

SW
—
A
113

ISN=405593

Stikstofanalyse en stikstofbemesting van een zandgrond voor
de teelt van tomaten

*Publikatie van het Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt
onder Glas te Naaldwijk No. 113*

L. S. Spithost

*Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas,
Naaldwijk*

Stikstofanalyse en stikstofbemesting van een zandgrond voor de teelt van tomaten

with a summary:

Nitrogen soil analysis and nitrogen fertilization of a sandy soil
for tomato culture



1965 *Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie*

Wageningen

Deze Publikatie verscheen tevens als: Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 671

© Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1965

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van dru
fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgeve
No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or an
other means without written permission from the publishers.

Inhoud

INLEIDING	3
1 METHODEN VAN ONDERZOEK	5
1.1 Proefvelden	5
1.2 Grondonderzoek	6
2 PROEFRESULTATEN	7
2.1 Stikstofvoorraadbemesting en opbrengst	7
2.2 Stikstofvoorraadbemesting en N-water	8
2.3 N-water en opbrengst	9
2.4 Voorraadbemesting en normvermeerdering	10
2.5 N-water en normvermeerdering	12
2.6 Optimale stikstofbemesting	13
2.7 Mineraliseerbare stikstof	14
2.8 N-water na de teeltproef	15
3 NABESCHOUWING	16
SAMENVATTING	20
SUMMARY	21
LITERATUUR	23

Inleiding

Groenteteelt onder glas is gekenmerkt o.m. door snelle groei van de gewassen en intensief grondgebruik, waardoor ook de onttrekking van minerale voedingsstoffen veelal op een hoog niveau ligt. Ter compensatie daarvan zijn zware bemestingen nodig.

Een ander aspect van de glascultures is de uitschakeling van de natuurlijke neerslag. In de wateraanvoer wordt voorzien door kunstmatige beregening, waardoor voedingsstoffen in het profiel kunnen worden verplaatst of uitgespoeld. Indien het gehalte aan oplosbare zouten in een kasgrond te hoog is voor een optimale plantengroei, wordt van dit verschijnsel zelfs een doelbewust gebruik gemaakt. Door de zware bemestingen enerzijds en door de kunstmatige watervoorziening aan de andere kant is het optreden van grote wisselingen in de bemestingstoestand van gronden onder glas een normaal verschijnsel.

Veranderingen in de huishouding van voedingsmineralen kunnen worden vastgelegd door regelmatig chemisch grondonderzoek. Het streven om daardoor tevens de behoefte aan meststoffen van de grond vast te stellen is een oud probleem, dat men reeds in het midden van de negentiende eeuw trachtte op te lossen.

In tegenstelling tot het onderzoek op fosfaat en kali heeft het grondonderzoek op stikstof tot nu toe echter weinig succes gehad.

Hoewel de methoden van de N-bepaling als zodanig meestal weinig problemen opleverden, gaf de interpretatie van de analyse-uitkomsten en het daarmee samenhangende bemestingsadvies onoverkomelijke moeilijkheden. Dit werd niet alleen veroorzaakt door de gecompliceerdheid van de stikstofhuishouding in de grond, doch ook door het feit, dat werd voorbijgezien aan de algemene regel, dat een methode van grondonderzoek slechts waarde heeft, indien de uitkomsten in verband zijn gebracht met de opbrengsten. In het verleden heeft het bij de meeste onderzoeken op dit gebied aan deze toetsing ontbroken of werden hoogstens enkele potproeven genomen, waardoor een algemene toepassing in de praktijk toch nog een dubieuze zaak bleef (GEBRING, 1931; GIESECKE, 1931; HASENBÄUMER, 1931; KÖNIG und HASENBÄUMER, 1926; NEMEC, 1926; RICHARD *et al.*, 1960).

Ondanks deze moeilijkheden werd in 1937 op het Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk een methode van grondonderzoek op stikstof als routinebepaling ingevoerd. Het op deze bepaling uitgebrachte bemestingsadvies berust grotendeels op algemene ervaringen die in de loop der jaren uit praktijkwaarnemingen werden verkregen.

Een poging om de stikstofbepaling een meer exacte basis te verschaffen werd door

VAN DER KLOES e.a. (1961) in 1954 ondernomen met een serie van 49 proefvelden bij tomaten. Ofschoon de afzonderlijke proefvelden veelal een reactie op de bemesting vertoonden, kon uit het totale cijfermateriaal geen statistisch betrouwbare relatie tussen de analyse-uitkomsten en de optimale bemesting worden afgeleid. De geschatte waarde, waarbij de stikstofbemesting achterwege kon blijven, lag aanzienlijk boven die welke in de regel werd aangehouden. Dit grote verschil was aanleiding tot een hernieuwd onderzoek in 1957, dat echter beperkter van opzet was dan dat van 1954. Het lag aanvankelijk in de bedoeling dit onderzoek uit te breiden met meer series bemestingsproeven en alle uitkomsten te zijner tijd samen te vatten. Door omstandigheden kon dit plan echter niet worden voltooid. Aangezien de stikstofserie-1957 evenwel in verschillende opzichten belangwekkende uitkomsten opleverde, werd besloten ze als nog te publiceren.

