 7 maart 1967 kan nivellerend hebben gewerkt, al lijkt het herstel van de stikstoftoestand in dat jaar niet volledig te zijn geweest.

Een bezwaar van late bespuitingen is de kans op bladval. In deze proef werd dit enkele malen waargenomen. Bij een enkele Cox's-boom liep dit op tot bijna 50% van het blad. Als de vruchten nog geruime tijd aan de boom blijven kan dit vertraging van het uitgroeien en rijpen betekenen. Bij Golden Delicious en Winston werd bij de pluk steeds het hoogste percentage groen of minder rood gekleurde vruchten aangetroffen bij de bespoten bomen.

8.5 Stikstofbehoefte

Tussen 1950 en 1965 zijn in verschillende teeltgebieden proefvelden aangelegd om het effect van stikstof op de opbrengst na te gaan bij een volveldse onderbegroeiing met gras. Maar slechts in enkele gevallen was het tracé van stikstofhoeveelheden breed genoeg om een optimum vast te stellen: meestal werd niet meer dan 200–250 kg N per ha gegeven. Dit zullen, vooral in de beginjaren, vaak suboptimale giften zijn ge-

weest, zodat slechts bij benadering kan worden aangegeven, welke bemesting de hoogste opbrengst zou hebben gegeven. Aangezien een gift van 100 kg N per ha al rendabel wordt als bij een opbrengst van 30 ton per ha en slechte fruitprijzen een meeropbrengst wordt verkregen van slechts 1%, kan men uit zulke proefveldgegevens tot sterk uiteenlopende economische optimale bemestingen komen, temeer, als rekening wordt gehouden met enig kwaliteitsverlies door zwaardere bemesting. Zo werd in de proef te Wilhelminadorp (Tabel 22) bij Golden Delicious vaak iets meer vruchtverruwing geconstateerd op de zwaarst bemeste veldjes: van een opbrengstverhoging van 17% door 250 kg N per ha, bleef hierdoor b.v. maar 12% in geld over. In dit tracé van de bemesting werden verliezen door meer ruwe vruchten echter steeds ruimschoots gecompenseerd door een hogere opbrengst aan gladde vruchten.

Kwaliteitsverliezen (vruchtkleur, verruwing, bewaarbaarheid) mogen maar ten dele aan stikstofbemesting worden toegeschreven: deze invloed is in werkelijkheid gering vergeleken met die van het grote complex van overige factoren (teelt, bodem, weer). Bij de berekening van het optimale bemestingsniveau hoeft men dan ook maar in beperkte mate rekening te houden met zulke kwaliteitsverliezen.

Gezien de normaliter relatief geringe bemestingseffecten, de beperkte opzet van de proeven en de grote variatie in opbrengst, zijn verschillen meestal pas significant als ze aanzienlijk groter zijn dan 10%. Opbrengstverschillen door giften hoger dan 150 kg N per ha zijn doorgaans kleiner, zodat het moeilijk blijft, aan de hand van de diverse proeven stikstofoptima aan te geven. Voor het vaststellen van de bemesting dient men dan ook mede de graad van concurrentie te schatten aan de hand van de in 8.3 besproken factoren.

In Fig. 67 zijn de over zoveel mogelijk jaren gemiddelde opbrengstreacties van de belangrijkste recente proefvelden in Nederland samengebracht. Er werd daarbij onderscheid gemaakt tussen reacties in het tweede en derde jaar na het in gras lopen en in latere jaren.

De sterke opbrengstdepressies kort na het ontstaan van de grasmat, bij lage giften, weerspiegelen het in 8.2 beschreven schokeffect en suggereren hogere stikstofoptima dan uit de proeven naar voren komen. Doordat verscheidene proeven slechts enkele jaren hebben bestaan heeft dit schokeffect het beeld van de bemestingsbehoefte in sterke mate bepaald, wat, althans tijdelijk, overdreven hoge giften in de hand heeft gewerkt (Hoofdstuk 2, Fig. 4).

Bij de proefvelden met appel valt op, dat de sterkste reacties meestal optreden bij onderstam M.9 (A : 1, 2; C : 3, 4, 10). Iets zwakkere reacties werden met de onderstammen M.2 en M.7 verkregen (A : 6, 7, 9; C : 5, 6, 7, 8). Dit wijst op een hogere stikstofbehoefte bij appels op de zwakke M.9.

De gegevens uit de latere jaren, bij oudere grasmatten, suggereren optima bij appels op M.9 tussen 250 en 400 kg N, bij matig sterke onderstammen wellicht tussen 150 en 250 kg N per ha. Bij peer zal de stikstofbehoefte weinig verschillen van die van appels op M.9.

Fig. 67. Opbrengstreactie bij stikstofproefvelden in volvelds gras. A+B: in 2e en 3e jaar na het in gras lopen (schokeffect)/in 2nd and 3rd year after grassing down, check effects;
C+D: in latere jaren/in later years.

Appel/apple 1+2+3: Golden Delicious op/on M.9; 4: Lombartscalville op M.9; 10: James Grieve op M.9; 5+6: Cox's Orange Pippin op M.2; 7+8: Jonathan op M.7; 9: Jonathan op M.2.

Peer/pear 1+2: Conference op kwee A/on quince A; 3: Doyenné du Comice op ditto.

Bronnen/sources: Appel/apple: 5: Beeftink et al. (1962); 6: Drijfhout (1961); 7: Van der Boon et al. (1964).

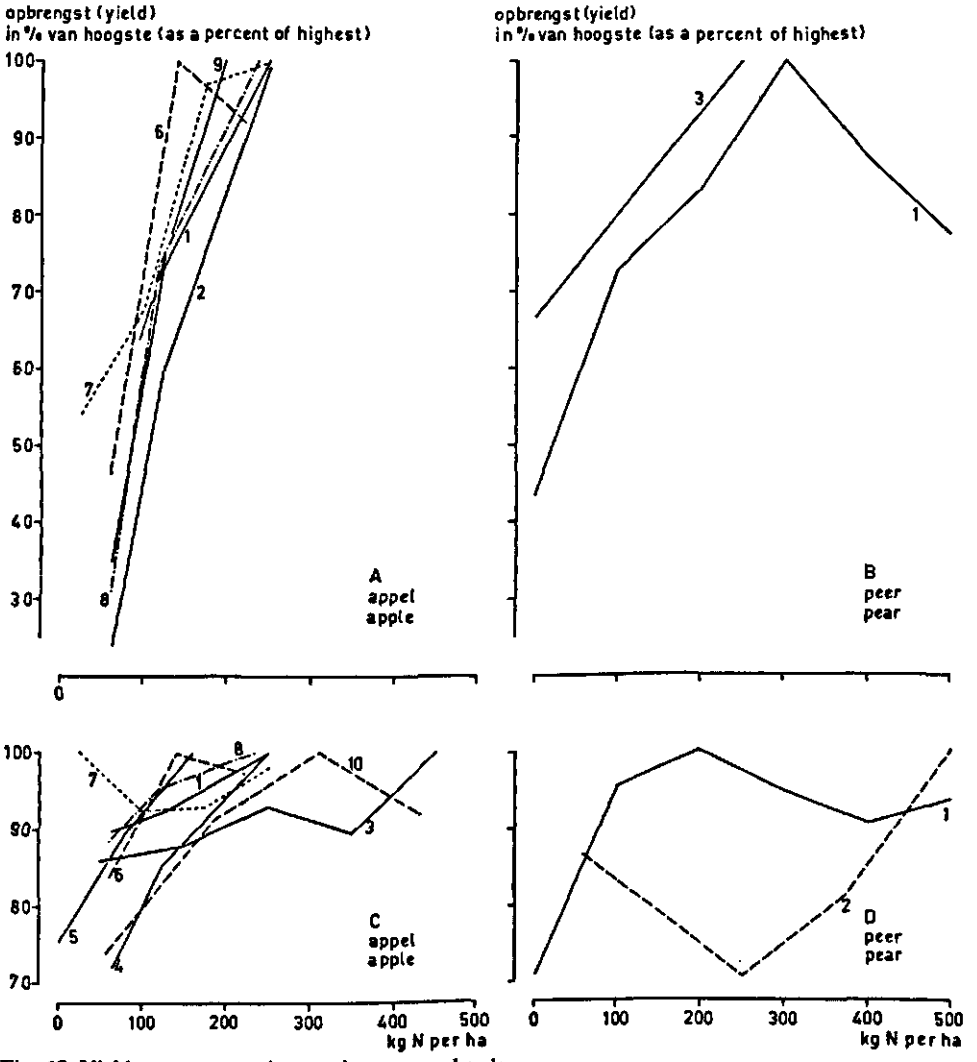


Fig. 67. Yield response to nitrogen in grass orchards.

8.6 Conclusies over de stikstofhuishouding in met gras begroeide grond

Doordat gras al in maart, de vruchtboom pas in mei belangrijke hoeveelheden vocht en stikstof begint te onttrekken ondervindt de laatste concurrentie. Ook de grotere

worteldichtheid van het gras in de bovengrond speelt daarbij een rol. Door de opname van het gras daalt het nitraatgehalte in de grond snel, zodat vaak al vanaf juni vrijwel geen stikstof meer ter beschikking staat. De opname door de vruchtboom vindt dan overwegend in de eerste maanden plaats, wat gunstig voor de kleuring van de vruchten maar ongunstig voor de groei, de bloemaanleg en de opslag van reservestikstof kan zijn. Pas bij basisgiften groter dan ± 150 kg N per ha worden ook in de loop van de zomer nog belangrijke, met de bemesting samenhangende hoeveelheden nitraat in de grond aangetroffen.

Tijdens het zich vestigen van de jonge grasmat daalt de stikstoftoestand van de vruchtboom snel, afhankelijk van de bemesting. Dit heeft bij dragende bomen een vermindering van de bloemaanleg tot gevolg, die, mede door slechte vruchtzetting, in een sterke opbrengstdaling in een of twee volgende jaren tot uiting komt. Aanpassing van het wortelstelsel, toenemende recirculatie van stikstof uit verterende grasmulch en door het maaien bevorderde, ondieper wordende beworteling van het gras zijn de voornaamste factoren die in de volgende jaren een rol spelen bij het geleidelijke herstel van de stikstofvoeding.

Tegenover de min of meer schoksgewijs optredende groei- en opbrengstdepressie na het ontstaan van een grasmat staat een even opvallend herstel na plotseling opheffen van de concurrentie door onderwerken van het gras. Ondervinding met beide effecten hebben het standpunt van de fruitteler over de toelaatbaarheid van gras sterk bepaald.

De mate waarin de concurrentie door de vruchtboom wordt ondervonden hangt af van de onderstam (zwakke onderstammen zijn gevoeliger dan sterke), de aard van de onderbegroeiing (grassoort), de maaihoogte en de ouderdom van de grasmat (onder meer door de cumulatieve invloed van het mulchen). Voorts spelen eigenschappen van de grond een rol, zoals de mogelijkheid tot diepe wortelgroei en het vochtleverend vermogen. Door de toenemende invloed van verterend gras komt op den duur 80–100 kg N per ha jaarlijks opnieuw in omloop.

Maatregelen welke, naast verhoging van de stikstofgift, tot vermindering van de concurrentie kunnen leiden zijn bemesting in januari (op kleigronden) en overbemesting in mei. In beide gevallen wordt opname door het gras gedeeltelijk vermeden. Bemesting op stroken biedt geen perspectief. De hierbij verwachte grotere opname door compensatie vindt in het suboptimale tracé niet plaats doordat de stikstofconcentratie in de grond door de concurrentie al vroeg te laag wordt.

Ureumbespuitingen kunnen worden toegepast als een snelle correctiemaatregel bij bomen met stikstofgebrek. Bij normaal gevoede bomen is het effect wisselvallig, waarbij aan een mogelijk gunstige invloed van door ureum veroorzaakte lichte groeiremming wordt gedacht.

De stikstofbehoefte bij appels op M.9 en bij peren in gras wordt na de aanloopjaren, afhankelijk van de concurrentie-omstandigheden, geschat op 250 à 400 kg N per ha, bij appels op matig sterke onderstam op 150 à 250 kg N.

9 De stikstofhuishouding bij toepassing van grasstroken

De tegenwoordig meest toegepaste bodembehandeling houdt de boomstrook gedurende een groot deel van het jaar met chemische middelen onbegroeid. Het gras van de rijstrook wordt doorgaans zo gemaaid, dat het grotendeels op de boomstrook terecht komt.

In beide stroken wijkt de stikstofhuishouding af van die in geheel zwart gehouden (7) respectievelijk met gras begroeide grond (8) door voor het strokensysteem karakteristieke omstandigheden: het mulchen, relatief zwaar bemesten en niet meer bewerken van de boomstrook en het relatief licht bemesten en niet mulchen van de grasstrook. Daardoor moet de boomstrook als een uitgesproken stikstofrijk, de grasstrook als een tamelijk stikstofarm milieu worden beschouwd.

De praktijk kent een grote variatie in de breedte van boom- en grasstroken en in de horizontale uitbreiding van de wortels. Dan rijzen de vragen, of de bomen voldoende stikstof kunnen opnemen als ze die voornamelijk moeten betrekken uit de onbegroeide strook, welke betekenis de wortelverdeling daarbij heeft, en welke eisen aan de beschikbaarheid van stikstof in zowel de boom- als de grasstrook moeten worden gesteld.

9.1 Stikstof in de boomstrook

Een belangrijk gevolg van de chemische onkruidbestrijding is, dat de boomstrook niet meer wordt bewerkt. Hierdoor wordt de bewortelbare bodem aan de bovenkant vergroot met een ca 6 cm dikke laag die rijk is aan voedingsstoffen en sterk wordt doorworteld (Hoekstra & Wallenburg, 1967).

Een onderzoek bij Golden Delicious op M.9 (rivierklei) liet dan ook zien, dat de 0–10 cm laag in de boomstrook gemiddeld 5 dunne wortels per dm^2 bevatte, in de grasstrook 1–2. Bovendien reikten de wortels in de boomstrook tot in de laag 1–2 cm, waar ze onder het gras ontbraken.

In een proef met achtjarige Cox's Orange Pippin werd de betekenis van de bewortelling in de bovengrond voor de stikstofvoorziening aangetoond. Fig. 68 laat zien, dat het stikstofgehalte van het blad afnam naarmate door de grondbewerking op de boomstroken meer wortels werden vernietigd. Bij voortzetting van de proef in 1971 bleven overeenkomstige verschillen gehandhaafd. Het effect op de stikstofvoorziening zal bovendien iets sterker zijn geweest dan uit de bladanalyse blijkt: de grondbewerkingen veroorzaakten ook een sterke daling van het kaligehalte in het blad, wat antagonistisch een stijging van het N-gehalte in de hand werkt.

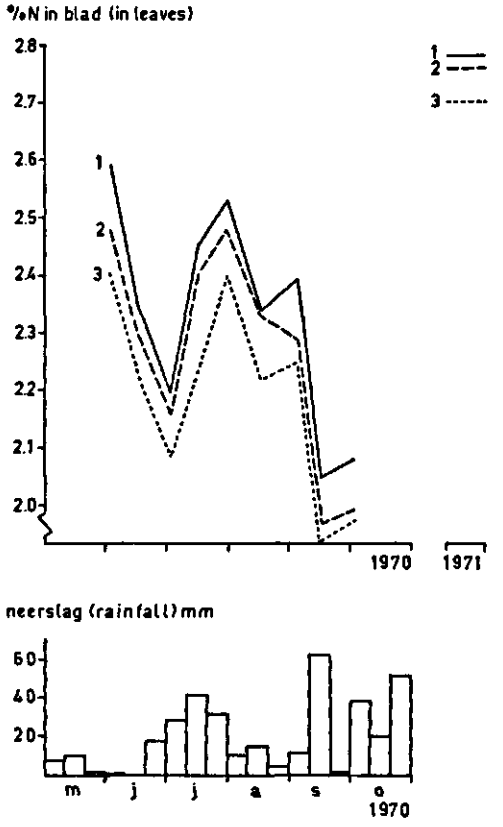


Fig. 68. De invloed van grondbehandeling op de boomstrook, en van neerslag, op het stikstofgehalte in het blad bij Cox's Orange Pippin op M.9 in een grasstrokencultuur met tot 1969 chemische onkruidbestrijding op de boomstroken:
1. voortgezette chemische onkruidbestrijding, geen grondbewerking
2. idem na frezen tot 6 cm op 6/5 '70
3. idem na spitten tot 15 cm op 14/5 '70.
1971: gemiddelden van twee bemonsteringen (7/7 en 24/8).

Fig. 68. The influence of tillage on the tree strip, and that of precipitation on the foliar N content of Cox's Orange Pippin (on M.9) in a grass-strip culture, treated with a herbicide on the tree strips until 1969:
1. herbicide treatment continued, no tillage
2. ditto after rotary tillage down to 6 cm on 6-5-'70
3. ditto after digging to 15 cm on 14-5-'70.
1971: averages of two samples (7-7 and 24-8

Door de bewerkingen gingen ook de opbrengsten achteruit: in 1970 werd bij 1, 2 en 3 respectievelijk 36,0–31,6 en 27,6 kg per boom, in 1971: 45,6–43,2 en 39,5 en in 1972: 20,7–17,4 en 15,9 kg geplukt. Deze duidelijke reactie moet vooral worden toegeschreven aan vernietiging van in de bovengrond aanwezige wortels en aan de daardoor verminderde beschikbaarheid van bodemvocht (zomerregen), een factor die op deze tot slechts 60 à 70 cm bewortelbare grond een grote rol speelde.

In een andere proef, te Oosthuizen, werd bij in 1966 geplante Cox's Orange Pippin op M.9 sedert dat jaar chemische onkruidbestrijding (zonder grondbewerking op de boomstrook) vergeleken met frezen tot 6 à 7 cm. De analyse van in begin augustus bemonsterd blad leverde, gemiddeld over 1968–1971 (derde tot zesde groeijaar) gegehalten op van respectievelijk 2,49 en 2,47% N. De opbrengsten bedroegen tot en met 1970: 51,0 en 47,8 kg, in 1971: 23,0 en 22,8 kg en in 1972: 18,2 en 17,1 kg per boom.

De reactie op het frezen was hier dus minder duidelijk dan bij de vorige proef, wat aan de betere bodemomstandigheden moet worden toegeschreven: het betrof hier een sterker humushoudende, dus ruim stikstofleverende en tevens dieper bewortelde kleigrond, dan bij Wilhelminadorp. Ook kan een geleidelijke aanpassing van het ge-

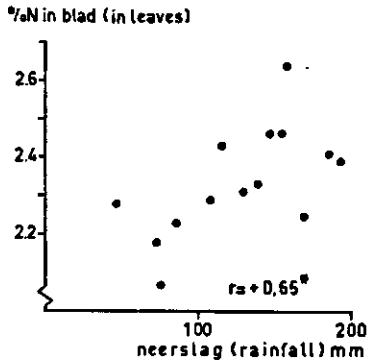


Fig. 69. Neerslag tussen 50 en 10 dagen voor de bemonstering en stikstofgehalte van het bladmonster. Golden Delicious op M.9, 1964–1970, r = +0,65*.