1 Methoden van onderzoek

1.1 Proefvelden

Tussen Loosduinen en Hoek van Holland werd op elk van twaalf tuindersbedrijven een proefveld aangelegd in een onverwarmd warenhuis. Gedurende de voorafgaande winter was van al deze warenhuizen het glasdek verwijderd geweest, zodat het weer ongehinderd op de grond kon inwerken. Een voorteelt werd niet uitgevoerd.

Uit grondonderzoek en profielbeschrijving bleek, dat de meeste proefvelden op vrij homogene, jonge duinzandgrond lagen. Oorspronkelijk heeft deze grond een zeer laag gehalte aan organische stof. Door het, zoals gebruikelijk, regelmatig toevoegen van veelal grote hoeveelheden organische meststoffen wordt het organische stofgehalte in de loop van de tijd hoger; zodoende kon het bij een enkel proefveld een waarde van ca 5% bereiken. Van een paar proefvelden had de zandgrond een meer mariene oorsprong, gezien de aanwezigheid van geringe hoeveelheden klei.

De grondwaterstand in maart bedroeg gemiddeld ca 0,80 m beneden het maaiveld; per proefveld was de afwijking gering.

De 12 proefvelden werden verdeeld in 4 gelijke groepen die in januari een stikstofbemesting ontvingen van 0, 2, 4 of 6 kg N/are in de vorm van kalkammonsalpeter (20,5% N). Na het opleggen van het glasdek, begin maart, werden binnen elk proefveld 4 stikstoftrappen aangebracht. De giften waren resp. 0, 1, 2 en 4 kg N/are als kalkammonsalpeter, waarbij de helft vooraf werd toegediend en de rest als 0-4-malige overbemesting van 0,5 kg N/are. Elk proefveld was opgezet volgens een 4×4 latijns vierkant, waarbij de grootte van een vak bruto ongeveer 3×5 m met 4×12 planten bedroeg en netto 2×8 planten.

Ter onderscheiding van de verschillende stikstofbemestingen zullen die toegediend in januari worden aangeduid als *voorraadbemesting*, die toegediend in maart en later als *basisbemesting*. Eigenlijk is de laatste term niet geheel juist. Immers bij het aanleggen van de N-trappen is slechts de helft van de stikstof als basisbemesting gegeven en de rest als overbemesting(en).

Het proefgewas tomaten, ras Victory, werd in de periode eind maart-begin april geplant. Opbrengstbepalingen werden verricht door één of meerdere malen per week te oogsten, afhankelijk van het productieverloop, en het gewicht aan rijpe vruchten te bepalen, waarmee werd doorgegaan tot begin september. Een indeling van de opbrengst naar kwaliteit kon om praktische redenen niet worden uitgevoerd.

1.2 Grondonderzoek

Grondmonsters van de laag 0-30 cm werden gestoken vlak voor de toediening van de voorraadbemestingen, onmiddellijk voor het aanleggen van de stikstoftrappen, en direct na het beëindigen van de teelt. In het grondmonster werd de in water oplosbare hoeveelheid stikstof bepaald. Daartoe werd de luchtdroge en gemalen grond bij een grond/vloeistof-verhouding van 1:5 geëxtraheerd met H₂O door gedurende 15 minuten krachtig te schudden. In het filtraat werd een totale stikstofbepaling uitgevoerd volgens COTTE en KAHANE (1946). De aldus bepaalde hoeveelheid stikstof is weergegeven in mg N per 100 g luchtdroge grond en wordt in het volgende als *N-water* aangeduid.

Naast dit onderzoek op *N-water* werd een aantal andere bepalingen uitgevoerd volgens het Proefstation te Naaldwijk gebruikelijke methoden.

Op 8 juni werden grondmonsters van de laag 0-30 cm gestoken ten behoeve van een onderzoek naar de stikstofmineralisatie, dat werd uitgevoerd door de afdeling Microbiologisch Onderzoek van de toenmalige Directie van de Wieringermeer-Noord-oostpolderwerken (VAN SCHREVEN, 1956). Daarbij werd na een incubatie van 6 weken bij een temperatuur van 29 °C de hoeveelheid gemineraliseerde stikstof bepaald, opgegeven in mg N per 100 g droge grond (zie tabel 1).

Tabel 1. Analyse-uitkomsten van de in januari gestoken grondmonsters en van het mineralisatieonderzoek (laatste kolom)

Bedrijf/ Marker- garden	Org. stof/ Org. matter (%)	CaCO ₃ (%)	pH-H ₂ O	NaCl ¹	Gloei- rest/ash (%)	N-water ¹	P ₂ O ₅ - water ¹	K ₂ O- water ¹	N-miner. ¹
1	4,1	0,3	7,0	9	0,2	1,4	1,9	8,8	1,8
2	1,2	2,4	7,6	2	0,14	1,2	1,4	1,5	1,2
3	2,8	4,9	8,0	5	0,04	0,8	2,7	5,5	2,0
4	4,0	0,0	5,6	5	0,11	2,8	7,9	16,1	1,7
5	1,8	1,6	7,7	2	0,10	2,8	5,2	9,5	2,1
6	4,7	1,2	7,4	6	0,05	1,0	5,1	5,9	2,1
7	3,0	2,4	7,6	2	0,07	0,4	3,6	4,3	1,4
8	5,1	0,4	6,8	16	0,10	2,6	5,6	7,8	1,8
9	1,3	2,4	7,6	5	0,05	0,7	2,2	1,9	2,2
10	2,6	1,5	7,8	5	0,05	0,8	3,5	6,8	1,8
11	3,5	0,5	7,3	6	0,09	0,9	5,2	9,0	2,2
12	1,7	2,7	7,8	2	0,07	1,2	4,8	12,8	2,1

¹ In mg per 100 g droge grond/in mg per 100 g dry soil

Table 1. Analysis of soil samples taken in January and in June (mineralization research)

2 Proefresultaten

Uit de proeven bleek, dat de reacties van de gewassen (gemeten naar de totale opbrengsten aan verse vruchten) onder invloed van de aangelegde stikstoftrappen sterk verschilden. Van de twaalf proefvelden vertoonden drie een positief lineair verband, op twee proefvelden was dit kwadratisch, op vier werd geen bemestingsinvloed waargenomen, terwijl tenslotte op drie proefvelden een negatief lineair verband optrad. In de regel was het verband tussen bemesting en gemiddelde opbrengst bevredigend, bij enkele proefvelden was deze relatie minder goed. Bij één proefveld kon, ondanks de relatief grote verschillen in opbrengsten tussen de objecten, geen betrouwbaar stikstof-effect worden aangetoond. De oorzaak van deze grote variantie-coëfficiënt binnen dit proefveld kon niet meer worden achterhaald.

2.1 Stikstofvoorraadbemesting en opbrengst

Het effect van de voorraadbemesting op de opbrengst is weergegeven in fig. 1 door de grootte van de stikstofgift over het gehele proefveld in januari uit te zetten tegen de opbrengsten van de later onbemeste vakken. Het verband is zeer redelijk, temeer daar in deze figuur gehele proefvelden en dus uiteindelijk de bedrijven als zodanig met elkaar worden vergeleken. De strenge selectie van de proefvelden bij het begin van het onderzoek zal zeker het nodige daartoe hebben bijgedragen. De spreiding binnen een bepaalde voorraadbemesting moet waarschijnlijk grotendeels worden verklaard uit de algemene gezondheidstoestand van de kasgronden. De punten boven de gemiddelde lijn corresponderen namelijk met nieuwe glasopstanden, terwijl de punten daaronder betrekking hadden op gewassen, die zichtbaar een minder goede stand hadden door *Verticilium*, kurkwortel en/of wortelknobbelaaltjes. Uit het cijfermateriaal kan een optimale voorraadbemesting worden afgeleid van ongeveer 3 kg N per are.

Opmerkelijk is, dat de onderzochte grondsoort scherp reageerde op de stikstofbemesting ten teken dat voor dit profiel de stikstofhuishouding van grote betekenis was ten aanzien van het producerend vermogen. Het gehele verloop van de N-kromme duidt op een gering bufferend vermogen van deze zandgrond ten aanzien van de stikstofbemesting, wat waarschijnlijk werd veroorzaakt door de lage gehalten aan organische stof. Bij een beschouwing van de afzonderlijke proefvelden werd de indruk verkregen, dat de reactie op de stikstofbemesting geprononceerder was bij een lager gehalte aan organische stof.