Fig. 69. Precipitation between 50 and 10 days before sampling, and N content in leaf sample. Golden Delicious on M.9, 1964–1970, r = +0,65*.

was aan het frezen door diepere wortelontwikkeling hebben plaats gevonden.

Bij het niet bewerken van de boomstrook, wat leidt tot oppervlakkige beworteling, komt meer van de neerslag in voorjaar en zomer aan het gewas ten goede. Aangezien herbevochtiging, na droogte, van bewortelde bodemlagen leidt tot verbetering van de stikstofopname, en zomerneerslag gewoonlijk niet diep indringt, kan worden verwacht dat bij niet bewerken van de grond grotere met de neerslag samenhangende fluctuaties in het N-gehalte van het blad zullen optreden dan bij frezen of spitten. Hoewel uit Fig. 68 (zie ook Fig. 38) duidelijk blijkt, dat na een regenperiode een stijging van het N-gehalte volgt, is het verschil in reactie tussen niet (1) en wel (2,3) bewerkte veldjes toch zeer gering: ook bij tot 15 cm diepte vernietigen van de wortels (3, spitten) reageerde het gewas nog duidelijk op de neerslag. Vermoedelijk dringt bij zware buien toch nog een vrij groot deel door de niet gesloten liggende gespitte laag in de ondergrond, waarbij inspoeling van stikstof uit de bovengrond plaats vindt.

Dat de invloed van zomerneerslag op de stikstofvoorziening groot is bleek tenslotte nog uit gegevens van twee proefvelden, met chemische onkruidbestrijding op de boomstrook te Wilhelminadorp en in de Wilhelminapolder (Fig. 69). Doordat het vochtgehalte van de grond en de reactie van het gewas daarop de neerslagverdeling vertraagd volgen, werd de sterkste correlatie gevonden met de neerslag tussen 50 en 10 dagen vóór de bemonstering. De reactie berust misschien ten dele op versterkte mineralisatie door neerslag na droogte, maar moet vooral worden verklaard door grotere mobiliteit van nitraat-stikstof. Daarnaast kan versterkte opname door tijdelijk stikstof-gebrek een rol spelen (verg. 4.2).

Door de thans veelal gebruikte cirkelmaaier wordt, bij gelijke breedte van de stroken, naar schatting drievierde van het gemaaide gras op de boomstrook gebracht. Tabel 29 geeft een indruk van de hierin aanwezige voedingsstoffen. Bij sommige fruittelers bestaat de neiging de stikstofbemesting overwegend op de boomstrook te brengen, zodat minder gras wordt geproduceerd, de maaifrequentie vermindert en minder kali op de boomstrook wordt gebracht waardoor de kans op stip kleiner wordt (Delver & Van Rooyen, 1972).

In een normale situatie, bij breedwerpige bemesting, zal met het gras ca 150 kg N

Tabel 29. Belangrijkste minerale bestanddelen in de jaarlijks geproduceerde droge stof van een strook veldbeemdgras in kg per ha grasoppervlakte bij verschillende stikstofbemesting (Wilhelminapolder).

	Periode	Bemesting (Dressing) in kg per ha			
		0	120	240	360
Droge stof/Dry matter	1964–1968	2735	5704	7160	8411
N	1964–1968	68	193	269	331
K_2O	1967–1968	105	185	260	283
MgO	1967–1968	8	13	19	20
P_2O_5	1968	34	53	63	63
CaO	1968	31	53	72	76

Table 29. Most important mineral constituents in dry matter produced annually on a strip of smooth stalked meadow grass, in kg per ha, at different levels of nitrogen dressing (Wilhelminapolder).

per ha per jaar op de boomstrook terecht komen. Een deel van de mulch verteert snel, afhankelijk van de weersomstandigheden, en vormt nog in hetzelfde seizoen een stikstofbron voor de bomen. Een veel groter deel van de stikstof komt echter pas langzamer ter beschikking, wordt ingebouwd in de humus, door bacteriën vastgelegd of gaat door uitspoeling en denitrificatie verloren.

Uit Fig. 37 (7.1) volgt, dat het humusgehalte van de bouwvoor van een flink gemulchte boomstrook (5000 kg droge stof per ha) tendeert naar een niveau dat na 20 jaar minstens 1% hoger ligt dan dat van een zwart gehouden grond zonder extra toediening van organische stof, althans wanneer humusopbouw en -afbraak het door Kortleven (1963) geschetste gemiddelde beeld volgen. Daardoor kan voor de 0–20 cm laag (dus afgezien van de snelle vertering) op den duur worden gerekend op een extra nalevering van minstens 20 kg N per ha per jaar.

De betekenis van het mulchen op de boomstrook voor de stikstofvoorziening van de vruchtboom kan slechts ten dele worden afgeleid uit de gegevens van de maaimethodenproef in Tabel 26, waarin alle combinaties van de volgende behandelingen werden toegepast:

1. maaien van de 2 m brede grasstrook met de cirkelmaaier of met de messenkooi (mulch op de boomstrook respectievelijk de grasstrook);
2. het onbemest laten van de 2 m brede boomstrook of een bemesting van 120 kg N per ha;
3. bemesting van de grasstrook met 0, 300 of 5 × 60 kg N per ha.

Het bleek daarbij, dat het cumulatieve effect van het zelf-mulchen bij gebruik van de messenkooi op den duur ca 45% meer stikstof in het gemaaide gras teruggaf dan bij ongemulcht gras. Dit ging gepaard met een doorgaans 30–50% grotere grasproduktie (Fig. 55). Hier was echter sprake van een goed gesloten roulatiesysteem waarbij weinig stikstof door uitspoeling verloren ging, een deel waarschijnlijk meer dan één keer kon rouleren, en de opname door graswortels efficiënt verliep. Men mag niet

verwachten, dat de invloed van mulchen op de boomstrook op de stikstofvoeding van de vruchtboom zo sterk zal zijn.

Uit de resultaten van grondonderzoek aan het einde van zeven proefjaren (Tabel 30) bleek, dat het mulchen gemiddeld een lichte stijging van het N-totaal op de boomstrook had gegeven. Bij een volumegewicht van 1,4 komt dit, gemiddeld over de drie bemestingen, voor de 0–5 cm en 5–20 cm lagen gezamenlijk neer op 186 kg N per ha méér dan bij gebruik van de messenkooi. Uit Tabel 26 kan verder worden berekend, dat in deze proef de jaarlijkse over alle grasbemestingen gemiddelde hoeveelheid stikstof in het bij cirkelmaaien geproduceerde gras 168 kg N per ha bedroeg (1970 uitgezonderd). Over 7 jaar zal dan 7 × ¾ × 168, dus ongeveer 880 kg N naar de boomstrook zijn gebracht. Hiervan werd in de 0–20 cm laag 186 kg, dus 21%, in de stijging van het N-totaalcijfer teruggevonden.

Voor de 0–5 cm laag van de grasstrook wijst het gemiddeld wat grotere verschil tussen beide maaimethoden op een iets sterker effect van het mulchen op gras, dus op minder stikstofverlies bij gebruik van de messenkooi.

Ook het gehalte aan organische stof reageerde al op de behandelingen: 0,433 en 0,067% méér in de 0–5 en 5–20 cm laag van de zwarstrook, gemiddeld over drie bemestingen, wat gelijk staat met 0,158% méér in de gezamelijke 0–20 cm laag. Dit was het gevolg van de toevoer van organische stof op de boomstrook, welke op grond van de gegevens van de grasproduktie in deze proef op jaarlijks ¾ × 4350 = 3260 kg per ha werd geschat. Volgens de formule Hénin-Dupuis-Kortleven (7.1, Fig. 37) had hierdoor na 7 jaar een verschil van 0,30% organische stof in de 0–20 cm laag mogen worden verwacht. De invloed van het mulchen op het gehalte aan organische stof

Tabel 30. N-totaal en gehalte aan organische stof van de 0–5 en 5–20 cm bodemlagen na 7 jaar maaien met de cirkelmaaier en met de messenkooi, bij verschillende bemesting van de grasstrook (december 1971).

Kg N per ha op grasstrook on grass strip	Cirkelmaaier/Rotary mower				Messenkooi/Lawn mower			
	boomstrook tree strip		grasstrook grass strip		boomstrook tree strip		grasstrook grass strip	
	0–5 cm	5–20 cm	0–5 cm	5–20 cm	0–5 cm	5–20 cm	0–5 cm	5–20 cm
N-totaal/Total N, in %:								
0	0,16	0,12	0,24	0,13	0,15	0,12	0,27	0,13
300	0,17	0,12	0,29	0,13	0,15	0,12	0,30	0,13
5×60	0,18	0,13	0,28	0,14	0,16	0,12	0,32	0,14
Organische stof/Organic matter, in %:								
0	2,7	1,9	5,3	2,1	2,3	2,0	5,9	2,3
300	3,0	2,0	5,2	2,1	2,5	1,8	5,5	2,3
5×60	3,1	2,1	5,4	2,3	2,7	2,0	6,3	2,5

Table 30. Total N and organic matter content of the 0–5 and 5–20 cm soil layers after 7 years mowing with the rotary mower (mulching on the tree strips) and with the lawn mower (grass remaining on the grass strips) at different levels of dressing for the grass (December 1971).

van de boomstrook was in werkelijkheid dus veel kleiner, wat op sterke afbraak van organische stof in de mulch wijst.

Een overeenkomstige berekening van het mulch-effect op de grasstrook (messenkooi, Tabel 30) laat een stijging bij de droge organische stof in de 0–20 cm laag zien van gemiddeld 0,30% (0,60% in de 0–5 cm, 0,20% in de 5–20 cm laag). De jaarlijks gemiddelde grotere toevoer van droge stof bedroeg hier 5250 — $\frac{1}{4}$ × 4350 = 4163 kg (grasproduktie bij gebruik van de messenkooi, verminderd met dat deel van de produktie bij de cirkelmaaier dat niet op de boomstrook terecht komt). Hierdoor had volgens de bovengenoemde formule na 7 jaar een verschil met niet-mulchen van 0,39% mogen worden verwacht. Het effect van mulchen is op de grasstrook dus veel groter dan op de boomstrook, wat op een minder sterke afbraak van de mulch wijst.

De reactie van de stikstofgehalten in het blad, gemiddeld over het 2e tot 8e groeijaar (Tabel 31), laat zien dat de bemesting op de boomstrook het duidelijkst effect heeft gehad. Daar dit echter voor een deel in verband staat met de jeugd van de bomen in de eerste jaren van de proef (de wortels bevinden zich dan grotendeels nog in de boomstrook) werd voor de drie eerste jaren de verhoging door deze bemesting apart berekend; ze bedroeg 0,17%, die over de vier laatste nog slechts 0,06%. In overeenstemming hiermee nam het effect van bemesting op de grasstrook (300 en 5 × 60 kg N) toe: berekend werd dat dit 0,02% bedroeg in de drie eerste jaren en 0,08% N in de vier laatste jaren (hierin komt de uitbreiding van de wortels onder de grasmat en wellicht ook enigszins een cumulatief mulch-effect tot uitdrukking).

De invloed van het mulchen op de boomstrook is, strikt genomen, alleen uit het verschil tussen maaimethoden meetbaar zolang de wortels zich nog overwegend in deze strook bevinden. Zodra ze zich tot onder de grasstrook uitstrekken komt er een mulch-effect op de grasstrook bij. Zo was het stikstofgehalte bij gebruik van de cirkelmaaier alleen in de beide eerste jaren duidelijk hoger (0,07% N) dan bij de messenkooi. Gemiddeld over de vijf laatste jaren was dit verschil nihil (0,01% N).

Wordt over de twee eerste jaren (in verband met de worteluitbreiding) het effect

Tabel 31. Stikstof in het blad bij twee maaimethoden en verschillende bemesting op gras- en boomstrook, gemiddeld over 7 jaar (Golden Delicious op M.9).

Kg N per ha op grasstrook on grass strip	Kg N per ha op boomstrook/on tree strip				gem./ av.
	0		120		
	cirkelmaaier rotary mower	messenkooi lawn mower	cirkelmaaier rotary mower	messenkooi lawn mower	
0	2,17	2,14	2,30	2,28	2,22
300	2,23	2,23	2,32	2,28	2,27
5×60	2,24	2,22	2,36	2,31	2,28
gem./av.	2,21	2,20	2,33	2,29	

Table 31. Nitrogen in the leaves with two mowing methods and different dressings on grass and tree strip; averages over 7 years (Golden Delicious on M.9).

van bemesting met 120 kg N per ha op de boomstrook bij gebruik van de messenkooi (0,14% N) vergeleken met dat van mulchen op niet bemeste boomstroken (0,02% N), dan komt men tot de conclusie dat de na het maaien snel vrijkomende stikstof uit de mulch slechts een zeer bescheiden stikstofbron vormt, te vergelijken met het effect van ca 15–20 kg stikstof uit kunstmest. Op den duur kan dit, door het mede van betekenis worden van de afbraak van de vergrote humusvoorraad, misschien toenemen tot 30 à 35 kg N per ha, wat overeen komt met slechts ca 20% van de jaarlijks met het gras op de boomstrook gebrachte stikstof.

Uit de gegevens in Tabel 31 komt verder nog naar voren, dat het verschil tussen de cirkelmaaier en de messenkooi op bemeste boomstroken gemiddeld groter was (0,04%) dan op onbemeste (0,01% N). Dit moet vermoedelijk aan een betere opneembaarheid van de kunstmeststikstof in gemulchte grond (hoger vochtgehalte) worden toegeschreven.

Tenslotte geeft Tabel 32 een indruk van in een andere proef door het mulchen ontstane verschillen in hoeveelheden nitraat in de bewortelingslaag van boomstroken. Door de bemesting op de grasstrook zijn toenemende hoeveelheden gras geproduceerd welke door de cirkelmaaier op de boomstroken werden gebracht. Ter vergelijking zijn ook gegevens vermeld van veldjes waarvan de boomstrook praktisch geen mulch en 240 kg N per ha als kalkammonsalpeter ontving (17/2).

Het effect van toenemende hoeveelheden mulch, dus stikstof, is duidelijk. Het ging in dit achtste proefjaar vooral om snelle vertering uit vers gras, daarnaast om langzame vertering uit de inmiddels toegenomen bodemhumus. De gehalten aan het begin van het seizoen zijn het gevolg van residuen uit het voorgaande droge jaar, die in de droge winter daarna weinig uitspoelden. De mineralisatie was bij de lage grasprodukties maximaal in april tot juni. Bij de hoge produkties vond aanvankelijk enige uitspoeling van residuen plaats. Hierdoor, en doordat de grasgroei zich over een langere periode uitstrekte, werden maximale concentraties hier wat later aangetroffen (mei-juli en later).

Tabel 32. Verloop van het nitraatgehalte in de wortelzone van gemulchte boomstroken in 1972 bij sedert 1965 verschillende bemesting. Proef met in 1963 geplante peren (Wilhelminadorp).

Kg N per ha op/on		Kg NO_3-N per ha in laag 0–60 cm Nitrate-N in kg per ha in 0–60 cm layer										
grasstrook grass strip	boomstrook tree strip	15/2	6/3	28/3	24/4	15/5	6/6	26/6	17/7	14/8	4/10	gem. av.
0	240	41	202	308	205	195	290	299	430	312	196	248
0	0	8	13	9	15	19	14	12	7	7	6	11
90	0	14	15	18	19	22	28	18	11	9	7	16
180	0	23	22	22	27	26	37	31	22	21	10	24
270	0	29	27	34	26	32	51	44	43	36	28	35
360	0	43	44	40	31	38	65	54	88	49	87	54

Table 32. Nitrate content during 1972 in the root zone of mulched tree-strips in 1972 in a pear orchard planted in 1963 and dressed with nitrogen since 1965 (Wilhelminadorp).

Uit de gemiddelden blijkt, dat de teruggevonden hoeveelheden nitraat meer dan evenredig toenamen met de bemesting op het gras: vergeleken met onbemest verhoogde 90 kg N per ha de concentratie in de boomstrook met slechts 5 kg N, vergeleken met 270 kg was dit 19 kg N per ha. Deze toename was het gevolg van sneller vrijkomen van stikstof uit zwaar bemest gras.

De invloed van mulch op het nitraatgehalte van de boomstrook, hoewel duidelijk, bedroeg slechts een fractie van die van bemesting: 360 kg N op het gras verhoogde dit met 43 kg N, bemesting met 240 kg N had echter een stijging van ca 240 kg N per ha tot gevolg. Dit resultaat doet wederom veronderstellen, dat de bijdrage van mulch tot de stikstofvoeding van de boom slechts bescheiden is. De continuïteit van dit aanbod (vooral bij stikstofrijke mulch) mag hierbij echter niet uit het oog worden verloren: een bescheiden stikstofbron kan daardoor toch een belangrijke ondersteuning van de verschillende opbrengstbepalende kenmerken vormen (zie ook 5.1).

Tegenover het niet bewerken, de relatief zware bemesting en het mulchen, welke de stikstofrijkdom van de boomstrook in de hand werken, staat de invloed van vervuiling met onkruid. Verwaarlozing of vroegtijdig staken van de bestrijding kan laat in het seizoen een daling van de stikstoftoestand van het gewas veroorzaken. Bij een onderzoek op Zuid-Beveland werd in 43 Golden Delicious-aanplantingen de mate van vervuiling van de boomstroken en de agressiviteit van dit onkruid begin september 1967 vastgesteld: bij een vervuilingsgraad 0–50% bedroeg het stikstofgehalte in de bladeren 2,25%, bij ernstige vervuiling (85%) was dit 2,15%.

9.2 Stikstof in de grasstrook

Er zijn verschillende redenen om aan te nemen, dat de grasstrook een voor de vruchtboom duidelijk stikstofarm milieu betekent. Ze wordt meestal ingezaaid waardoor ze, vergeleken met een natuurlijke mat van bijvoorbeeld straatgras en onkruiden, relatief sterk concurreert (8.3). Bovendien komt het gemaaide gras in hoofdzaak op de boomstrook terecht, waardoor de vermindering van concurrentie door het zelfmulchen, zoals waargenomen in boomgaarden met volvelds gras (8.3, Fig. 52), veel minder sterk is. Er bestaat in de praktijk tegenwoordig echter een neiging om het gras op de grasstrook te laten in verband met de door het mulchen op de boomstrook vergrote kans op stip (Delver & Van Rooyen, 1972).

De belangrijkste oorzaak voor de stikstofarmoede onder het gras is echter, dat geen rekening wordt gehouden met de grote stikstofbehoefte van dit gras zoals die is vastgesteld voor boomgaarden met volvelds gras (8.5).