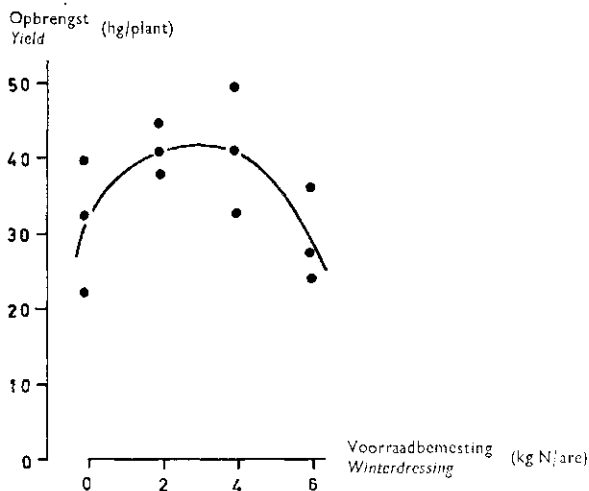


Fig. 1. Invloed van de voorraadbemesting op de opbrengst van vakken zonder latere basisbemesting

Fig. 1. The effect of winter dressing on yield of tomatoes without nitrogen fertilization before and after planting

2.2 Stikstofvoorraadbemesting en N-water

Om de invloed van de voorraadbemestingen op de stikstofhuishouding van de grond te kunnen nagaan, werden berekeningen gemaakt van de veranderingen in de hoeveelheden in water oplosbare stikstof van de laag 0-30 cm. Daartoe werd het verschil genomen tussen N-water begin januari voordat de voorraadbemesting was toegediend, en N-water medio maart voordat de basisbemesting was gegeven. Deze stijging van N-water werd uitgezet tegen de voorraadbemesting en de kromme geeft zo ongeveer het gemiddelde verband aan (fig. 2). De onderbroken lijn is de berekende regressielijn voor het geval dat alle toegediende stikstofmeststof in de bouwvoor aanwezig gebleven zou zijn, waarbij wordt aangenomen dat deze bouwvoor een volumegewicht heeft van

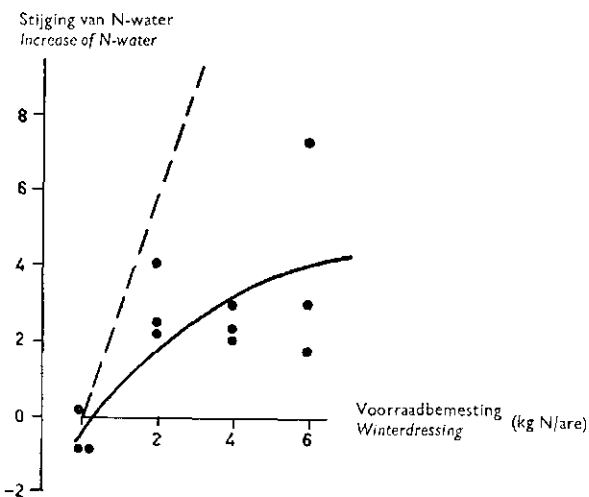


Fig. 2. Stijging van N-water gedurende de periode januari-maart onder invloed van de voorraadbemesting

Fig. 2. The effect of winter dressing on changes of N-water during the period January-March. The broken line for hypothetical case that no nitrogen is removed from the top-soil

1,2. Uit fig. 2 komt duidelijk naar voren, dat het verband tussen bemesting en stijging in N-water niet erg fraai was en dat bovendien het verschil tussen gevonden en berekend verband groot was. Dit duidt erop, dat van de toegediende voorraadbemesting enkele maanden later een aanzienlijk deel weer uit de bouwvoor was verdwenen. Hoewel vervluchtiging van het ammoniakale gedeelte van de stikstofbemesting (gezien de redelijke CaCO_3 -gehalten van de desbetreffende gronden) niet mag worden uitgesloten, moet de verklaring voor het verdwijnen van de stikstof uit de bouwvoor vermoedelijk grotendeels worden gezocht in een verplaatsing naar diepere lagen van het profiel. Deze veronderstelling wordt gesteund door de neerslagcijfers voor de bewuste periode, die belangrijk hoger lagen dan normaal, nl. op 82 en 59 mm voor februari en maart 1957, tegenover langjarige gemiddelden van 42 en 38 mm.

VAN DER BOON c.s. (1960) vonden, dat een in de winter toegediende stikstofbemesting uit de bouwvoor naar beneden kan worden verplaatst in afhankelijkheid van de regenval. Zo kon op zandgrond worden geconstateerd, dat een op 1 februari gegeven stikstofbemesting bij een normale hoeveelheid neerslag na 1 maand 50 cm diep in het project was doorgedrongen (VAN DER BOON en KOLENBRANDER, 1963). Grondmonsters van diepere lagen werden bij de onderhavige serie proeven helaas niet genomen waardoor bovengestelde hypothese niet is te verifiëren.

Ten aanzien van het verband tussen de voorraadbemesting en verandering in N-water blijkt, dat bij een geringe voorraadbemesting N-water wel een stijging vertoonde, doch dat bij zwaardere giften de verhoging van N-water de neiging had constant te blijven en wel op een niveau van ongeveer 3 mg N per 100 g grond. Verder werd de indruk verkregen, dat bij een bepaalde N-gift de verhoging van N-water groter was, naarmate het gehalte aan organische stof toenam.

2.3 N-water en opbrengst

Gezien enerzijds de correlatie tussen voorraadbemesting en opbrengst van de vakken zonder basisbemesting, anderzijds de alhoewel niet sterke toch aanwezige relatie tussen voorraadbemesting en stijging in N-water, werd een verband tussen N-water in maart en de opbrengst van de vakken zonder basisbemesting verwacht. Een correlatie tussen deze twee grootheden was inderdaad aanwezig, doch dit verband was vrij zwak (fig. 3). Met name het optimale karakter van de hoeveelheid vooraf toegediende stikstofmeststof komt minder uitgesproken tot uiting. Voor N-water zou de optimale waarde ten aanzien van de opbrengst van tomaten ongeveer 5 bedragen. Kennelijk was echter in dit geval de bepaling van N-water in de laag van 0-30 cm een minder duidelijke maatstaf voor de produktie, dan de grootte van de stikstofbemesting die als voorraad werd gegeven.

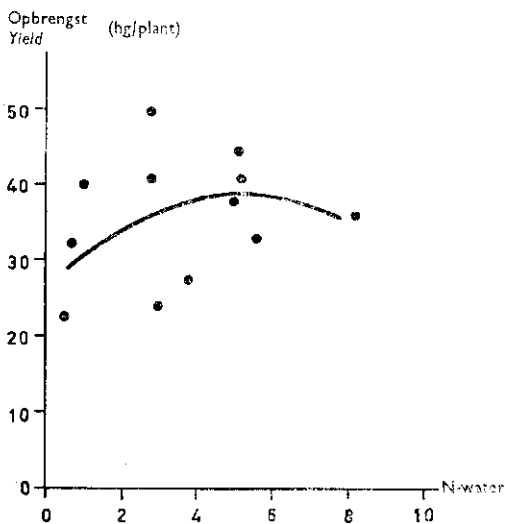


Fig. 3. Verband tussen N-water in maart en opbrengst van de vakken zonder latere stikstofbemesting

Fig. 3. Relation between N-water before planting and yield of tomatoes without subsequent nitrogen supply

2.4 Voorraadbemesting en norm-vermeerdering

Aan het begin van dit hoofdstuk werd er reeds op gewezen, dat bij de meerderheid van de proefvelden een invloed van de stikstofbasisbemesting werd waargenomen. Teneinde dit N-effect meer kwantitatief te kunnen omschrijven werd het begrip *norm-vermeerdering* ingevoerd. Onder de norm-vermeerdering wordt verstaan de vermeerdering van de opbrengst aan verse vruchten in hg per plant als gevolg van een bemesting van 1 kg N per are, waarbij de helft als basisbemesting is toegediend en de rest als éénmalige overbemesting tijdens de teelt. Deze bemesting was als één van de objecten in het onderzoek opgenomen. De toevoeging 'norm' wijst op het feit, dat deze methode van gedeelde stikstofbemesting inderdaad gebruikelijk is. De gedeelde gift van in totaal 1 kg N per are is zo ongeveer de laagste gift welke technisch uitvoerbaar is; in de praktijk wordt vaak een iets grotere minimumhoeveelheid toegediend (SPITHOFF, 1962). Gesteld kan dus worden, dat de norm-vermeerdering die verhoging van de opbrengst is, welke wordt veroorzaakt door de laagst mogelijke bemesting. Deze norm-vermeerdering werd per proefveld berekend uit het verschil tussen de objecten met 1 en 0 kg N per are voorzover er een vloeiend verloop was tussen de punten die de verhouding tussen basisbemesting en gemiddelde opbrengst weergaven. Bij proefvelden met een onregelmatiger samenhang tussen bemesting en opbrengst werd een lineaire vereffening uitgevoerd en uit de regressievergelijking het effect N_1 ten opzichte van N_0 afgeleid.