De bemesting bedraagt tegenwoordig een 100 tot 150 kg N per ha boomgaard; in verband met de besparing op snoei- en maaiarbeid en met het oog op te sterke groei en door mulch onder de bomen vergrote nachtvorstrisico's gaat men hier en daar nog verder omlaag. Als dan van de totale gift, zoals steeds meer gebeurt, tweederde tot drievierde op de boomstrook wordt gebracht, bedraagt de bemesting hier 150 tot 200, die op het gras 100 kg N of minder per ha. Welke verschillen in stikstof-

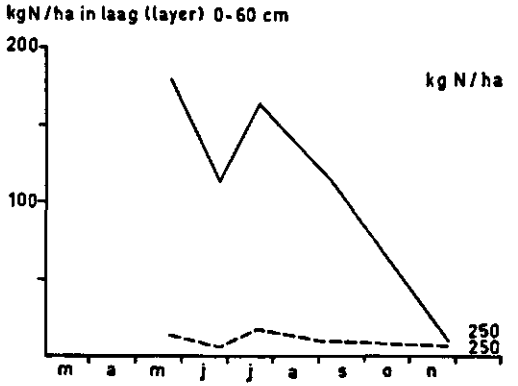


Fig. 70. Nitraatconcentratie in de wortelzone onder appels in onbegroeide boomstrook (——) en in grasstrook (----) beide bemest met 250 kg N/ha (2/3 op 10/3, 1/3 op 4/4). Wilhelminadorp, 1960 (natte zomer).

Fig. 70. Apple orchard: nitrate in root zone of clean-cultivated tree-strip (——) and under grass strip (----), both supplied with 250 kg N/ha (2/3 on 10-3, 1/3 on 4-4); 1960 (wet summer).

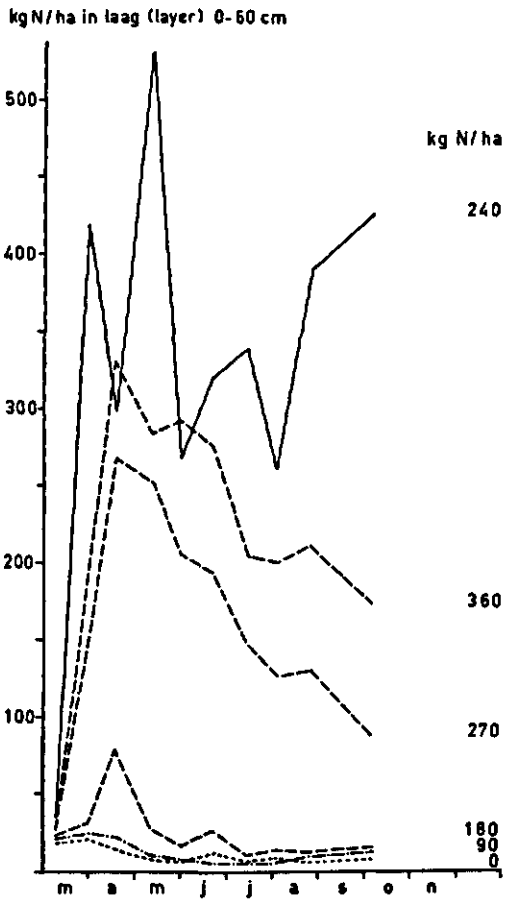


Fig. 71. Nitraatconcentraties in de wortelzone onder peren in de bemeste onbegroeide boomstrook (——) en in de grasstrook, bij verschillende bemestingen (andere lijnen). Wilhelminadorp, 1971 (droog voorjaar en droge zomer).

Fig. 71. Nitrate in root zone under pears in fertilized clean-cultivated tree strip (——), and under grass strips, at different levels of dressing (other lines); 1971 (dry spring and summer).

concentratie daarbij kunnen ontstaan kan uit de grondanalysen van twee proeven worden afgeleid.

Bij die met appels (Fig. 70) werd breedwerpig 250 kg N per ha gegeven. De natte zomer van 1960 veroorzaakte uitspoeling van stikstof uit de boomstrook enerzijds en sterke opname door aanhoudende grasgroei anderzijds.

Bij de tweede proef, met peren (Fig. 71), kreeg de boomstrook 240 kg N per ha (10 maart), het gras opklimmende gedeelde giften (10 maart, 7 april en bij de hoogste gift tevens 5 mei). De veel hogere concentraties in de boomstrook in vergelijking met die van Fig. 70 moeten worden verklaard uit het veel drogere jaar, waardoor minder in- en uitspoeling plaats vond, en uit enig effect van stikstofresiduen uit vroegere bemesting en mulch (zie 9.1, Tabel 32, gegevens uit dezelfde proef). De opname door het gras was ook minder sterk geweest dan in 1960.

Beide voorbeelden laten zien, dat bij de tegenwoordig gebruikelijke bemesting onder de grasstrook vrijwel het gehele seizoen zeer lage, duidelijk suboptimale stikstofconcentraties heersen (vergelijk Fig. 49), terwijl die in de boomstrook zeker het tienvoudige kunnen bedragen. Door het hogere vochtgehalte is de toestroming van nitraat naar de wortels in de boomstrook bovendien sterker. Voor de verdere gedachtengang mag er daarom van worden uitgegaan, dat het fruitgewas veruit het grootste deel van de benodigde stikstof aan de boomstrook onttrekt.

9.3 Opname

Voor een theoretische benadering van de stikstofopname bij verschillen in rijkdom tussen delen van het wortelmilieu werd, evenals in 8.4.2, gebruik gemaakt van de door De Wit (1953) voor rijenbemesting met behulp van experimentele gegevens van eenjarige gewassen opgestelde compensatiefunctie.

Neemt men aan dat de compensatietheorie ook voor fruitgewassen geldt, dan komen bij toepassing op de grasstrokenteelt twee complicaties naar voren. De theorie gaat er namelijk van uit dat de omstandigheden voor opname in de gehele bewortelde zône (horizontaal) gelijk zijn, afgezien van (stikstof-) concentratieverschillen.

1. Hoewel X_r/X_b vrij goed lijkt te worden weergegeven door de verhouding tussen boomstrookbreedte en rijafstand moet, vooral bij jeugdige gewassen, grote rijafstanden en misschien bij peren, rekening worden gehouden met een beperkte worteluitbreiding onder de grasstrook. Bovendien is de wortelconcentratie in de boomstrook vooral in de laag 0–20 cm (9.1) veel hoger dan onder het gras. De verhouding X_r/X_b kan dan hoger uitvallen dan uit de boomstrookbreedte blijkt, waardoor de opname bij de strokenteelt wat gunstiger uitvalt. X_b moet daarbij worden gedefinieerd als de voor de N-opname voldoende intentief bewortelde oppervlakte.

2. Door het verschil in vochtgehalte en wortelconcurrentie moet voor de berekening van de opname bij de strokenteelt van verschillende bemesting-opnamefuncties voor volvelds zwart gehouden en voor met gras begroeide grond worden uitgegaan: in een breed tracé van giften is de opname bij gras aanzienlijk lager dan bij onbegroeide grond. Aangezien de compensatie plaats vindt in de onbegroeide boomstrook, be-

hoeft geen rekening te worden gehouden met het in 8.4.2 voor rijenbemesting op volvelds gras gevonden achterblijven van compensatie bij lage giften als gevolg van concurrentie.

In een model is het verband nagegaan tussen de opname door de vruchtboom en de relatieve overlapping van het wortelstelsel door onbegroeide grond (X_r/X_b) bij twee bemestingsmethoden en verschillende stikstofgiften (Fig. 72). Aangezien experimenteel bepaalde bemesting-opname-functies van vruchtbomen niet bekend zijn, moest voor breedwerpige bemesting in boomgaarden met geheel zwart gehouden en met gras begroeide grond uitgegaan worden van aangenomen verbanden die zo goed mogelijk overeenkomen met ervaringen uit het bemestingsonderzoek (7,8).

In 1, 2 en 3 zijn voor zwart gehouden grond curven getekend (z) die een lichte (1) en een matige (2 en 3) stikstofbehoefte veronderstellen. Bij weglaten van de bemesting blijft de opname slechts weinig achter bij het voor hoog producerende aanplantingen optimaal veronderstelde niveau van 80 kg N per ha (zie voetnoot 5, p. 133). Deze opname wordt al bereikt bij een bemesting naar 50 (1) en 100 kg N per ha (2 en 3).

Bij volvelds gras (g) blijft de opname bij lage giften sterk achter. In 1, 2 en 3 wordt respectievelijk lichte, matige en sterke concurrentie verondersteld, waarbij 200, 250 en 350 kg N per ha nodig is om de optimale opname van 80 kg N te bereiken. De curven zijn S-vormig als gevolg van de opname door het gras: bij lage bemesting komt slechts een klein deel van de gift aan de vruchtboom ten goede.

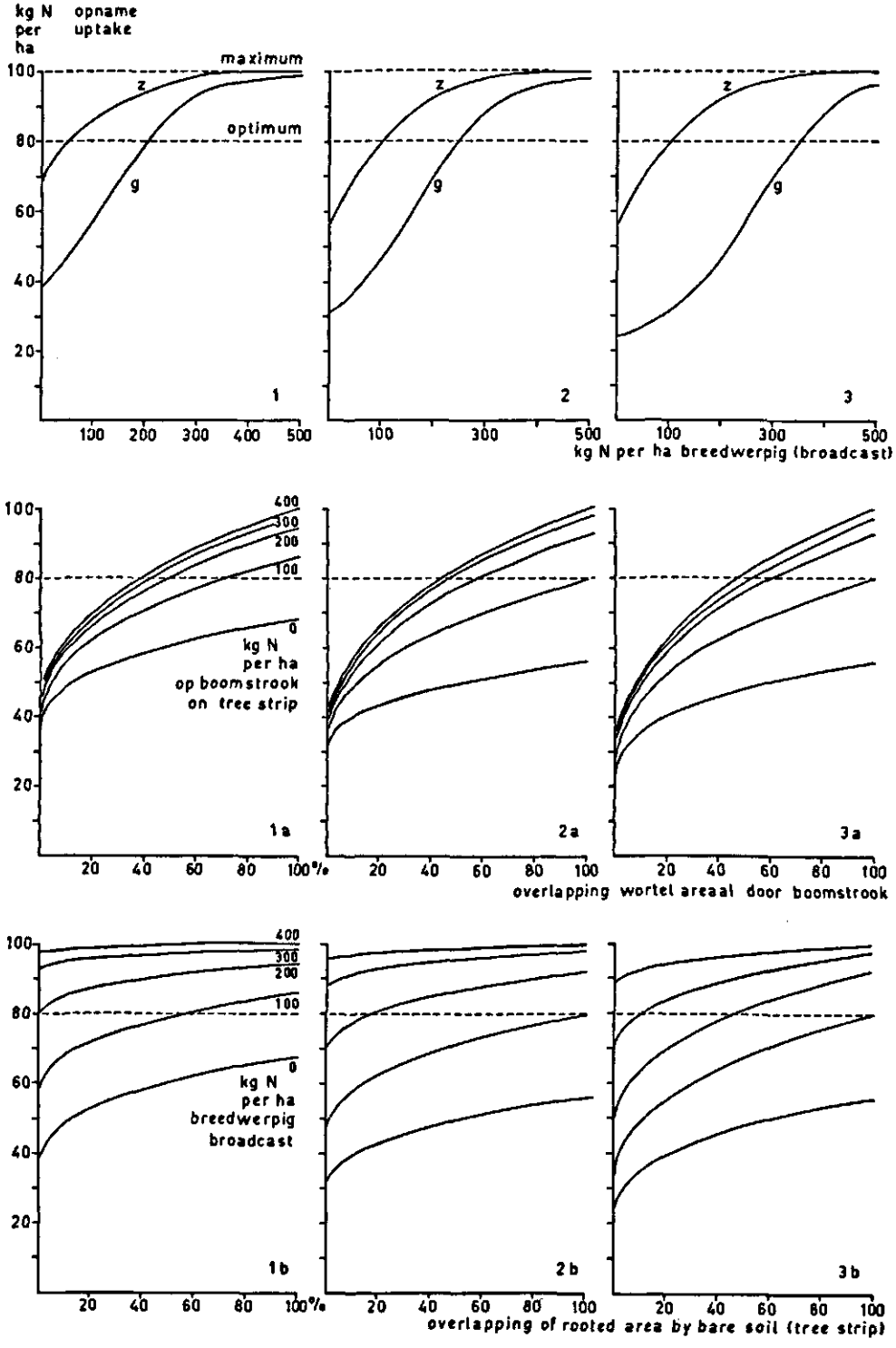
De maximale opname is op 100 kg N per ha gesteld. Deze wordt bereikt bij 350–400 kg N per ha in onbegroeide en bij 550–650 kg N in begroeide grond.

Met als uitgangspunt de situaties 1–3, die opklimmende stikstofbehoeften weergeven, is met behulp van de compensatiefactor de opname bij strokenteelt berekend bij 0, 100, 200, 300 en 400 kg N per ha bemeste oppervlakte, als alleen de boomstrook (1–3, a) en als breedwerpig wordt bemest (1–3, b).

De relatieve boomstrookbreedte komt tot uitdrukking in het door onbegroeide grond overlapte gedeelte van de intensief bewortelde oppervlakte ($100X_r/X_b$).

Uit de curven a kan worden afgelezen dat de vruchtboom, bij bemesting alleen op de boomstrook, al niet meer optimaal kan worden gevoed als minder dan 40–50% van het wortelareaal zich in de boomstrook bevindt, zoals bij volwassen aanplantingen met smalle boomstroken. Dit percentage berust echter grotendeels op de onderstelling (bij de curven 1–3) dat de maximale opname 25% hoger is dan de optimale. Is de luxe-consumptie groter dan daalt, is het kleiner dan stijgt het gewenste percentage van het wortelareaal. Het laatste ligt meer voor de hand, gezien het kleine verschil tussen maximaal en bij optimale bemesting aangetroffen stikstofgehalten in bladeren. Men zou bemesting op boomstroken dus alleen kunnen uitvoeren als deze vrij breed zijn. In de praktijk zal dit vaak wel meevallen, door de grote wortelconcentratie in de boomstrook.

In ieder geval blijkt dat een meer breedwerpige bemesting (1–3, b) noodzakelijker wordt naarmate de boomstroken smaller zijn. Door interpolatie kan uit de curven a worden berekend dat bij 50% van de wortels in de boomstrook, zoals veel voorkomt, bij 1, 2 en 3 respectievelijk 195, 271 en 333 kg N per ha boomstrook-oppervlakte, dus


kg N per ha
opname uptake
maximum
optimum
z
g
1
2
3
kg N per ha breedwerpig (broadcast)
400
300
200
100
0
kg N per ha op boomstrook on tree strip
1a
2a
3a
overlapping wortel areaal door boomstrook
kg N per ha breedwerpig broadcast
1b
2b
3b
overlapping of rooted area by bare soil (tree strip)

98, 136 en 167 kg N per ha boomgaard moet worden gegeven om 80 kg N per ha opname te bereiken. Bij breedwerpige bemesting (b) zou daarvoor 108, 155 en 190 kg N per ha moeten worden gegeven. De bemesting op de boomstrook leidt dan tot besparingen op het stikstofverbruik van slechts 10 à 14%. Bij een hoger percentage wortels in de boomstrook, b.v. 75%, neemt dit toe tot 13 à 17%, bij een lager percentage wordt de besparing nihil. Ook voor deze berekening geldt echter, dat de uitkomst afhangt van de hoogte van de luxe-consumptie. Is deze groter dan aangenomen, dan valt de berekende besparing groter uit. De Wit (1953) schatte de besparing door rijenbemesting voor stikstof op 25%, Prummel (1957) komt voor enkele landbouwgewassen tot 15 à 25%.

De curven a laten verder zien, dat de invloed van bredere boomstroken duidelijker in een grotere opname tot uitdrukking komt naarmate deze stikstofrijker zijn door betere bemesting of een groter stikstof-leverend vermogen van de grond. Bij breedwerpige bemesting heeft de boomstrook minder invloed op de opname naarmate zwaarder wordt bemest. Zo zal, bij 200 kg N per ha, een verbreding van de boomstrook tot 50% alleen duidelijk in een hogere opbrengst door meer opname tot uitdrukking komen als het stikstofleverend vermogen van de grond matig en de grasstrook sterk concurrerend is (3b). De invloed op de vochtvoorziening van het gewas wordt hierbij buiten beschouwing gelaten.

Bij stroken over de helft van de worteloppervlakte varieert de berekende stikstofbehoefte, afhankelijk van de omstandigheden, van 100 tot 200 kg N per ha. Dit komt goed overeen met ervaringen in bemestingsproeven.

De voorgaande conclusies gelden uiteraard alleen bij de gestelde uitgangspunten; over de stikstofbehoefte bij verschillende strookbreedten en bemestingen zijn geen gegevens uit veldproeven beschikbaar. Wel is, uit enkele hier kort te bespreken oriënterende proeven te Wilhelminadorp, enig inzicht verkregen in de invloed van de horizontale worteluitbreiding en de oppervlakte en stikstofrijkdom van onbegroeide grond op de stikstofopname.

De eerste proef had betrekking op in 1963 geplante peren (var. Beurré Hardy op kwee d'Angers, zavel). In maart 1965 werd hier, onder toediening van een lichte stikstofgift (50 kg per ha), volvelds veldbeemdgras gezaaid. Het gras werd daarna niet

Fig. 72. Aangenomen bemesting-opname-functies voor hoog-producerende appelboomgaarden op M.9 bij breedwerpige bemesting op volvelds gras en op zwart gehouden grond (1–3, g en z), en de daaruit afgeleide opname-functies bij grasstrokenteelt met bemesting op de boomstroken (a) of breedwerpige bemesting (b). Boomstrookoppervlakten in procenten van intensief bewortelde oppervlakte.

Fig. 72. Assumed fertilizer rate – uptake functions for high cropping apples on M.9 in orchards with full grass sward (g) and in clean-cultivated orchards (z) with broadcast N (1–3). Other curves: derived functions according to the compensation formula

$U_r/U_b = (X_r/X_b)^{0.44}$

(De Wit, 1953), for grass-strip orchards fertilized either solely on the tree strip (a) or broadcast (b). Surfaces of the tree strips: percentages of total densely rooted area.

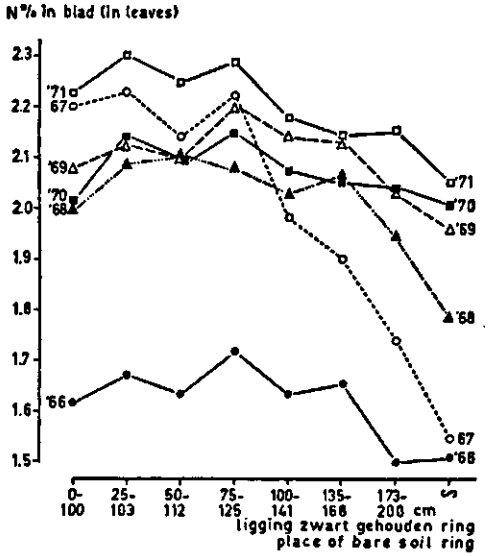


Fig. 73. Invloed van ringvormig in gras uitgespaarde onbegroeide grond (3,14 m²), op verschillende afstand van de stam, op het stikstofgehalte van Beurré Hardy (∞ = geen ring).

Fig. 73. Nitrogen content in leaves of Beurré Hardy as influenced by ring-shaped areas (3.14 m²) of clean-cultivated soil in grass sward at different distances from the stem (∞ = no ring).

meer bemest. De bomen vertoonden al in de herfst van 1965 duidelijk stikstofgebrek. In juli 1966, het vierde groeijaar, werd rondom een aantal van deze bomen een ringvormig oppervlak van 3,14 m² tot 15 cm gespit (aan de randen 5 cm extra in verband met randwerking door het gras) en daarna met herbiciden onbegroeid gehouden. De ringen lagen opverschillende afstand van de bomen (elke afstand 5 bomen). Aanvankelijk werden ze niet bemest; in 1969 en 1970 kregen ze 50 kg N per ha, in 1971 250 kg.