De aldus berekende norm-vermeerdering bleek negatief gecorreleerd met de stikstofvoorraadbemesting volgens de vergelijking

$$y = -0,46 x + 1,7$$

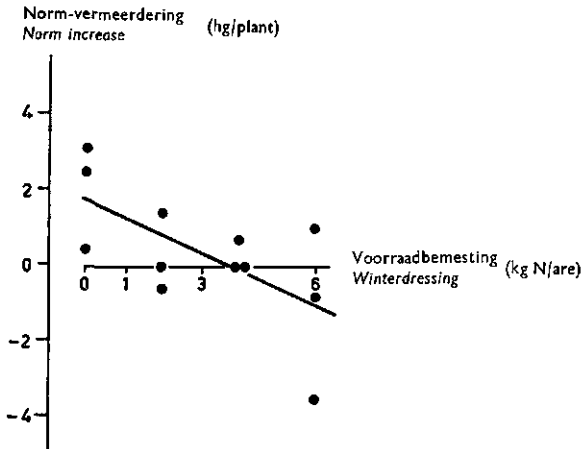


Fig. 4. Correlatie tussen stikstofvoorraadbemesting en norm-vermeerdering

Fig. 4. Correlation between winter dressing in January and norm increase

waarin y = norm-vermeerdering in hg per plant, x = stikstofvoorraadbemesting in kg N per are, $r = -0,64$ en $P = 0,02$ (fig. 4).

Wanneer geen stikstofvoorraadbemesting werd gegeven was de norm-vermeerdering maximaal en bedroeg ongeveer 1,75 hg per plant. Bij toenemende voorraadbemesting werd deze waarde kleiner, totdat ze uiteindelijk bij 4 kg N per are nihil was, terwijl ze boven deze gift zelfs negatief werd als gevolg van de oogstdepressie, die door de latere basisbemesting van 1 kg N per are werd uitgeoefend.

Uit een vergelijking van de functies in fig. 1 en fig. 4 komt een eigenaardigheid naar voren wat betreft de werking van de meststoffen toegediend resp. in januari en veel later vlak vóór en tijdens de teelt. Volgens fig. 1 is immers het *maximale* stikstofeffect van 1 kg N per are als voorraadbemesting ongeveer 7 hg per plant (zijnde het verschil tussen 1 en 0 kg N per are). Bij een latere stikstofbemesting resulteerde dit maximale effect echter volgens fig. 4 in 1,75 hg per plant. Deze discrepantie in stikstofrendement kan mogelijk gedeeltelijk zijn ontstaan door bedrijfsvariaties (zie paragraaf 2.1). Aan de andere kant is een verschil in stikstofwerking van 0,5 kg per plant wel zo groot dat het redelijk is aan te nemen, dat in het onderhavige geval door een vroegtijdiger toedienen van de stikstofbemesting het meststofrendement werd verhoogd.

In dit verband moet wel worden opgemerkt, dat de bij deze serieproeven gevolgde werkwijze, waarbij het glasdek tijdens de wintermaanden is verwijderd en geen teelt wordt beoefend, in 1965 niet meer in zwang is. Een dusdanige vroegtijdige stikstofbemesting zal momenteel slechts in incidentele gevallen kunnen worden toegediend, met name bij nieuwe glasopstanden door tijdens of reeds voor het bouwen de eerste stikstofbemesting te geven.

Een ander aspect van dit verschil in stikstofrendement is de kwestie, dat bij de huidige tomatenteelt de stikstofbemesting bijna nooit in z'n geheel wordt gegeven doch in gedeelten. Ongeveer de helft van de totale dosis wordt vlak voor het uitplanten als basisbemesting toegediend, terwijl de andere helft als overbemestingen tijdens de teelt wordt verstrekt. De overbemesting vindt plaats naar de inzichten van de tuinder, soms

op het moment dat het gewas reeds duidelijk een N-tekort vertoont. Daarnaast wordt ook wel gebruik gemaakt van de analyse op N-water in een tussentijds gestoken grondmonster (het zogenaamde bijmestonderzoek). Zeker is een stikstofbemesting op het moment van een zichtbaar N-tekort van het gewas niet bevorderlijk voor de productie, maar gezien de verkregen uitkomsten kan de vraag worden gesteld, of in het algemeen een overbemesting met stikstof bij tomaten wel juist is. Het feit, dat dit proefveldenresultaat in tegenstelling staat tot de gebruikelijke bemestingsmethode in de groenteteelt onder glas, wettigt een uitgebreider onderzoek in deze materie.