In de jaren 1966–1971 werd het stikstofgehalte van het blad bepaald. De verschillen tussen de ringen moeten aan de aanwezigheid en dichtheid van wortels op verschillende afstand van de stam worden toegeschreven. Daarnaast heeft afname van de concurrentie door het gras een rol gespeeld.

Fig. 73 laat zien, dat de reactie op de gedeeltelijke opheffing van de concurrentie in 1966 zes weken na het spitten nog zwak was. Op grote afstand van de ring tot de stam (173–200 cm) kwam dit, doordat het wortelstelsel zich horizontaal nog niet voldoende had uitgebreid. De iets zwakkere reactie op korte afstand van de stam kan in 1966 misschien aan beschadiging van wortels worden toegeschreven; in latere jaren zal deze factor geen rol meer hebben gespeeld. Hoewel de verschillen na 1967 zijn afgenomen door vermindering van de concurrentie (vergelijk de bomen zonder ring), blijkt uit de gehalten bij de wijdste ringen dat er na 1966 tot omstreeks 1968 een iets verdere worteluitbreiding heeft plaats gevonden. Zelfs bij volwassen bomen (1969–1971) verminderde de opname echter al op grotere afstand dan ca 130 cm, wat zowel aan het ijler worden als aan een diepere ligging van de wortels moet worden toegeschreven.

De curven voor 1968–1970 en de opbrengstreactie (Fig. 74) suggereren tenslotte, dat de stikstofopname bij ringen op 50–125 cm van de stam iets groter is geweest dan bij ringen vlak bij de stam. Dit zou op een wat grotere activiteit kunnen wijzen, moge-

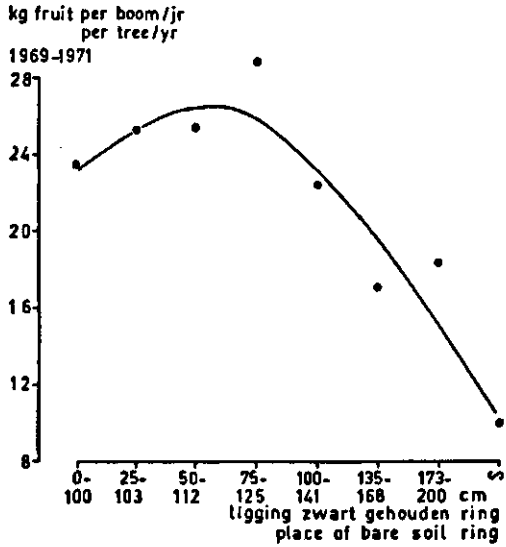


Fig. 74. Opbrengstreactie van peren in het 7e tot 9e groeijaar; uit de in Fig. 73 beschreven proef.

Fig. 74. Yield response of pears in the 7th to 9th year after planting; from the trial described in Fig. 73.

Fig. 75. Schema van een proef met onbegroeide schijf- en ringvormige oppervlakken in onbemest volvelds gras.

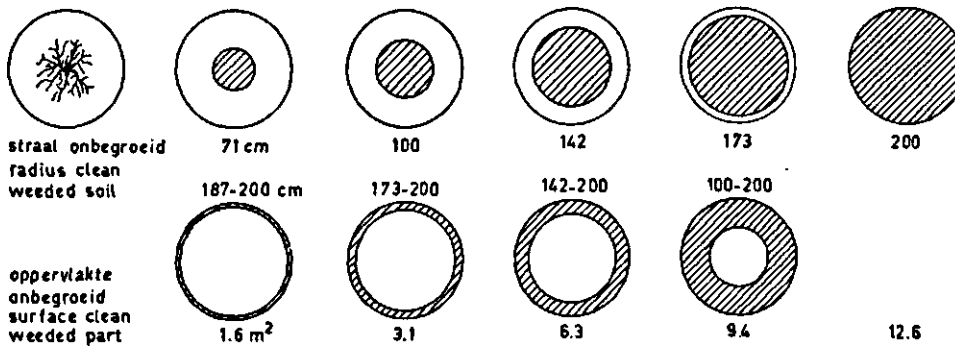


Fig. 75. Scheme of trial with disk and ring shaped areas (indicated by hatching) kept bare by chemical weed-control, the rest of the soil covered by unfertilized grass.

lijk als gevolg van een ondiepere ligging van de wortels op deze afstand. Bij de in praktijk veel toegepaste strookbreedte van 1 m ter weerszijden van de boomrij zal zich dan in de grasbaan een minder actief deel van de wortels bevinden dan in de boomstrook, althans bij peren.

Bij een tweede proef werden eveneens onbegroeide oppervlakken grond in een niet-bemeste grasmat gelegd (3 bomen per behandeling). Het proefras was hier Conference, de onderstam kwee d'Angers. Boomleeftijd, bemesting en overige omstandigheden waren dezelfde als bij de vorige proef. Het onderwerken van de grasmat vond plaats in maart 1966. Fig. 75 geeft een overzicht van de, in oppervlakte verschillende, onbegroeide 'schijven' en 'ringen'.

Fig. 76. Stikstof in pereblad (Conference) bij onbegroeid gehouden schijf- of ringvormige oppervlakken stikstofleverende grond in onbemest gras (zie Fig. 75). Gehalten bij bomen in volvelds gras (0 m²) en in grote schijven (12,6 m²) herleid tot het gemiddelde niveau van de jaren 1966–1971, andere punten geïnterpoleerd.

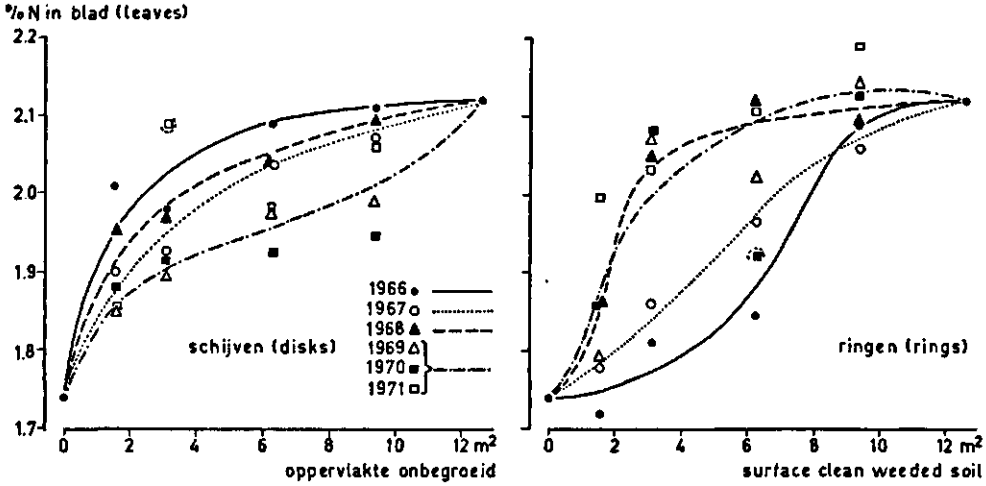


Fig. 76. Nitrogen in pear leaves (Conference) on soils with disk or ring shaped bare areas around the stem in unfertilized grass (see Fig. 75). Data for 0 m² (full grass) and for large disks (12.6 m²) converted into averages for 1966–1971, the others interpolated.

De verschillen in stikstofgehalte van de bladeren hadden hier een gecompliceerder oorzaak dan in de vorige proef, door de overlapping vanaf de stam (schijven) en vanaf de periferie van de wortels (ringen) met stikstofleverende grond van verschillende oppervlakte, waarbij in de loop van de jaren veranderingen optraden door de horizontale wortelgroei en de invloed van de behandelingen daarop. Om de gehalten onderling te kunnen vergelijken zijn de uiteinden van de curven herleid tot gelijk niveau (Fig. 76).

Doordat de proef werd uitgevoerd bij een veelal suboptimale stikstofvoorziening weerspiegelen de gehalten opname-curven van de typen 2a of 3a in Fig. 72 voor 'onbemest' en in 1971 voor 'bemest'. De opname bleef daarbij suboptimaal in het gehele overlappingsgebied van 0 tot 100%. Naarmate het verschil in stikstoflevering tussen onbegroeide en begroeide grond in de loop van de jaren afnam (door verminderend effect van de verterende graszode en concurrentie), ontstonden vlakkere gehalte- overlappingscurven, vooral in 1969 en 1970. Hierdoor kregen andere variatieoorzaken meer invloed, wat leidde tot een onregelmatiger spreiding van de punten.

De curve voor schijven in 1966 toont bijna geen reactie meer bij een straal groter dan ca 142 cm (6,3 m²). Daarbuiten bevonden zich toen blijkbaar slechts weinig wortels. In overeenstemming hiermee trad in dat jaar bij ringen een plotseling sterke reactie op bij afname van de binnenstraal van 142 tot 100 cm (9,4 m²).

Door horizontale wortelgroei wordt de mate van overlapping bij constante schijfafmeting allengs kleiner. Daardoor trad een daling van de stikstofgehalten op verge-

leken met die bij totale overlapping. Dit verklaart de in de loop van de jaren steeds vlakkere vorm van de curven voor schijven. Na 1968 heeft blijkbaar nog verdere horizontale wortelgroei plaats gevonden, aangezien de curve voor 1969–1971 een verdere daling vertoont (de relatief 'hoge' ligging van de punten voor 1971, ook bij ringen, vormt een complicatie veroorzaakt door de bemesting op de onbegroeide oppervlakte met 250 kg N per ha; vergelijk Fig. 72a, bemest ten opzichte van onbemest).

Bij ringen vindt het omgekeerde plaats: door wortelgroei neemt de overlapping juist toe. Daardoor krijgen de curven een steeds meer convexe vorm. Opvallend is bijvoorbeeld, dat zich in ringen tussen 200 en 142 cm (1,6, 3,1 en 6,3 m^2) in 1966 nog weinig, later blijkbaar veel meer wortels bevonden. Het is mogelijk, dat het stikstoffeffect nog werd versterkt door intensivering van de beworteling in deze ringen. In tegenstelling tot schijven is de situatie bij ringen na 1968 niet duidelijk veranderd: blijkbaar hebben nadien de wortels zich niet belangrijk uitgebreid. Bij schijven wel, wat erop kan wijzen, dat de horizontale worteluitbreiding bevorderd wordt door een goede stikstof-(vocht-) voorziening in de buurt van de stam gedurende de jeugdjaren.

In een derde proef is de invloed nagegaan van de stikstofrijkdom van boomstroken van verschillende breedte: bij in 1963 geplante peren (Bonne Louise d'Avranches op kwee d'Angers) werd, wederom van 1965 af, volvelds gras aangebracht. Van 1966 af werd dit niet bemest. In het voorjaar van 1967 werden 30, 60 en 120 cm brede boomstroken met herbiciden behandeld en in het voorjaar met verschillende hoeveelheden bemest (Fig. 77; 2 herhalingen met 2 bomen per veldje). De boomstroken waren al van het begin van de proef af geheel doorworteld. Fig. 77a laat zien, dat er in de

Fig. 77. Reactie van een jong gewas op verschillend bemeste boomstroken van 30 (●), 60 (△) en 120 (▲) cm breedte in onbemeste grasmat (○). Bonne Louise d'Avranches.

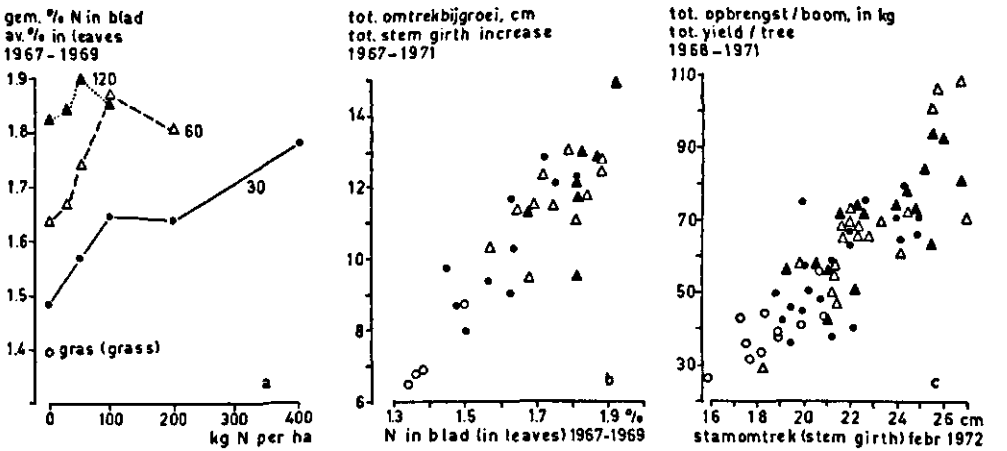


Fig. 77. Response of young trees to different nitrogen dressings on clean-weeded tree-strips 30 (●), 60 (△) and 120 (▲) cm wide and in unfertilized grass sward (○). Bonne Louise d'Avranches.

jaren waarin het gewas in produktie begon te komen (5e–7e groeijaar) een duidelijk verband bestond tussen het stikstofgehalte in het blad en de breedte en de bemesting van de boomstrook. In latere jaren werd dit verband verstoord door verschillen in dracht (beurtjaren) en verminderde concurrentie.

In overeenstemming met de curven van Fig. 72a moest, voor het bereiken van een redelijk hoog N-gehalte, op de boomstrook sterker worden bemest naarmate deze smaller was: bij 30 cm, waarbij de overlapping van het wortelareaal door onbegroeide grond, gezien de boomgrootte, hoogstens 20% zal hebben bedragen, leverde 400 kg N nog geen optimum, bij 60 en 120 cm werd dit bij veel lagere giften al overschreden. Brede boomstroken vormen dus op zichzelf al een belangrijke stikstofbron. De gegevens van de 60 en 120 cm brede stroken suggereren dat het hoogst bereikbare N-gehalte lager werd met afnemende strookbreedte, wat in overeenstemming is met Fig. 72a. Het is de vraag of, gezien de reeds hoge concentratie van 400 kg N per ha op de 30 cm strook, hier door nog zwaardere bemesting een belangrijk hoger gehalte zou zijn bereikt. Aangezien 1,9% N in blad van deze variëteit als optimaal wordt beschouwd (Delver & Pouwer, 1964), zou bij 60 cm (overlapping hoogstens 40%) al geen optimaal gehalte meer kunnen worden bereikt.

De voorgaande proeven, waarbij het gras niet werd bemest, bevestigden de indruk verkregen uit Fig. 72a, dat voor voldoende stikstofopname vrij brede boomstroken moeten worden toegepast. Op de onbegroeide grond kwam hierbij vrijwel geen gras terecht. In de praktijk wordt de rijstrook echter veelal ook bemest en het gemaaide gras wordt grotendeels op de boomstrook gebracht. Dit levert niet alleen stikstof (Tabel 32), maar ook een verbeterde fysische toestand van de grond (activiteit van regenwormen, vochtconservering).

Om enig idee te krijgen van het effect van bemesting op beide stroken werden bij een in 1963 geplante veldproef met peren (Conference en Doyenné du Comice op kwee d'Angers) te Wilhelminadorp sedert 1965 boom- en grasstroken (elk 2 m breed, veldbeemdgras) gemest: de eerste met 0 of 240 kg N per ha, de andere met 0, 90, 180, 270 en 360 kg (in gedeelde giften), alles in 4 tot 8 herhalingen met 4 bomen per veldje. Het gras werd door de cirkelmaaier grotendeels op de boomstroken gebracht.

In het vierde en vijfde groeijaar (1966 + 1967, Fig. 78), waarin de wortels zich nog grotendeels in de boomstrook zullen hebben bevonden, heeft het stikstofgehalte in het blad nog weinig op de bemesting van de grasstrook gereageerd, behalve bij weglaten van de bemesting op de boomstrook. Dit effect zal voor een groot deel door het mulchen op de boomstrook zijn verkregen (stikstof uit vertering, vochtconservering). In de latere jaren nam de invloed van stikstof op de grasstrook toe, mede door uitbreiding van het wortelstelsel onder het gras. Bij een ruime bemesting van de boomstrook verdwenen de verschillen. Met een zware gift op het gras kon hetzelfde gehalte worden bereikt als bij bemesting van de boomstrook.

Bij de fruitproduktie (Fig. 79) liggen de zaken iets anders. Daar biedt het produktiefste ras, Conference, door de kleinere variaties het meeste houvast. Bij de interpretatie moet men bedacht zijn op directe, indirecte en cumulatieve behandelingseffecten.

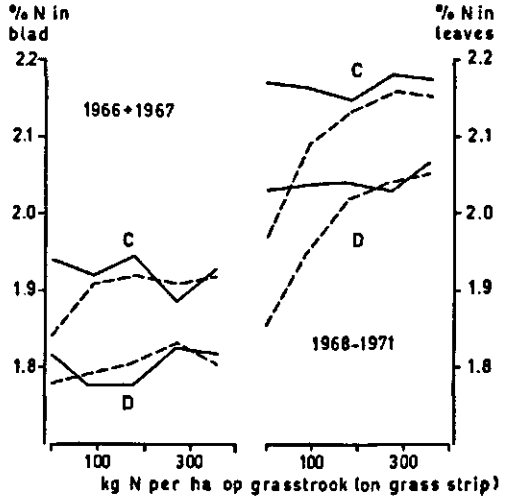


Fig. 78. Stikstofgehalte in blad bij Conference (C) en Doyenné du Comice (D) bij bemesting op de boomstrook naar 0 (----) of 240 (——) kg N/ha en verschillende bemesting op de grasstrook (Wilhelminadorp).

Fig. 78. Leaf-nitrogen percentage of Conference (C) and Doyenné du Comice (D) without dressing (----) and with 240 kg N/ha (——) on the clean-weeded tree-strips, together with various dressings on the grass strips.

In de eerste produktiejaren (1968–1970) gaven de veldjes met bemesting van de boomstrook steeds de hoogste opbrengst, ongeacht de bemesting van het gras. Omdat de bemesting al van 1965 af werd uitgevoerd en de opbrengst steeds duidelijk gecorreleerd was met de stamomtrek, zal dit een gecumuleerd effect van meer groei in de jeugdjaren zijn geweest: de bemesting van de boomstrook heeft als gevolg van de aanvankelijk nog beperkte worteluitbreiding enkele jaren langer gewerkt dan die op het gras. Men zou verwachten, dat deze voorsprong in latere jaren verdwijnt door het gesloten raken van de aanplant, maar bemesting op de boomstrook gaf ook in 1971 en 1972 (9e en 10e groeijaar) vrijwel steeds de hoogste opbrengst. Dit kan erop wijzen, dat een groot deel van het wortelstelsel van Conference in de boomstrook was gelegen, waardoor met bemesting van het gras niet dezelfde opname kon worden bereikt als met die van de boomstrook.

Het valt verder op, dat bemesting van het gras ook bij ruim stikstof op de boomstrook vrijwel steeds een opbrengstverbetering gaf. Er is hier vermoedelijk sprake geweest van een combinatie van effecten: opname door wortels onder het gras, vertering van mulch op de boomstrook welke meer stikstof levert naarmate meer en stikstofrijker gras wordt geproduceerd, en tenslotte vochtconservering die de opname in de boomstrook verbetert.

Hoewel uit de veel lagere en sterk variërende opbrengsten nauwelijks conclusies kunnen worden getrokken, lijkt de reactie van Doyenné du Comice af te wijken van die van Conference. Dit staat waarschijnlijk in verband met de sterkere groei: eind 1971 bedroeg de stamomtrek gemiddeld 37,1, van Conference 27,4 cm, met een toename in de periode 1967–1971 van 21,9 respectievelijk 15,9 cm. De wortelgroei en de uitbreiding onder de grasstrook zal bij Doyenné ook veel sterker zijn geweest. Hierdoor is het effect van de voorsprong door de groei in de jeugdjaren, bij bemesting op de boomstrook, van veel kortere duur geweest (1968 en 1969). Dat, in tegenstelling tot Conference, in latere jaren door bemesting van het gras dezelfde opbrengst kon

Fig. 79. Opbrengsten in de proef van Fig. 78.

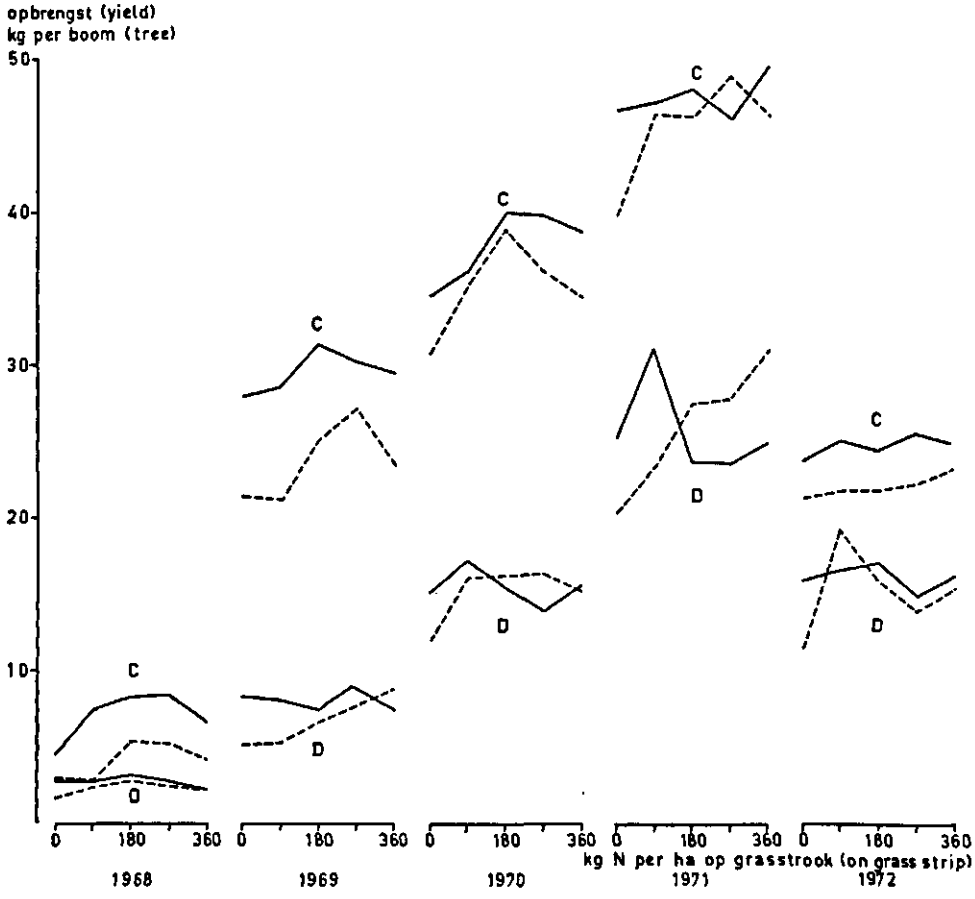


Fig. 79. Yields in the trial of Fig. 78.

worden bereikt als door bemesting van de boomstrook, zal eveneens aan sterkere uitbreiding van wortels onder het gras kunnen worden toegeschreven. Bemesting van het gras gaf ook hier het duidelijkst effect bij weglaten van stikstof op de boomstrook.

De geconstateerde reacties demonstreren dat bemesting op de boomstrook doorgaans niet kan worden gemist, vooral als zich hier een groot deel van de wortels bevindt. Verwaarlozing van de bemesting van het gras, een veel vaker overwogen maatregel, kan leiden tot gering produktieverlies, onder meer door vermindering van gunstige neveneffecten door het brengen van mulch op de boomstrook. Bovendien kan de zode verzwakken en met onkruid vervuilen.

Voor appels zijn dergelijke proefresultaten nog niet beschikbaar.

Fig. 80. Opbrengsten in procenten van de hoogste opbrengst bij veeljarige bemestingsproeven, 12 met appel, 2 met peer, in grasstroken-cultuur (gemiddelden).
1, 4, 7, 8, 10, 11, 12: Golden Delicious op M.9
2, 5, 9: Cox's Orange Pippin op M.9
3, 6: James Grieve op M.9
1: Conference
2: Doyenné du Comice

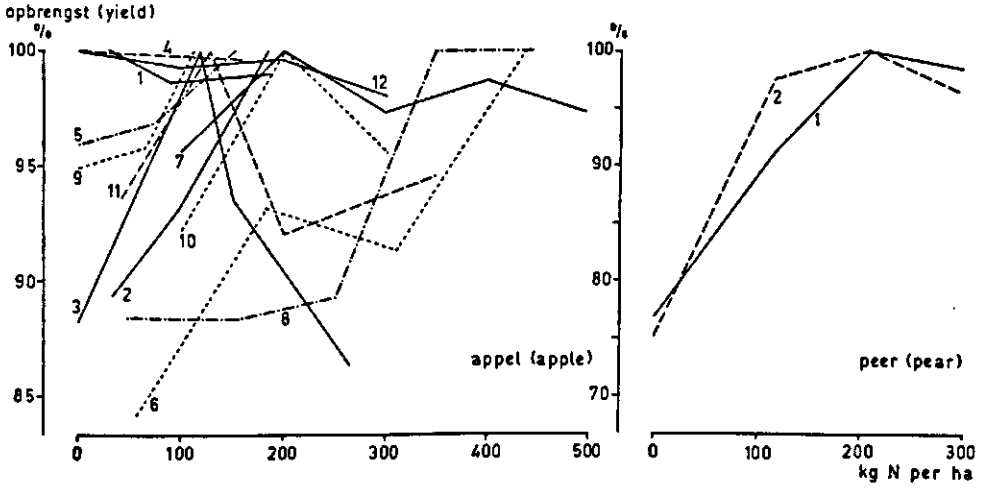


Fig. 80. Yields as percentages of highest yield in long-term fertilizer trials with grass strips, 12 with apple, 2 with pear.

9.4 Stikstofbehoefte

De gegevens van de bemestingsproeven in Fig. 80 geven slechts een ruwe indruk van de stikstofbehoefte van bomen in grasstrokenteelt, onder meer omdat ze overwegend betrekking hebben op volveldse bemesting bij een strookbreedte van ca 50% van de rijafstand. Met uitzondering van de nummers 6 en 8 lagen de proefvelden op zeeklei en zeezavel, leemhoudend zand en lössgrond. Hiervoor is bij de hoogste opbrengst een gemiddelde gift berekend van 122 kg N per ha, wat slechts weinig meer is dan bij geheel zwart gehouden grond (7.3, 96 kg N per ha, Fig. 42), maar veel minder dan bij volvelds gras (8.5, Fig. 67 C, ca 250 kg N voor appels op M.9, 150–200 kg N voor appels op matig sterke onderstammen, rivierklei uitgezonderd). De stikstofbehoefte bij 50% begroeiing in stroken komt hier dus veel meer overeen met die van zwart gehouden grond dan met die van volvelds gras, wat in overeenstemming is met de compensatietheorie (Fig. 72, b).

De twee proefvelden op rivierklei (6 en 8) nemen een bijzondere positie in: ze reageren sterker op stikstofbemesting dan de andere en steunen de praktijkopvatting[7] dat de stikstofbehoefte op rivierklei groter is dan elders. Ook de reactie in de gedeelten van deze proefvelden, die in volvelds gras lagen (in Fig. 67 C respectievelijk weerge-

7. A. Pouwer, persoonlijke mededeling.

geven door 10 en 3) wijzen op grote stikstofbehoefte. Daar staan echter zwakkere reacties tegenover in twee proeven, ook op rivierklei, echter met appel op de matig sterke onderstam M.7 (7 en 8) en in een proef met peer (Fig. 67 D no 1). Het aantal proeven op rivierklei was echter te klein en de resultaten kunnen zijn beïnvloed door het grotere tracé van giften in vergelijking met dat op andere grondsoorten. Een verschil in stikstofbehoefte zou b.v. op een kleiner vochtleverend vermogen of een slechtere bodemstructuur vergeleken met zeeklei kunnen berusten. Gezien het grote aantal fruitbedrijven op rivierklei lijkt een nader onderzoek naar de invloed van de grondsoort gewenst.

De totale stikstofbehoefte van appels op M.9 met grasstroken van normale breedte varieert ongeveer tussen 100 en 200 kg N per ha, al moet dit voor rivierklei wellicht 50–100 kg meer zijn. Voor een nauwkeurig bemestingsadvies dienen echter zowel teelt- als bodemomstandigheden in aanmerking genomen te worden. Belangrijk zijn daarbij de breedte van de boomstrook en de boomgrootte (9.3). Hieruit kan het percentage van het wortelareaal in de onbegroeide boomstrook worden geschat.

Uit Fig. 72, 1–3, b, is door interpolatie de samenhang vastgesteld tussen de gewenste stikstofgift en X_t/X_b (bij benadering de boomstrookbreedte in % van de rijafstand) bij verschillende stiktofbehoefte van de grond en concurrentie door het gras (Tabel 33). Een juiste beoordeling van de situatie in de praktijk ten aanzien van deze drie variabelen is hierbij uiteraard van grote betekenis.

Uit de tabel blijkt, dat de stikstofbehoefte van een grasboomgaard al vrij sterk daalt als smalle boomstroken met herbiciden worden behandeld. Bij stroken op ca 50%

Table 33. Stikstofbehoefte van appel op M.9 bij zwak tot sterk concurrerende grasstroken, ruim tot matig stikstofleverend vermogen van de grond en verschillende overlappingspercentages van het wortelstelsel met onbegroeide grond.

Overlapping van het wortelstelsel door boomstrook Overlap of root system by bare tree-strip	Gewenste bemesting in kg N/ha, breedwerpig Required fertilization in kg N/ha, broadcast		
	bij zwak concurrerend gras, ruim N-leverend vermogen(for weakly competing grass, high N supply by soil	bij matig concurrerend gras, matig N-leverend vermogen/for moderately competing grass, moderate N supply by soil	bij sterk concurrerend gras, matig N-leverend vermogen/for strongly competing grass, moderate N supply by soil
0%	200	250	350
10%	170	215	300
20%	150	195	270
30%	135	180	240
40%	120	165	215
50%	110	150	190
75%	80	125	140
100%	50	100	100

Table 33. Nitrogen requirement of apples on M.9 in weakly to strongly competing grass strips and high to moderate supply of nitrogen from soil organic matter at different overlap percentages of the root system by clean-cultivated soil (cf. Fig. 72, 1–3, b).

van de oppervlakte ligt de gewenste gift, in overeenstemming met de resultaten van bemestingsproeven, inderdaad dichter bij die van boomgaarden in geheel zwart gehouden grond dan bij die in volvelds gras.

Op deze cijfers, die slechts als richtlijn kunnen dienen, moeten correcties voor plaatselijke omstandigheden worden aangebracht, die eveneens slechts globaal kunnen zijn.

Bemesting alleen op de boomstrook dient beperkt te blijven tot stroken van normale breedte. Op de voor breedwerpige bemesting berekende gift kan dan bij volgroeide bomen iets (10–15%) worden bezuinigd. Tegen verwaarlozing van de bemesting van het gras bestaan echter bezwaren, terwijl het achterwege blijven van mulcheffecten enig risico van opbrengstderving inhoudt.

Bij een duidelijk hoger of lager stikstofleverend vermogen van de grond dan in de gevallen 1–3 (Fig. 72) kunnen correcties tot −30 of +30 kg/ha worden toegepast. Het eerste is b.v. het geval bij diep bewortelde diep humus- en vochthoudende profielen, het laatste bij een laag humusgehalte, zoals op voormalig akkerland, en bij ondiepe beworteling.

Is de groei te sterk, dan kan op de bemesting verder worden bezuinigd met maximaal 50 kg N/ha. Om te beslissen of in zulke gevallen de basisbemesting beter in gedeelten gegeven kan worden, of gedeeltelijk te vervangen is door zomerbemesting, zijn de gegevens nog onvoldoende, al gebeurt dit in de praktijk wel.

Ook over de invloed van de maaimethode is nog weinig bekend. Bij volwassen aanplantingen met veel wortels in de grasstrook zal verschillend mulchen (op de boomstrook of op de grasstrook) weinig invloed op de stikstofbehoefte hebben.

Het corrigeren van de gift voor sterke, respectievelijk zwakke invloed van residuen na extreem droge en natte winters, zoals voor akkerbouwgewassen op niet sterk doorlatende grond aanbevolen is (Van der Paauw, 1963) lijkt voor vruchtbomen, althans bij diepe beworteling, van minder betekenis: door de lang durende opname, eventueel uit diepe bodemlagen, is de stikstofvoorziening goed gebufferd, terwijl de voedingstoestand in het voorjaar bovendien gebufferd wordt door stikstofreserves in de boom. Het verhogen van de gift bij ondiepe beworteling, wat in het voorgaande werd gemotiveerd op grond van een laag stikstofleverend vermogen van de grond, lijkt overigens ook zinvol omdat het effect van residuen van vroegere bemestingen dan klein zal zijn.

Een enkele keer is waargenomen, dat een voorjaarsgift door droogte lang onwerkzaam bleef, waardoor de stikstoftoestand van het gewas in de zomer, ondanks de bemesting, achteruitging, met als gevolg zwakke knoppen in het volgende voorjaar. In zulke gevallen kan gecorrigeerd worden door late bespuitingen met ureum (8.4).

Het tijdstip van de bemesting, doorgaans februari-maart, dient aangepast te worden aan de verwachte snelheid van indringing in de wortelzône, dus aan de zwaarte van de grond. Naarmate het risico van uitspoeling afneemt en de grasoppervlakte toeneemt, dient vroeger, b.v. al in januari, te worden bemest. Door de diepere indringing wordt niet alleen de concurrentie in de grasstrook en dus de grasgroei verminderd, maar ondervindt het gewas in het voorjaar ook minder sterke groeischokken die vruchtrui of vruchtverruwing kunnen versterken.

Ten slotte moet rekening worden gehouden met het produktiepeil. In proeven bleek

een positieve reactie op stikstof vaak samen te gaan met een hoge opbrengst. Het lijkt daarom verantwoord, om in het advies een correctie (−30 of +30 kg N per ha) toe te passen voor laag producerende, b.v. jonge gewassen, respectievelijk voor hoog produktieve, zoals Golden Delicious. Er zijn nog geen gegevens bekend over een eventueel grotere stikstofbehoefte bij door hoge opbrengsten gekenmerkte zeer dichte beplantingen.

9.5 Conclusies over de stikstofhuishouding bij toepassing van strokenteelt

De strokenteelt moet als een variant van de bemesting in banden worden opgevat: door de gebruikelijke breedwerpige of grotendeels op de boomstroken toegepaste giften van 100–200 kg N per ha komt op het gras veel minder, op de onbegroeide grond méér stikstof dan in 8.5 respectievelijk 7.3 voor vruchtbomen voldoende werd geacht. Bovendien komt het gemaaide gras, met zijn minstens 150 kg N per ha per jaar, meestal op de onbewerkte, met herbiciden onkruidvrij gehouden boomstrook, waar het vrij snel verteert. Hierdoor, en door het verschil in vochtgehalte, zijn gras- en zwartstrook uitgesproken stikstofarme respectievelijk stikstofrijke milieus. De opname door de boom staat onder invloed van de breedte van deze stroken en van de verdeling van het wortelstelsel over beide. Aangezien resultaten van proeven hierover niet ter beschikking stonden werd deze invloed theoretisch benaderd met de voor rijenbemesting van landbouwgewassen door De Wit (1953) opgestelde compensatieformule. Voor toepassing hiervan moet het verband tussen opname en breedwerpige bemesting bekend zijn. Hiervoor werd uitgegaan van aangenomen verbanden, die voor gras- en boomstrook echter verschillen door de concurrentie van gras (Fig. 72).

De compensatie vindt hierbij plaats in de boomstrook, zodat geen rekening behoeft te worden gehouden met de conclusie voor rijenbemesting op volvelds gras (8.4.2), namelijk dat bij lage giften wegens de snelle opname door gras geen compensatie plaats vindt.

Wordt alle stikstof op de boomstrook gegeven dan zal, zelfs bij hoge giften, de opname niet optimaal kunnen zijn als belangrijk minder dan 40% van de intensief bewortelde oppervlakte zwart wordt gehouden, zoals bij smalle boomstroken in een volgroeide aanplant. Bij kleinere 'luxe consumptie' dan verondersteld, b.v. maximale opname 10% in plaats van 25% groter dan voor de opbrengst optimale, ligt deze grens wat hoger, b.v. bij 50–60%.

Bij breedwerpige bemesting wordt de invloed van de strookbreedte op de opname kleiner naarmate meer stikstof wordt gegeven en het gras minder concurreert.

De bovenstaande conclusies zijn in oriënterende modelproeven getoetst door toepassing van onbegroeid gehouden ring- en schijfvormige oppervlakken grond (stikstofbron) in een onbemeste concurrerende grasmat. De reactie van de bomen werd nagegaan door middel van bladanalyse op stikstof.

Bij peren vond maximale opname plaats in een strook op 50 tot 125 cm afstand van de stam. Aan het stikstofgehalte werd in het vierde tot zesde groeijaar een uitbreiding van de wortels tot ca 2 m merkbaar. Werd de grond rondom de stam vanaf de jeugd

zwart gehouden, dan ging de horizontale groei ook daarna nog iets door, in tegenstelling tot die bij bomen met gras tot aan de stam.

In een andere proef met peren werden verschillende bemestingen op boomstroken van verschillende breedte gegeven. De onbegroeide grond vormt een belangrijke stikstofbron. Het wordt dan des te moeilijker de bomen via de boomstrook van stikstof te voorzien naarmate deze smaller wordt. In een grote veldproef met peren bleek, dat bemesting op de boomstrook niet kan worden gemist, vooral in de jeugdjaren (maar ook later). Daarnaast blijft een gunstig effect van stikstof op de grasstrook, vermoedelijk mede omdat de hiervan afhankelijke hoeveelheid mulch tot betere opneembaarheid van stikstof op de boomstrook leidt.