2.5 N-water en norm-vermeerdering

Na lineaire vereffening werd een verband gevonden tussen N-water en de norm-vermeerdering volgens de vergelijking:

$$\text{norm-vermeerdering} = -0,34 \text{ N-water} + 1,6$$

waarbij $r = -0,46$ en $P = 0,15$ (zie fig. 5). De norm-vermeerdering was dus zwakker gecorreleerd met N-water dan met de stikstofvoorraadbemesting. De minder sterke correlatie tussen N-water en opbrengstvermeerdering had tevens tot gevolg, dat voor het optimum van N-water niet een bepaalde waarde werd gevonden doch meer een bepaald traject, waarbinnen een later toegediende stikstofbemesting niet meer nodig was. Dit optimale gebied van N-water lag voor het onderhavige onderzoek tussen 4 en 5 mg N per 100 g droge grond.

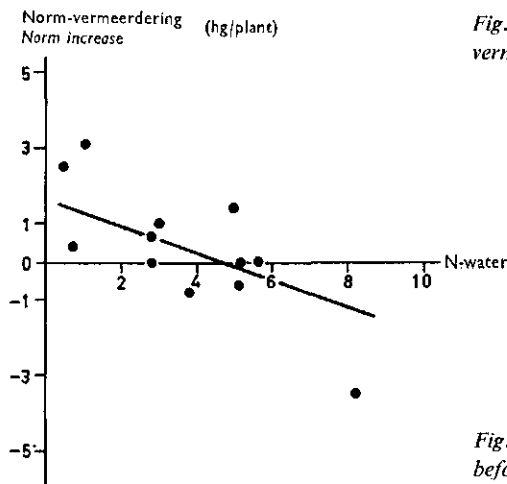


Fig. 5. Correlatie tussen N-water in maart en norm-vermeerdering

Fig. 5. Correlation between N-water in March before planting and norm increase

2.6 Optimale stikstofbemesting

Behalve de kwestie of een minimale stikstofbemesting moet worden toegepast of niet, is het van belang de grootte van de optimale stikstofbemesting beneden de optimale waarde voor N-water te kennen. Het verband tussen N-water in maart en de optimale N-bemesting is weergegeven in fig. 6. Bij de berekening ervan werd uitgegaan van de uitkomsten van negen bedrijven, aangezien voor de overige drie proefvelden de optimale stikstofbemesting niet door interpolatie kon worden vastgesteld. Volgens een rechte lijnige vereffening was:

$$\text{optimale stikstofbemesting} = -0,76 \text{ N-water} + 4,3$$

waarin de optimale N-bemesting in kg N per are en N-water in mg N per 100 g luchtdroge grond zijn uitgedrukt, terwijl $r = -0,81$ en $P < 0,01$. Bij een N-water van 5 à 6 bedroeg de optimale stikstofbemesting nul en diende een bemesting achterwege te blijven. Gezien de praktische grens van ca. 1 kg N per are (waarop reeds in het voorgaande is gewezen) kan reeds bij een iets lagere waarde van N-water (nl. 4) van de bemesting worden afgezien. Bij een N-water van nul bedroeg de optimale stikstofbemesting ca. 5 kg N per are en bereikte daarmee de maximale waarde. Bovenstaande formules zijn voor een snelle toepassing minder geschikt. Na een afronding kan beter gebruik worden gemaakt van de vuistregel:

$$\text{optimale stikstofbemesting in kg N/are} = 5 - \text{N-water}$$

Aangezien deze formule voor de stikstofbemesting op een gering aantal waarnemingen berust, is nadere toetsing nog gewenst.

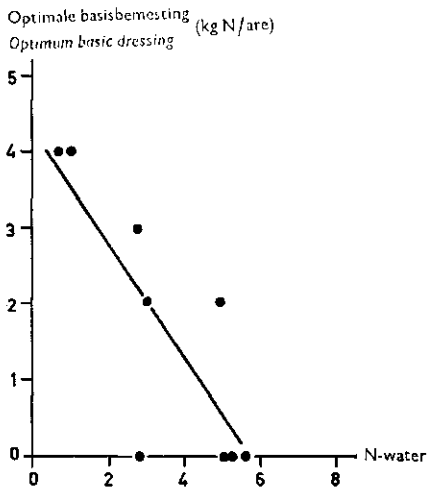


Fig. 6. Invloed van N-water op de grootte van de optimale basisbemesting

Fig. 6. Influence of N-water in March on the optimum basic dressing

De correlatie tussen de voorraadbemesting en de optimale stikstofbasisbemesting was hoewel minder uitgesproken toch nog significant nl. $r = -0,64$ en $P = 0,03$ met als vergelijking:

$$\text{optimale stikstofbemesting} = -0,48 \text{ voorraadbemesting} + 3,0$$

waarin beide bemestingen in kg N per are zijn uitgedrukt (fig. 7). Bovenstaande regressievergelijking werd berekend uit alle twaalf proefvelden. Voor het vaststellen van de optimale N-gift per proefveld werd geen extrapolatie toegepast. Indien deze kennelijk buiten het traject van de toegepaste stikstoftrappen viel, werd volstaan met het aannemen van de hoogste of laagste proefbemesting als optimale gift. De vergelijking voor de optimale N-gift en de voorraadbemesting is dan ook een vrij grove benadering, zodat in werkelijkheid regressiecoëfficiënt en constante groter zijn.