De totale stikstofbehoefte bij gras- en boomstroken van ongeveer gelijke breedte bleek in veldproeven gemiddeld ca 120 kg N per ha te bedragen (appel op M.9); dit is maar weinig meer dan bij geheel zwart houden (100) en veel minder dan bij volvelds gras (ca 250 kg N per ha). Op rivierklei kan de stikstofbehoefte groter zijn.

Bij de bemesting moet rekening worden gehouden met het deel van de wortels in zwart gehouden grond, met het stikstofleverend vermogen daarvan en met de groeikracht en het produktieniveau van het gewas.

Bij slechte opname door droogte kunnen ter correctie vanaf de zomer ureumbespuitingen worden uitgevoerd. Op zware grond moet de bemesting, evenals bij volvelds gras, vroeg worden gegeven (8.4).

Samenvatting

De stikstofbemesting van boomgaarden is vooral tussen 1958 en 1965 sterk opgevoerd (2, Fig. 2). Hierbij hebben de resultaten van bemestingsproeven en de omschakeling (bij de appelteelt) op zwakke onderstamtypen een grote rol gespeeld. Bovendien ging een stimulans uit van gunstige bedrijfsuitkomsten.

Later is het verbruik weer wat afgenomen, voornamelijk door de lagere stikstofbehoefte bij het sedert 1960 steeds meer in zwang gekomen grasstroken-systeem.

Bij het vaststellen van de grootte van de gift en het moment van toediening moet rekening worden gehouden met de periodiciteit in de opname en de invloed van stikstof op vruchtzetting, groei, bloemaanleg, vruchtontwikkeling en opslag in reserveorganen. Daarnaast spelen ras en onderstam, leeftijd, groeikracht en vermoedelijk plantdichtheid een rol. En ten slotte hangt de beschikbaarheid af van de ondergroei, de eigenschappen van de bodem, de vochtvoorziening en het weer.

In enkele pot- en veldproeven is aandacht geschonken aan de invloed van stikstof op vegetatieve kenmerken (4) en op bloem- en vruchtontwikkeling (5).

De concurrentie door ondergroei met gras, het punt waarmee in de praktijk het meest rekening moet worden gehouden, is in 4.1 nagegaan in verband met de vochtvoorziening. Bij het door concurrentie veroorzaakte gebrek aan stikstof, dat enerzijds afhangt van soort en ouderdom van het gras en vochtvoorziening, anderzijds van de in het gewas aanwezige reserves, neemt de produktie aan droge stof niet voor alle organen van de plant in gelijke mate af: scheuten blijven sterker achter dan bladeren.

De belangrijkste opname valt in de periode mei tot september (4.2). Nadat de scheutgroei is afgelopen, ongeveer eind juli, wordt weinig droge stof meer gevormd. Opname leidt dan tot stijging van de stikstofgehalten (reservevorming) in de diverse weefsels. Aanbod na een periode van gebrek leidt tot versterkte opname.

De snelheid van opname in de winter is gering (4.3), maar door de lange duur soms toch nog wel van enige betekenis. Ze is afhankelijk van de voedingstoestand.

In 4.4 is de invloed van reservevorming door bemesting en late bespuitingen met ureum nagegaan. Een goede reserve vergroot het aantal knoppen dat in het voorjaar tot scheuten uitgroeit. Bemesting van een gewas met stikstofgebrek in het voorjaar leidt daarom tot de vorming van weinig, maar lange scheuten. Bij een goede reserve worden meer, maar kortere scheuten gevormd.

Uit ureum opgenomen stikstof heeft minder invloed op de groei in het volgende jaar bij een gewas met zwaar stikstofgebrek tijdens de bespuiting, dan eenzelfde hoeveelheid die bij normale stikstoftoestand wordt opgenomen.

Ook bloemaanleg, zetting, rui en vruchtgroei worden door het aanbod van stikstof, afhankelijk van de periode van opname, beïnvloed (5.1). Een reserve bevordert de zetting, maar de door groei versterkte vruchtrui kan dit effect nivelleren (5.2). Vruchtdracht en vegetatieve groei zijn dus in zekere zin elkaars opponenten. In de jeugdjaren kan dit leiden tot een slechts geringe toename van de produktie door stikstofbemesting.

De gevoeligheid voor nachtvorst (5.3) hangt op gecompliceerde wijze met de stikstofvoeding samen. Het sneller uitlopen van blad bij stikstofrijke planten beschermt vermoedelijk de zich eveneens sneller ontwikkelende, en daardoor gevoeliger, bloemen tegen afkoeling door uitstraling, maar voor de praktijk is dit van weinig betekenis. Bij bevriezing in klimaatkamers kon bij vergelijkbare knopstadia geen invloed van de stikstoftoestand worden aangetoond.

Hoofdstuk 6 schetst de historische ontwikkeling in de bodembehandeling. De daarop volgende hoofdstukken behandelen de stikstofhuishouding in geheel zwart gehouden en geheel of gedeeltelijk met gras begroeide grond.

In *boomgaarden zonder blijvende ondergroei* (7), zoals die vooral vroeger op min of meer droogtegevoelige gronden werden aangetroffen, hangt de stikstofbehoefte af van humusgehalte en toevoer van organische stof, en van diepte en vochttoestand van de bodem. Het achterwege laten van groenbemesting of toediening van stalmest moet hier op den duur leiden tot achteruitgang van het stikstofleverend vermogen en van de structuur van de bodem. Van giften groter dan 100 kg N per ha mag doorgaans geen opbrengstverbetering worden verwacht (Fig. 42).

Bij *boomgaarden met volvelds gras* wordt stikstofconcurrentie, en dus grote mestbehoefte, veroorzaakt door vroege en snelle onttrekking van de ondergroei (8). Dit kwam vroeger op vochtige, zware gronden veel voor. De aard van de concurrentie en de reactie van het fruitgewas daarop zijn in 8.1 en 8.2 besproken. De scherpe opbrengstdaling na 'in gras lopen' en de opleving na herstel van de stikstofvoorziening (b.v. door scheuren van de grasmat) zijn schokeffecten die grote invloed hebben gehad op de praktijkopvatting betreffende de toelaatbaarheid van gras onder de bomen. In de loop van de jaren vermindert de concurrentie door veranderingen in de beworteling van zowel gras als vruchtboom en door stikstoflevering uit de grasmulch, waardoor 80 tot 100 kg N per ha extra in omloop komt. De concurrentie wordt mede beïnvloed door de gevoeligheid van de onderstam, de grassoort, de vochtvoorziening en de bewortelingsdiepte (8.3).

De concurrentie vermindert door vroege bemesting en vaak maaien. Rijenbemesting heeft hier geen merkbaar resultaat. Stikstofgebrek kan worden gecorrigeerd met late ureumbespuitingen (8.4).

De stikstofbehoefte bij appels op M.9 en bij peren wordt bij volledige grasbedekking geschat op 250–350 kg N per ha (8.5).

Bij *boomgaarden met grasstroken* (9) wordt het stikstofaanbod in de grasstrook door de giften (100–200 kg N/ha), die lager zijn dan die bij volvelds gras, doorgaans zeer laag (9.2); in de boomstrook wordt dit aanbod, door het bemesten, mulchen

en niet meer bewerken, juist hoog (9.1). Daardoor ontstaat een situatie vergelijkbaar met die bij rijenbemesting. Als bij de opname luxe-consumptie plaats vindt (over de grootte daarvan bestaat onzekerheid) kan de opname benaderd worden met de door De Wit (1953) voor rijenbemesting gegeven compensatiefunctie (9.3) met behulp van de geschatte wortelverdeling in boom- en grasstrook en uitgaande van een aangenomen verband tussen opname en bemesting bij bomen in geheel onbegroeide en in met gras begroeide grond (Fig. 72). Bij toepassing in de praktijk (9.4) zullen leeftijd, relatieve breedte van de boomstrook en concurrentiekracht van het gras dan in de gift tot uitdrukking komen (Tabel 33). Hierop kunnen nog correcties worden aangebracht voor extreme omstandigheden (N-leverend vermogen, worteldiepte, groeikracht, produktie).

Summary

Nitrogen nutrition, soil management and and nitrogen dressing of fruit crops (apple, pear)

Level of nitrogen dressing in Dutch orchards has much changed during the last fifteen years. But because of the variability of the crop, long term influences and interaction of orchard and soil factors, it has been difficult to judge the effects of these alterations. This study attempts to indicate the effects of nitrogen on the crop and to analyse the influences of soil, soil management and weather conditions on the availability of nitrogen in the soil, thus providing a basis for the assessment of well-adapted nitrogen quantities and fertilizer techniques.

Chapter 2 supplies a short history of nitrogen dressing in orchards in the Netherlands.

Levels have risen from 90–120 kg N/ha in 1958 to 170–270 kgN/ha in 1965 (Fig. 2), because of the increased use of dwarfing rootstocks and favourable effects in experiments (especially in grass orchards). The application of the much less demanding grass-strip system and, to some extent, low fruit prices have caused some decline in the dressings in recent years.

The application of large amounts of nitrogen or neglect of dressing are more often found on small private holdings than on big farms, where the manager is tied to a fixed fertilizer programme (Fig. 3).

Besides many other considerations, the age of the trees and their undergrowth determine the supplied quantity (Figs. 4–8). After 6 to 8 years, when the orchard has reached its maximum density (Fig. 9) nitrogen dressings are often reduced because accelerated tree growth is no longer desired. In addition a slower growth reduces pruning costs and avoids adverse nitrogen effects on fruit colour, production and quality.

Chapter 3 contains a short literature review on the influence of nitrogen on growth (3.1), flower initiation (3.2), fruit-set and fruit drop (3.3), fruit growth and ripening (3.4), storage suitability (3.5) and on the susceptibility of the crop to attacks by diseases and pests (3.6).

Chapter 4 describes the influence of nitrogen on vegetative growth mainly on the basis of pot trials with young rootstock apple trees, type M. 11.

Section 4.1 (Fig. 10 a-d) shows, that the influence of a competing grass cover on the dry matter production of young apple trees is more distinct with high moisture content of the soil (constantly kept at 18%) than with moderate content (11%). A reduction was only seen with low nitrogen dressings; with high dressings the effect

of grass was rather favourable probably due to the ensuing good soil structure.

Since with low N supply, nitrogen reserves in the plant benefit production of leaves more than that of other plant parts, shoots respond more to the treatments than do the leaves (Table 1).

The nitrogen content of the leaves (Fig. 11) was lowest with high grass production on a moist soil (Fig. 10, e). With a good initial N status and low N supply, plants produce dry matter at the expense of reserves in the stem, but this also applies to well fertilized plants (Fig. 12).

The ratio of nitrogen uptake by the grass to that by the young trees was high (20) with low nitrogen dressings, and much lower (0,7) with high nitrogen dressings (Table 2). These results point to the earlier grass growth in spring as the principal cause of competition.

Water consumption is mainly determined by the moisture content of the soil but also shows conservation and extra consumption effects by the grass cover. With low N dressings (no grass growth) the conservation effect predominates (Fig. 13).

Section 4.2 treats the application of nitrogen at different times. A supply in February resulted in more dry matter (Fig. 16, I) and a higher uptake (Fig. 18, I), as nitrogen was available for longer. However the effect was stronger with application after a deficiency period (Figs. 16, II and 18, II). Uptake of nitrogen, given after cessation of growth, resulted in darker leaves (Fig. 14, II) and very high N percentages in all plant parts (Fig. 17, II and III). Similar, although less clear effects may be expected in practice.

Section 4.3 shows that, during dormancy, N uptake is usually very low but need not be entirely absent, as apparent from a pot trial with N deficient Cox's Orange Pippin. Some of the nitrogen, absorbed by the feeder roots, was transported in the period November-January to the heavier roots and to the stem, though not to the shoots (Table 5).

In one field trial, uptake during the winter could hardly be observed, probably because of the good N status of the trees (Table 8), but in another (with shallowly rooting apples in competing grass, Table 9) uptake was clearly perceptible from repeated analysis (Fig. 19).

The N content of roots during winter was related to air temperature in the period preceding sampling: below 3.1 °C it increased, over 3.1 °C it decreased due to transport to aerial plant parts.

Section 4.4 refers to a pot trial with rootstock apple M. 11. During 3 years split dressings of nitrogen were applied and urea was sprayed late in the second year (see p. 47).

Due to leaching by rain, dressing in the first year did not give extra N storage in plant parts (Table 10, N%), but in the second year, when the plants were sheltered, the effect was considerable, also with urea (Figs. 20 and 21).

Leaf colour and N % (Table 13) and growth (Fig. 23) in the third year (1964) indicated (a) that the direct influence of dressing was much stronger than that of the reserves, (b) a growth promotion in plants which had received nitrogen in the preced-

ing year (nitrogen reserve), (c) that N reserves also influenced growth of plants receiving fertilizer in 1964, but in a complicated way because of differences in plant size resulting from former dressings. Growth relative to initial plant weight was strongest for plants deficient at the start in 1964; they formed only a small number of shoots but of remarkable length (recovery effect).

In 1964, dry matter production per gram nitrogen uptake, resulting from urea application in 1963, was four times higher for plants with normal N status compared with plants that were N deficient during urea spraying.

Distribution over plant parts, of dry matter produced in 1964, was much influenced by the treatments (Fig. 24).

Chapter 5 describes the influence of nitrogen on various flowering and fruiting characteristics as well as on spring-frost resistance of flowers.

Section 5.1 states, that fruit yield is the result of the combined and interdepending effects of nitrogen on shoot growth, flower initiation, fruit set, fruit drop and fruit growth. A pot trial with Golden Delicious on M. 9, to which nitrogen was supplied for short periods throughout the year, during three years (Table 14) resulted in the following conclusions.

Fruit-set is negatively correlated with number of flower clusters per metre branch (Tables 14–16). In addition it strongly depends on the N status of the plant during flowering, which is promoted by nitrogen application in the preceding summer (August-September) rather than by dressing shortly before flowering. June drop is positively correlated with setting; sudden restoration of N status and increased growth by dressing in May and June aggrevate it.

Shoot growth is promoted by nitrogen supply in May-July/August, fruit size by nitrogen in May and June (Fig. 25). Nitrogen in June-July improves flower initiation, but a high yield in the preceding year strongly reduces blossoming, especially in N deficient plants.

Several of the above-mentioned yield factors are counteracting but nitrogen supply, limited to spring only (promoting shoot and fruit growth and flower formation), or to summer only (promoting flower formation and fruit-set, and reducing drop, Table 16) both result in relatively high yields. It is therefore supposed that, particularly with vigorously growing trees, dressing with nitrogen and soil management should aim at a low to moderate, but continuous supply of nitrogen (organic N!)

Section 5.2 refers to fruit-set, fruit drop and number of harvested fruits on one-year-old shoots and on older branches of James Grieve apples on the moderately vigorous rootstock MM. 106 (field trial).

Application, since 1966, of moderately to strongly competing grass species, partly mixed with clover and partly fertilized, gave rise to wide variations in the N status of the 5 to 6 year-old trees that were just beginning to crop.

Fig. 26a shows that in the first year, fruit-set on older branches of unfertilized trees was positively correlated with the N content of leaves, sampled in the preceding fall, indicating a positive effect of a N reserve in the tree. With dressing in spring, however, the correlation was negative (Fig. 26b). After fruit drop (10 July), both unfertilized

and fertilized trees showed a negative influence of the N status on total number of fruits on older branches. Thus the initial advantage of high fruit set can easily become a disadvantage probably due to drop provoked by stimulated growth (Fig. 27c and d).

For one-year-old shoots no countings before fruit drop were available but number of fruits after drop was positively correlated with N status (Fig. 27a and b). Here a strong favourable influence of improved shoot growth in the preceding year (bearing length) by nitrogen, amply counterbalances a possible negative influence of fruit drop.

With older branches, grown in 1965 and before, this positive influence was absent because of uniform growing conditions before start of the experiment (no grass, high N).

Similar or even stronger effects occurred with 400 kg N per ha on all plots in 1968: the influence of a high reserve status on fruit-set was still positive, in spite of the plentiful dressing in spring (Fig. 30); so was that on fruit drop (Fig. 32). Flower initiation on older wood may be lowered by nitrogen addition (Fig. 31, 2), but this is counterbalanced by increased shoot length (Fig. 31, 1) so that the ultimate effect of nitrogen on fruit number is uncertain. With much nitrogen relatively many fruits will be picked on young wood (Fig. 33). All these conclusions refer to a young, relatively fast growing crop.

Section 5.3 refers to two field trials with apples where, after a light night-frost in April 1967, data were collected on the relation between damage of flowers and N status of the trees.

In the first trial, a low percentage of frozen flower buds was obviously related to a high N status as influenced by late urea sprayings and dressing in the preceding year (Table 17). In the second trial flower damage was again negatively correlated with a high reserve status (Table 18, Fig. 34 a-c, d).

However, countings were limited to one development stage of the flowers only (pink bud). Advance in development stage was accompanied by a strong decrease in frost resistance. Since a high nitrogen status induces earlier development of leaves and flowers, entirely different results could have been found for the flowers as a whole.

So, in a further investigation in the following spring, branches of James Grieve apples, strongly differing in nitrogen status, were exposed to artificial night-frost.

Flower buds of the high N group had indeed reached a more advanced stage of development than those of the N deficient group (Fig. 35) and frost damage was strongly related to stage (Fig. 36), therefore flowers of the high N group as a whole showed the highest percentage of damage (Table 19).

In contrast to the former field observations, however, comparison per stage did not show any systematic differences (Table 20). This contradiction is explained by assuming that under natural frost conditions flowers of the high N trees are protected from cooling-down by radiation by the more developed leaves. With circulating cooled air in temperature rooms this influence will be lacking.

Chapter 6 outlines the changes in soil management in the Netherlands during the last decades.

In the past, full grass swards dominated on heavy, moist clay soil; here, nitrogen deficiency often caused yield depressions. On soils susceptible to drought (such as sand and light marine clay) such permanent swards could not be grown: young orchards were intercropped or provided with a green manure crop.

The introduction of dwarfing rootstocks, heavy machinery and chemical weed-control completely changed the picture: grass strips between the trees, chemical weed-control, and mulching on the bare tree strips has become the dominating system.

In the following chapters the availability of nitrogen in bare soil (7) and fully (8) or partly grass-covered soil (9) is discussed.

Chapter 7 starts with the remark that in orchards on clean-cultivated soil, apart from fertilizers, organic matter in the soil and depth of the root zone are the main factors determining the quantity of available nitrogen. Because at present the supply of farmyard manure is often small and application of green manure crops diminishes, a decline in humus content harmful to soil structure and N supplying capacity is imminent (Fig. 37).

Uptake is influenced by moisture changes, penetration and leaching of fertilizer nitrogen. Rainfall plays an important part in this process. Abundant precipitation after a dry spell accelerates mineralization and uptake; such sudden changes may evoke considerable fluctuations in the nitrogen content of the leaves (Figs. 38 and 39), fruit drop and russeting.

Since many clean-cultivated soils are light-textured and shallow-rooted, losses by leaching are greater here than in deep-rooted, grass-covered heavy soils. Moreover, residual effects of former nitrogen dressings are small. Correct timing therefore deserves attention (Fig. 40).

Losses may also arise from sprinkling (Fig. 41). Data are compiled from the principal Dutch and from one English long-term experiment on nitrogen quantities in clean-cultivated orchards (Fig. 42, no. 2-10 and 1 resp.). The conclusion is, that omitting nitrogen fertilizers leads to slight yield reductions only. In the experiments, highest yields were obtained with dressings of 96 kg N per ha, as an average.

Chapter 8 deals with orchards with a full grass cover, where competition for moisture and nitrogen are important growth factors.

Section 8.1 shows that competition for nitrogen is mainly a matter of earlier growth in spring giving grass a lead in uptake. The high consumption by the grass (Fig. 44) was responsible for the rapid decrease of fertilizer nitrate in the soil (Figs 45 and 46). Nitrogen uptake by the fruit trees was maximum in June-August (Fig. 45), but in this period soil nitrate may already be insufficient for adequate nutrition. This was apparent from one of the experiments, in which in the first half of July the N supply was already suboptimum with dressings below 200 kg N per ha (Fig. 47). For adequate nutrition, as indicated by leaf analysis, nitrate in the root zone should amply exceed

50–80 kg N per ha by the end of May (Fig. 49).

A difference in root density is another factor in competition. The number of fine apple-tree roots usually does not exceed 5–6 per dm^2 in the upper 20 cm soil layer as against 30–50 grass roots (up to 70 in the sod). The predominance of the grass disappears in deeper layers, therefore more nitrate in the subsoil is available to the tree.

In *Section 8.2* the initial check in fruit yield in the second year after grassing down is explained as a matter of rapidly worsening N status in the first year, related to low N dressing, and hampering flower initiation, especially when the yield in that year is still normal (Fig. 48, Table 22). The improvement in the third year and later is partly due to biennial bearing and partly to adaptation of the tree roots.

On heavy moist soil, grass may improve soil structure so that in the long run the yield outweighs that on clean-cultivated soil, provided ample nitrogen is given. Reducing dressings in orchards where the sward is already several years old has not nearly the same check effect as in orchards with a young sward.

If competition is discontinued, by giving high N dressings after a period of deficiency or by ploughing up the sward, recovery effects may be observed that are as equally striking as check after grassing down (Table 23, 24).

In *Section 8.3* it is noted that apple varieties on vigorous rootstocks are less susceptible to competition than those on dwarfing rootstocks (Fig. 50). For bush trees this may partly be due to reduced competition around the stem caused by shade and leaf fall (Fig. 43).

Not all grass species compete with equal strength, because of differences in root pattern or in drought resistance (Fig. 51, Table 25).

Competition diminishes in the course of time (Fig. 52) partly because of changing root patterns: ageing and mowing reduce grass roots in deeper layers (Fig. 54), tree root density increases, especially in the subsoil.

Recirculation of nitrogen by mulching is considered the most significant factor responsible for the decrease of competition. Mulching involves substantially higher grass production and an extra uptake of 80–100 kg N per ha (Table 26). This quantity approximately equals the difference in optimum dressings for orchards with young grass as compared with old swards.

With ample moisture supply there is extra production and nitrogen uptake for the grass, detrimental to the trees. With high nitrogen dressings, however, penetration by rainfall may result in increased uptake by the tree (Fig. 56). The usual effect of dryness is increased deficiency.

Section 8.4 concludes that, for deep-rooted heavy soils a feasible way to avoid competition is by dressing in December or January: nitrate, penetrating during the winter into deep layers with only few grass roots, is more available to the tree than nitrogen given in spring. Experiments have shown yield increments of several percent compared with spring fertilization (Figs 58 and 59). Application in May also has a good effect, since grass growth has passed its maximum by then, but this may aggrevate fruit russeting. Autumn dressing involves the risk of too much leaching (Fig. 60). The effect of summer nitrogen is limited by a too slow penetration and by the short-

ness of the time available for uptake (Fig. 59), even under conditions of extreme competition (Fig. 61).

Band dressing on half the surface did not result in extra uptake by the trees (Figs 62–64), even with very high dressings. A high degree of overlap has to be applied for optimum nutrition (Fig. 65).

Urea sprays may quickly restore the N status of leaves. Total uptake from urea, however, only equals about 15 kg N/ha, at the most, i.e. by applying very frequent and highly concentrated sprays; they cannot maintain a normal N status of the whole tree (Fig. 66).

Supposedly secondary effects such as temporary growth retardations interfere with the results of spring applications (Table 27). With nitrogen deficient trees, autumn sprays may improve the next year's fruit-set and yield (Table 28).

Section 8.5 discusses the effects of various amounts of fertilizer in the second and third years after grassing down (Figs 67 A and B) and in later years (Figs 67 C and D). Owing to the initial check-effect, the former exaggerate the need of grass orchards for nitrogen. On the other hand, underevaluation of this need brings on yield depressions well in excess of those in clean-cultivated orchards (Fig. 42). The fertilizer need in grass orchards amounts to 250 kg N/ha on marine clay, sandy and loamy soils and up to 350 kg on river clay, for apples on M. 9; on moderately vigorous rootstocks apples need less, 150–250 kg respectively.

Chapter 9 describes the availability of nitrogen in a tree strip and under the turf of a grass strip.

Section 9.1 shows that in clean-cultivated tree-strips the root medium is rich in nitrogen: broadcast dressings of 100–200 kg N/ha and grass mulch from rotary-mown strips (Table 29) add considerable quantities of nitrogen. Non-tillage of the chemically weeded tree strip, allowing rooting of the upper few centimetres, and the higher moisture content compared to the grass strip, likewise have a positive nitrogen effect on the tree (Fig. 68).

A field trial showed that the increases in total nitrogen and organic matter in the soil resulting from mulching on the tree strip were much less than those from mulching on the grass strip, pointing to rapid decomposition of grass on the tree strip (Tables 30 and 31).

The N status of the apple trees was more influenced by fertilizers than by mulching on the tree strip (Table 31). In another trial the increase of nitrate in the soil of tree strips receiving no fertilizer, was obviously related to the quantity of mulch that was influenced by dressing of the grass strip (Table 32).

In *Section 9.2* shows that, from the start of the season, low N concentrations are found in the soil under the grass strips, as a consequence of application of fertilizer rates far below those needed for adequate uptake (see 8.5) and as a consequence of removal of the mown grass (Figs 70 and 71).

In *Section 9.3* it is argued that on account of the differences in nitrogen content, the grass-strip system may be considered a case of fertilizer placement. Hence de Wit's

(1953) compensation formula

$$U_r/U_b = (X_r/X_b)^{0,44}$$

may be applied to predict the influence of strip width, and quantity and method of application of fertilizer, on the uptake by the tree. In this formula U_r and U_b represent the uptake rate from placed and from broadcast dressing, X_r and X_b the surface of the fertilized parts (same concentrations) of the rooted area for the two methods or, in the case of the grass-strip system, the tree-strip width and the total rooted area respectively.

The formula indicates that, with placement of fertilizer, more of the supplied nutrient is taken up by the plant than corresponds with the ratio between the fertilized areas. With low dressings the uptake from a given fertilizer quantity per ha, placed on part of the surface, exceeds that of the same quantity broadcast. With high dressings more nutrient is taken up with broadcast dressing. It depends on the width of the region of 'luxury consumption' (the ratio between maximum uptake and uptake needed for optimum yield), whether with placement the same maximum yields can be obtained, at lower fertilizer costs, as with broadcast fertilization.

To apply the theory the relationship between fertilizer rate and uptake, and between nutrient uptake and yield for broadcast dressing should be known.

To draw Fig. 72 (1–3) some functions were assumed for the nitrogen uptake in clean-cultivated (z) and grass orchards (g). The final conclusions strongly depend on the correctness of these assumptions. Relatively well-known are the quantities at which optimum yields for apples on M. 9 are achieved: 50–100 kg N/ha for clean-cultivated orchards (depending on the nitrogen supplying capacity of the soil, cf. Fig. 42) and 200–350 kg N/ha for grass orchards, depending on the degree of competition (cf. Fig. 67).

Figs 72, 1–3, a, suggest that with fertilizer on the tree strips only (as is sometimes considered in order to limit grass production), adequate uptake cannot be achieved, not even with high dressings, if less than about 40% of the effectually rooted area is clean-cultivated, as is the case with narrow tree-strips. With 50% of the roots in the tree strip, only 10–13% of fertilizer can thus be saved.

Curves 72, 1–3, b, indicate that, with broadcast dressing and 50% of the roots in the tree strip, as is often found, optimum dressings will range between 100 and 200 kg N/ha, which is in accordance with practical findings.

The influence of clean-cultivated soil, as suggested by the curves 1–3, a in Fig. 72, has been checked in small trials with the grass-covered root zone partly overlapped by ring and disk shaped areas of clean-cultivated soil around the stem (Figs 73–76) and with dressings on tree strips of different width (Fig. 77).

In another (large) field trial, the importance of dressing on the tree strip and on the grass strip was investigated (Figs. 78 and 79). Improved uptake from fertilizer nitrogen on the tree strip and slightly improved yields, probably as a consequence of moisture conservation, may result from mulching on the tree strip.

Section 9.4 gives a compilation of nitrogen effects in the principal Dutch field trials

(Fig. 80). In general, grass strips covered about 50% of the orchard area. Excluding two experiments on river clay that seem to show an unusually high fertilizer requirement (numbers 6 and 8), highest yields with apples on M. 9 were achieved with broadcast dressings of 122 kg N/ha as an average (marine clay, sand), which is only little more than with clean-cultivated soil on the whole orchard surface (7.3).

For assessing the fertilizer requirement, the clean-cultivated part of the rooted area and the nature of the grass should be taken into account (Table 33, calculated from Fig. 72). Furthermore, corrections should be made on the quantities thus found, for extreme conditions in practice, such as N supplying capacity of the soil (−30 or +30 kg N/ha), vigorous growth (−50 kg N) and productivity level (−30 or +30 kg N).

Literatuur

Abbott, D. L., 1965. The effect of severe pruning on the fruiting of young apple trees. Ann. Rep. Agr. Hort. Res. Statn Long Ashton 1964: 106–112.

Albigo, L. G., L. L. Claypool & K. Uriu, 1966. The effect of nitrogen level on development and maturity of Royal apricot fruits. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 89: 53–60.

Alma, A., 1961. Ureumbespuitingen tegen nachtvorst. Fruitteelt 51 (4): 111.

Anonymus, 1963–1968. Jaarversl. Stichtse Fruittuin.

Anonymus, 1965. Ervaringen op de proeftuin te Kraggenburg. Groenten Fruit 20 (36): 1559.

Archibald, J. A., 1960. Orchard soil management. Ontario Dept. Agric. Publ. 457.

Arthey, V. D. & E. H. Wilkinson, 1964. The effect of pre-blossom defoliation on the cropping of Cox's Orange Pippin apple. Hort. Res. 4: 22–26.

Bachelder, S., R. H. Daines & C. E. Bartley, 1956. Effect of nutrition on the incidence of bacterial spot of peach. Phytopathology 46: 240.

Batjer, L. P., J. R. Magness & L. O. Regeimbal, 1943. Nitrogen intake of dormant apple trees at low temperature. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 42: 69–73.

Batjer, L. P. & M. N. Westwood, 1963. Effects of pruning, nitrogen and scoring on growth and bearing characteristics of young Delicious apple trees. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 82: 5–10.

Baxter, P., 1955. Bud size and fruit production of apple trees. J. Dept. Agric. Vict. 53: 409–413.

Beeftink, W. G., 1964. Landelijke proef met ureumbespuitingen bij fruit in de volle grond. Rapp. Inst. Bodemvruchtbh. 5.

Beeftink, W. G., M. Keuls & J. Butijn, 1962. Tien jaar onderzoek op NPK-bemestingsproefvelden met Cox's Orange Pippin in Zeeland. Versl. landbouwk. ond. 68.15.

Birch, H. F., 1960. Nitrification in soils after different periods of dryness. Plant Soil 12: 81–96.

Bömeke, H., 1965. Theoretische Grundlagen für Trieb- und Blütenbildung an Obstbäumen und ihre Nutzanwendung für die Praxis. Mitt. ObstbVersRing. Alten Landes 20: 454–459.

Boon, J. van der, 1958. Bespuiting met stikstofmeststoffen in de fruitteelt in het bijzonder met ureum. Landbouwdocumentatie 14: 1107–1110, 1112–1116.

Boon, J. van der, 1967a. Snelle opbouw van een goede grasmat in een boomgaard door hoge stikstofgiften. Stikstof 53: 248–256.

Boon, J. van der, 1967b. Stikstofbemesting en groeiremming van appelonderstammen door droogte. Stikstof 56: 373–380.

Boon, J. van der, 1968. Gemulcht gras als stikstofleverancier en als bodemverbeteraar. Stikstof 60: 532–537.

Boon, J. van der & J. Butijn, 1961. Invloed van bodemfactoren op Jonathan M XVI onderzocht volgens de proefplekkenmethode. Meded. Dir. Tuinb. 24: 44–53, 62–63.

Boon, J. van der, A. Das & W. S. Duvekot, 1964. Hoge stikstofgiften in een pereboomgaard. Stikstof 44: 274–288.

Boon, J. van der, A. Das & A. Pouwer, 1967. Het gewenste tijdstip van de stikstofbemesting voor een boomgaard in gras op rivierklei. Stikstof 55: 340–350.

Boon, J. van der, A. Das & A. Pouwer, 1970a. Methoden van bemesten in grasboomgaarden. Stikstof 65: 173–184.

Boon, J. van der, A. Das & A. C. van Schreven, 1966. A five-year fertilizer trial with apples on a sandy soil; the effect on magnesium deficiency, foliage and fruit composition and keeping quality. Neth. J. agric. Sci. 14: 1–31.

Boon, J. van der & G. J. Kolenbrander, 1960. Verplaatsing van stikstof naar de diepte in een grasboomgaard. Landbouwk. Tijdschr. 72: 904–915.

Boon. J. van der & O. Cy. Tánczos. 1964, Bespuiting met ureum tegen nachtvorstschade. Meded. Dir. Tuinb. 27: 201–209.

Boon, J. van der, N. M. de Vos & A. Pouwer, 1970. Invloed van gras, beregening en stikstof op groei en produktie van Jonathan. Rapp. Inst. Bodemvruchtbaarh. 12.
Bos, J., 1967. Stikstofbemesting in de fruitteelt. Landbouwk. Bur. Ned. Stikstofmeststoffen Industrie, 's-Gravenhage.
Bould, C., 1965. Manurial experiments with fruit: VII. Effect of soil management and NPK fertilizers on soil fertility, tree growth, crop yield and leaf nutrient status of dessert apples. Progr. Rep. Long Ashton agric. hort. Res. Stn 1, 1964: 117–126.
Bould, C., 1970. The nutrition of fruit trees. In: Physiology of tree crops: 223–234. Proc. Second Long Ashton Symp. 1969 Acad. Press, London.
Boynton, D. & L. Anderson, 1956. Some effects of mulching, nitrogen fertilization and liming on McIntosh apple trees and the soil under them. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 67: 26–36.
Bünemann, G., D. H. Dewey & A. L. Kenworthy, 1959. The storage quality of Jonathan apples in relation to the nutrient levels of the leaves and fruits. Quarterly Bull. Mich. Agr. Exp. Stat. 41 (4): 820–833.
Burg, P. F. J. van, 1962. Interne stikstofbalans, produktie en veroudering bij gras, Versl. Landbouwk. Ond. 64.6.
Butijn, J., 1957. De wintergrasmat. Fruitteelt 47: 1140–1142.
Butijn, J., 1959. Mest, water, gras en droogte. Fruitteelt 49: 874–875.
Butijn, J., 1961. Bodembehandeling in de fruitteelt. Versl. Landbouwk. Onderz. 66.7.
Butijn, J. & J. J. Schuurman, 1957. Bodembehandeling op het proefveld te Hoofddorp. Versl. Landbouwk. Onderz. 63.16.
Butijn, J. & J. A. Verhage, 1958. Uitspoeling van meststoffen. Zeeuws Fruittelersbl. 14 (9): 6–8.
Coker, E. G., 1959. Root development of apple trees in grass and clean cultivation. J. hort. Sci. 34: 111–121.
Corke, A. T. K., 1959. The effect of cover crops on the susceptibility of Cox. Orange Pippin apples to infection with Gloeosporium perennans. Ann. Rep. agric. hort. Res. Stn Long Ashton 1958: 118–124.
Cornforth, I. S., 1968. Relationship between soil volume used by roots and nutrient accessibility. J. Soil Sci. 19: 291–301.
Daane, Chr., 1966. Dagboek van een fruitteler. Fruitteelt 56: 1036–1037.
Dam, J. G. C. van, 1957. Een proef met ureumbespuiting op appel. Fruitteelt 47: 958–959.
Delap, A. V., 1967a. The effect of supplying nitrate at different seasons on the growth, blossomming and nitrogen content of young apple trees in sand culture. J. hort. Sci. 42: 149–167.
Delap, A. V., 1967b. The response of young apple trees of different nitrogen status to a urea spray in autumn. Ann. Rep. E. Malling Res. Stn. 1966: 139–143.
Delver, P., 1961. Het bodemkundig onderzoek. Jversl. Proefstn Fruitteelt volle Grond 1960: 41–52.
Delver, P., 1962a. Het bodemkundig Onderzoek. Jversl. Proefstn Fruitteelt volle Grond 1961: 31–45.
Delver, P., 1962b. Stikstofbemesting in de fruitteelt op zeeklei en zandgronden. Stikstof 35/36: 449–456.
Delver, P., 1962c. Het tijdstip van de stikstofbemesting. Fruitteelt 52: 1266–1267, 1290–1291.
Delver, P., 1963. Het bodemkundig onderzoek. Jversl. Proefstn Fruitteelt volle Grond. 1962: 42–53.
Delver, P., 1966. Het bodemkundig onderzoek. Jversl. Proefstn Fruitteelt volle Grond 1965: 65–82.
Delver, P., 1967. Het bodemvruchtbaarheidsonderzoek. Jversl. Proefstn Fruitteelt volle Grond 1966: 71–93.
Delver, P., 1969. Het bodemvruchtbaarheidsonderzoek. Jversl. Proefstn Fruitteelt volle Grond 1968: 71–97.
Delver, P. & H. G. Bomhof, 1966. Twee bodembehandelingsproeven met appel en peer op een veldpodsolgrond te Alphen (N.-Br.). Rapp. Inst. Bodemvruchtbaarh. 1.
Delver, P. & A. Pouwer, 1964. Bladanalyse in de fruitteelt. Fruitteelt 54: 931–932.
Delver, P. & W. J. van Rooyen, 1972. Moeten we de boomstrook weer bewerken? Fruitteelt 62 (15): 412–415.
Denne, M. P., 1961. Observations on cell size and number in relation to fruit size in apples. Ann. Rep. E. Malling Res. Stn 1960: 120–122.
Dijk, H. van, 1968. Das C/N-Verhältnis im $A1_{(p)}$-horizont von kultivierten Sandböden im Zusammenhang mit Kohlenstoff- und Stickstoffmineralisierung. Stikstof 12: 89–96.
Drijfhout, E., 1961. Resultaten van het permanente bemestingsproefveld bij appels op het fruitteeltproefbedrijf te Numansdorp. Fruitteelt 51: 106–108, 128–130, 244–246.

Dullum, N. & P. Rasmussen, 1952. Forsøg med forskellig udbringningstid for chilesalpeter til æbletræer 1932–50. Erhvervsfrugtavleren 18: 178–183.
Edgerton, L. J., 1957. Effect of nitrogen fertilization on cold hardiness of apple trees. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 70: 40–45.
Edgerton, L. J. & R. W. Harris, 1950. Effect of nitrogen and cultural treatment on Elberta peach fruit bud hardiness. Proc. Am. Soc. hort. Sic. 55: 51–55.
Eggert, F. P., E. F. Murphy & R. A. Johnson, 1959. The effect of level of foliage nitrogen on the eating quality of McIntosh apples. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 73: 46–51.
Eggert, D. A. & A. E. Mitchell, 1967. Russeting of Golden Delicious apples as related to soil applications of sodium nitrate. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 90: 1–8.
Elema, R. K., 1965. Bedrijfseconomisch onderzoek in de fruitteelt. Jversl. Proefstn Fruitteelt volle Grond 1964: 121–124.
Elema, R. K. & J. Kuyvenhoven, 1965. Rentabiliteit van de fruitteelt in het gespecialiseerde bedrijf, 1961, 1962, 1963. Versl. landb.-econ Inst., 131.
Eijden, J. van, 1968. Factoren die de mate van nachtvorstschade en grootte van de oogst beïnvloeden. Fruitteelt 58: 260–262.
Ferree, R. J., 1961. Peach nutrition. Better Crops, Jl.–Aug.: 40–45.
Fisher, D. V., 1951. Time of blossom bud induction in apricots. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 58: 19–25.
Fisher, E. G. & J. A. Cook, 1950. Nitrogen fertilization of the McIntosh apple with leaf sprays of urea, II. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 55: 35–40.
Fritzsche, R., B. Krapf & L. Huber, 1964. Düngungsversuche mit Apfel- und Kirschbäumen in Gefäßen. Schweiz. landw. Forsch. 2: 121–181.
Gerritsen, J. D., 1945. Zwarte grond of gras in den jongen boomgaard? Fruitteelt 35: 42–43.
Goode, J. E., 1956a. Soil moisture deficits developed under long and short grass. Ann. Rep. E. Malling Res. Stn 1955: 64–68.
Goode, J. E., 1956b. Soil moisture deficits under swards of different grass species in an orchard. Ann. Rep. E. Malling Res. Stn 1955: 69–72.
Greenham, D. W. P., 1965. A long term manurial trial on desert apple trees J. hort. Sci. 40:213–235.
Greenham, D. W. P., 1969. Nitrogen and orchard management. Nitrogen and Soil organic matter. Techn. Bull. 15, Min. of Agr., Fisheries and Food.
Greenham, D. W. P. & G. C. White, 1966. Effect of sward composition on growth and cropping of apples. Ann. Rep. E. Malling Res. Stn 1965: 135–141.
Haas, P. G. de, 1959. Mineralversorgung und Fruchtqualität beim Apfel. Erwerbsobsbau 1: 14–19.
Hadorn, Chs., 1967. Untersuchungen über die Ursachen von Berostung und Rauhschaligkeit bei der Apfelsorte Golden Delicious. Obstb. Weinb., Mitt. südtiroler Beratungsringes 4 (2): 1–28.
Hallemans, A., 1965. Ruwschilligheid wegens klimaat en bodem, door spuiten en mengen. Belg. Fruitrevue 17: 89–91.
Harley, C. P., L. O. Regeimbal & H. H. Moon, 1949. A study of correlation between growth and certain nutrient reserves in young apple trees. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 53: 1–5.
Harley, C. P., L. O. Regeimbal & H. H. Moon, 1958. The role of nitrogen reserves in new growth of apple and the transport of P^{32} from roots to leaves during early spring growth. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 72: 57–63.
Harmsen, G. W., 1961. Microbiologie van de grond. Bodemkunde: 16–27.
Harmsen, G. W., 1962. Landbouwkundige en bodemkundige problemen rondom de stikstof in de grond. Landbouwk. Tijdschr. 74: 505–519.
Harris, R. W. & D. Boynton, 1952. Nitrogen fertilization and cultural practices in relation to growth and fruitfulness of an Elberta peach orchard in New York. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 59: 36–52.
Hendrickson, A. H. & F. J. Veihmeyer, 1950. Irrigation experiments with apricots. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 55: 1–10.
Head, G. C., 1967. Effects of seasonal changes in shoot growth on the amount of unsuberized root on apple and plum trees. J. hort. Sci. 42: 169–180.
Henze, J., 1964. Wurzelschnitt bei der Pflanzung. Erwerbsobstbau 6: 210–212.
Hewitt, A. A., 1967. The effects of nitrogen fertilization on some fruit characteristics in 'Bartlett' pears. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 91: 90–95.
Hilkenbäumer, F. & G. Hohmann, 1964. Die Auswirkungen von Harnstoffspritzungen auf die Leistung von Apfelspindeln. Erwerbsobstbau 6: 101–105.

Hilkenbäumer, F. & W. Kohl, 1968. Einfluß der Calcium- und Stickstoffversorgung auf die Stippigkeit von Apfeln. Erwerbsobstbau 10: 1–3.
Hilkenbäumer, F. & W. Schrodt, 1965. Die Auswirkung einer Zusatzdüngung von Stickstoff auf die vegetative und generative Leistung von Apfelspindeln. Erwerbsobstbau 7: 85–90.
Hill-Cottingham, D. G., 1963. Effect of time of application of fertilizer nitrogen on the growth flowering and fruiting of maiden apple trees grown in sand culture J. hort. Sci. 38: 242–251.
Hill-Cottingham, D. G. & E. G. Bollard, 1965. Chemical changes in apple tree tissues following applications of fertilizer nitrogen. N.Z. Jl. agric. Res. 8: 778–787.
Hill-Cottingham, D. G. & R. R. Williams, 1967. Effect of time of application of fertilizer nitrogen on the growth, flower development and fruitset of Maiden apple trees var. Lord Lambourne and on the distribution of the total nitrogen within the trees. J. hort. Sci. 42: 319–338.
Hoblyn, T. N. & W. A. Bane, 1934. Apple manurial trials. Ann. Rep. E. Malling Res. Stn 1933: 59–85.
Hoekstra, C. & C. Wallenburg, 1967. Beworteling in de bouwvoor van appelbomen op IX in boomgaarden met grasstroken. Fruitteelt 57: 1272–1274.
Hohmann, G., 1963. Über das Lagerverhalten verschiedener Apfelsorten in Abhängigkeit von unterschiedlich hohen Stickstoffgaben. Erwerbsobstbau 5: 187–189.
Jagtenberg, W. D., 1966. Is de beste datum voor de eerste stikstofgift op grasland te voorspellen? Stikstof 52: 216–222.
Klebs, G., 1913. Physiologie der Fortpflanzung. In: Handwörterbuch der Naturwissenschaften 4: 276–296.
Kloes, L. J. J. van der, 1965. Bodemkundige aspecten van de teelt van enige tuinbouwgewassen. Versl. Landbouwk. Ond. 665.
Kobel, F., 1954. Lehrbuch des Obstbaus auf physiologischer Grundlage. Berlin.
Kolenbrander, G. J., 1967. De verplaatsing van stikstof in het profiel onder invloed van de regenval en de mogelijkheid om met behulp hiervan een overbemestingsadvies voor bouw- en grasland te geven. Buffer 13: 57–62.
Kolesnikov, V. A., 1955. Something new in the study of the root system of fruit trees. Sad Ogorod 5: 44–49. Hort Abstr. 25: 3552.
Kolesnikov, E. V., 1960. The study of the root system of fruit trees by the adsorbtion method. Izv. Fimirzajev. sel'sk. Akad. 4: 34–42. Hort. Abstr. 31: 3953.
Kortleven, Jac., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Versl. Landbouwk. Onderz. 69.1.
Little, R. C., R. R. Charlesworth & F. A. Roach, 1966. Post harvest urea spraying of apples. Expl. Hort. 15: 27–32.
Lüdders, P., 1968. Der Einfluß jahreszeitlich unterschiedlicher Stickstoffversorgung auf das Wachstum von Apfelbäumen, Diss. D 83, Berlin, Inst. Obstbau T.U. Berlin.
Lüdders, P. & G. Bünemann, 1967. Möglichkeiten und Grenzen von Harnstoffspritzungen nach der Ernte und im Winter bei Kernobst. Erwerbsobstbau 9: 6–9.
Maggs, D. H., 1963. The reduction in growth of apple trees brought about by fruiting. J. hort. Sci. 38: 119–128.
Magness, J. R., L. P. Batjer & L. O. Regeimbal, 1948. Apple tree response to nitrate applied at different seasons. J. agric Res. 76: 1–25.
Matzner, F., 1966. Einfluß steigender Stickstoffgaben auf die Wurzelentwicklung von Apfelbäumen in Großgefäszen. Erwerbsobstbau 8: 185–188.
May, P. & A. J. Antcliff, 1964. Fruit bud initiation. J. Aust. Inst. agric. Sci. 30: 106–112.
Meeuwse, P., 1966. Onderzoek naar de oorzaken van 'bruinverkleuring' bij Golden Delicious. Zeeuws Fruittelersblad 22: 240–241.
Mitchell, A. E., 1964. Fruit russeting of Jonathan and Golden Delicious apples in 1963 could have resulted from tree vigour. Ann. Rep. Mich. St. Un. 1963: 109–111.
Moore, M. E., 1936. Some observations on the influence of manurial dressings and certain other factors on the incidence of scab *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. and of spray-injury in apples. J. Pomol. 14: 77–96.
Mori, H. 1963. Studies on the nitrogen nutrition of apple trees 5. The effects of time of applying nitrogen on fruit quality and the tree growth of apple trees in sand culture. Bull. hort. Res. Stn Morioka, Ser. C, 1: 47–61. Hort. Abstr. 34: 4244.
Mulder, D., 1951. Stip in appels als cultuurverschijnsel. Meded. Dir. Tuinb. 14: 20–27.

Oland, K., 1959. Nitrogenous reserves of apple trees. Physiologia Pl. 12: 594–648.
Oland, K., 1960. Nitrogen feeding of apple trees by post harvest urea sprays. Nature 185: 857.
Oland, K., 1963a. Response of cropping apple trees to post harvest urea sprays. Nature 198: 1282–1283.
Oland, K., 1963b. Changes in the content of dry matter and major nutrient elements of apple foliage during senescence and abcission. Physiologia Pl. 16: 682–694.
Oland, K., 1963c. Treet etter at frukten er høsta. Frukt Baer 16: 5–11.
Ostrouhov, A. M., 1952. Trials for the control of biennial bearing in apples. Sad Ogorod 4: 12–15. Hort. Abstr. 22: 3428.
Paauw, F. van der, 1963. Invloed van regenval in de winter op de behoefte aan stikstof op verschillende grondsoorten. Landbouwvoorl. 20: 102–107.
Parker, K. G., N. S. Luepschen & E. G. Fisher, 1961. Tree nutrition and fire blight development. Phytopathology 51: 557–560.
Peerbooms, H., 1968. Bodembehandelingsproef te Horst. Fruitteelt 58: 604–606.
Pfaff, C., 1963. Weitere Ergebnisse aus Düngungsversuchen mit Apfelbäumen in Gefäßen. Gartenbauwissenschaft 28: 245–250.
Pieniažek, S. A. & B. Slowik, 1964. Studies of soil management in the young apple orchard. Trans. 16th int. hort. Congr. 1962, 170–178.
Post, A., 1962. Effect of cultural measures on the population density of the fruit tree red spider mite, *Metatetranychus ulmi* Koch (Acari, Tetranychidae). Diss. Leiden.
Poulsen, E. & J. O. Jensen, 1964. Naeringstofoptagelsens forløb hos æbletræer. Tidsskr. PlAve. 68: 477–501.
Pouwer, A., 1960. De stikstofbemesting in grasboomgaarden. Meded. Dir. Tuinb. 23: 376–383.
Pouwer, A., 1962. Bemesting, opbrengst en gewasonderzoek. Fruitteelt 52: 12–14.
Priestley, C. A., 1962. Carbohydrate resources within the perennial plant. Tech. Commun. Commonw. agr. Bur. 27.
Proebsting Jr., E. L., H. G. Carter, D. W. Ingalsbe & A. M. Neubert, 1957. Relationship between leaf nitrogen and canning quality of Elberta peaches. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 69: 131–140.
Proebsting Jr., E. L., 1961. Cold hardiness of Elberta peach fruit buds as influenced by nitrogen level and cover crops. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 77: 97–106.
Prummel, J., 1957. Fertilizer placement experiments. Pl. Soil 8: 231–253.
Roach, F. A., 1966. How orchard factors affect the quality of apples. Grower 66 (13): 446–447.
Roberts, R. H., 1921. Nitrogen reserves in apple trees. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 18: 143–145.
Richard, H., 1963. L'azote et le pommier. Relation sur les vingt premières années d'un verger expérimental à Vernou-en-Sologne (Loir-et-Cher). C.r.hebd. Séanc. Acad. Agric. Fr. 49: 676–702.
Roosje, G. S., P. M. Felius & J. Bos, 1966. Verslag van een studiereis naar de fruitteelt in de Verenigde Staten van Noord-Amerika en Canada. Rapp. Proefstn Fruitteelt volle Grond 1.
Schneider, G. W. & A. C. McLung 1957. Interrelationships of pruning nitrogen rate and time of nitrogen application in Halehaven peach. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 69: 141–147.
Schreven, A. C. van & J. van der Boon, 1962. Stip in appels. Meded. Dir. Tuinb. 25: 87–92 en 181–191.
Schreven, A. C. van & O. L. Staden, Fysiologische bewaarziekten van de appel. Tuinbouwgids 1964: 291–294.
Schreven, D. A. van, 1956. Stikstofomloop en stikstofanalyse voor het schatten van de stikstofbehoefte. Meded. Dir. Tuinb. 19: 641–655.
Schulz, F., 1963. Der Zusammenhang zwischen Stamzuwachs und Ertrag bei Kern- und Steinobstbäumen, Erwerbsobstbau 5: 161–162.
Segeren, W. A. & J. Visser, 1969. Het waterstandenproefveld voor de fruitteelt in de IJsselmeerpolders. Tuinbouwmededelingen 32: 180–196.
Sieben, W. H., 1964. Invloed van de ontwateringstoestand op de stikstofhuishouding en opbrengst. Landbouwk. Tijdschr. 76: 784–801.
Sluijsmans, C. M. J. & G. J. Kolenbrander, 1970. De rol van kunstmest bij de vervuiling van oppervlaktewater. Landbouwk. Tijdschr. 82: 259–260.
Steenbjerg, F., 1951. Yield curves and chemical plant analyses. Pl. Soil 3: 97–109.
Storms, J. J. H., 1965. De invloed van de 'fysiologische toestand' van de plant op de ontwikkelingsmogelijkheden van de daarop levende fytofage insecten en mijten. Literatuuroverzicht. Rapp. Inst. Plantenz. Onderz. L345.

Stuivenberg, J. H. M. van ,1954. Enkele waarnemingen over stikstof en droogte in de fruitteelt. Fruitteelt 44: 530–531.
Taylor, B. K., 1967a. Storage and mobilisation of nitrogen in fruit trees: a review. J. Austr. Inst. agric. Sci. 33: 23–29.
Taylor, B. K., 1967b. The nitrogen nutrition of the peach tree, I. Seasonal changes in nitrogenous constituents in mature trees. Aust. J. biol. Sci. 20: 379–387.
Tepe, W. & E. Leidenfrost, 1958. Ein Vergleich zwischen pflanzenphysiologischen, kinetischen und statischen Bodenuntersuchungswerten, I. Landw. Forsch. 11: 217–230.
Tromp, J., 1970. Storage and mobilization of nitrogenous compounds in apple trees with special reference to arginine. In: Physiology of tree crops: 143–159. Proc. Second Long Ashton Symp. 1969. Acad. Press, London.
Uitterlinden, L., 1964. Vruchtverruwing bij Golden Delicious. Fruitteelt 54: 166–167.
Way, R. D., 1954. The effect of some cultural practices and of size of crop on the subsequent winter hardiness of apple trees. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 63: 163–166.
Weeks, W. D., F. W. Southwick, Mack Drake & J. E. Steckel, 1958. The effect of varying rates of nitrogen and potassium on the mineral composition of McIntosh foliage and fruit colour. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 71: 11–19.
Weinberger, J. H., 1949. Some effects of nitrogen fertilizer on yield and maturity of Elberta peaches. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 53: 57–61.
Weissenborn, K., 1955. Düngung und Nährstofftransport beim Boskoop. Mitt. Obstbauversuchsr. des Alten Landes 10: 45–53.
Weissenborn, K., 1967. Die Stickstoffgaben im Niederelbischen Obstbau, ihre Form, ihre Höhe und der Zeitpunkt ihrer Ausbringung. Mitt. Obstbauversuchsr. des Alten Landes 22: 210–219.
Weller, F., 1965. Die Ausbreitung der Pflanzenwurzeln im Boden in Abhängigkeit von genetischen und ökologischen Faktoren. Arb. landw. Hochsch. Hohenheim 32.
Weller, F., 1967. Zur zeitlichen Variabilität der Dichte des Saugwurzelbesatzes von Apfelbäumen. Erwerbsobstbau 9: 168–170.
Wertheim, S. J., 1971. Teeltonderzoek bij groot fruit. Jversl. Proefst. Fruitteelt volle Grond 1970: 43.
Wertheim, S. J., 1972. Gibberellinen en remstoffen advies 1972. Fruitteelt 62 (15): 422–423.
Wiersum, L. K., 1962. Uptake of nitrogen and phosphorus in relation to soil structure and nutrient mobility. Pl. Soil 16 (1): 62–70.
Wiersum, L. K., J. van der Boon & A. Das, 1966. Kunnen wortels van vruchtbomen stikstof uit diepere lagen van de grond opnemen? Stikstof 51: 203–211.
Williams, R. R., 1963. The effect of nitrogen on the self-fruitfulness of certain varieties of cider apples. J. hort. Sci. 38: 52–60.
Williams, R. R., 1965. The effect of summer nitrogen applications on the quality of apple blossom. J. hort. Sci. 40: 31–41.
Williams, R. R. & R. W. Rennison, 1963. Summer nitrogen: a new method of bringing apple trees into bearing. Exp. Hort. 9: 34–38.
Wit, C. T. de, 1953. A physical theory on placement of fertilizers. Versl. landbouwk. Onderz. 59.4.
Yokomizo, H., 1964. The accumulation of minerals and carbohydrates in apple trees grown in sand culture and their translocation in the following spring. Bull. hort. Res. Stn Morioka, Ser C, 2: 55–67. Hort. Abstr. 35: 420.
Zeller, O., 1960. Beginn des Blütenimpulses in den Knospen unserer Obstgehölze. Obstbau 78 (7): 1–3