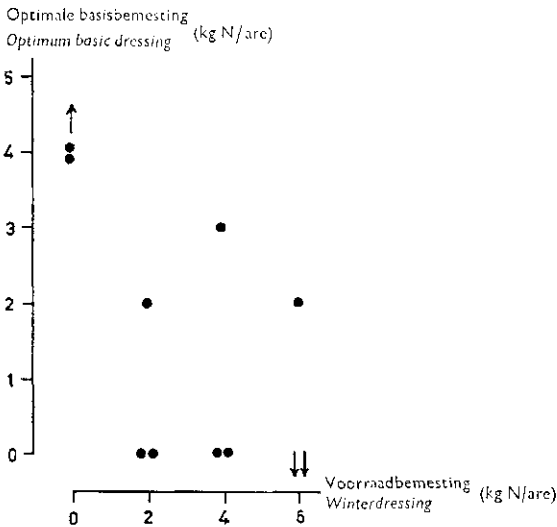


Fig. 7. Verband tussen de voorraadbemesting en de optimale basisbemesting

Fig. 7. Correlation between winter dressing and optimum basic dressing

2.7 Mineraliseerbare stikstof

De hoeveelheid mineraliseerbare stikstof in de laag van 0-30 cm wisselde van 1,2 tot 2,2 mg N per 100 g droge grond en de variaties hierin waren aanzienlijk kleiner dan die, welke bij N-water optraden (zie laatste kolom van tabel I). Het gehalte aan organische stof bleek niet van invloed te zijn op de hoeveelheid mineraliseerbare stikstof. Ten aanzien van de opbrengsten op de niet van een basisbemesting voorziene vakken of wat betreft de norm-vermeerdering kon geen effect van de mate van stikstofmineralisatie worden vastgesteld.

2.8 N-water na de teeltproef

Aan het einde van de tomatenteelt begin september werd van elk vak binnen een proefveld de laag 0-30 cm bemonsterd. Uit de analyse-resultaten bleek dat op bijna alle proefvelden N-water toen samenhang met de basisbemesting. Wanneer de proefvelden werden gegroepeerd naar de diverse voorraadbemestingen, was voor de gemiddelde cijfers dit verband nog duidelijker (fig. 8).

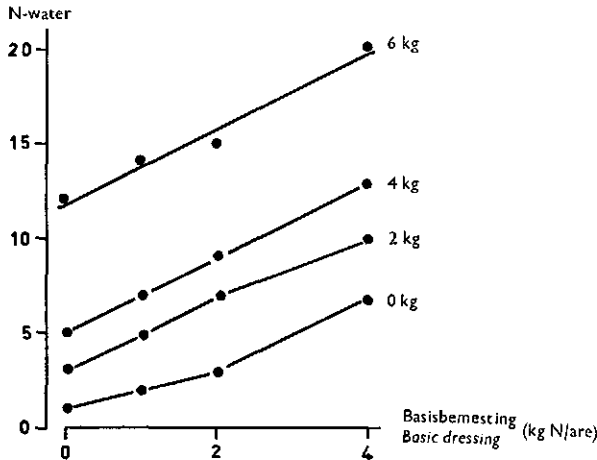


Fig. 8. Invloed van de stikstofbasisbemesting op N-water na aftoef van de teelt bij voorraadbemestingen van resp. 0, 2, 4 en 6 kg N per are

Fig. 8. N-water after the cultivation of tomatoes as influenced by basic dressings at winter dressings of 0, 2, 4 and 6 kg of nitrogen per are

Bij een vergelijking tussen de proefvelden kwam eveneens een dergelijk effect van de voorraadbemesting naar voren (fig. 9). In het algemeen werd, naarmate meer stikstof was gegeven, aan het einde van de proefnemingen in de bovenlaag van het profiel meer in water oplosbare stikstof teruggevonden. Gemiddeld maakte het geen verschil of deze bemesting in januari was gegeven als voorraadbemesting of veel later als basis- en overbemesting. Opmerkelijk is, dat het effect van de voorraadbemesting op N-water aan het einde van het onderzoek veel beter tot uiting kwam dan aan het begin van de teeltproeven (zie fig. 2).

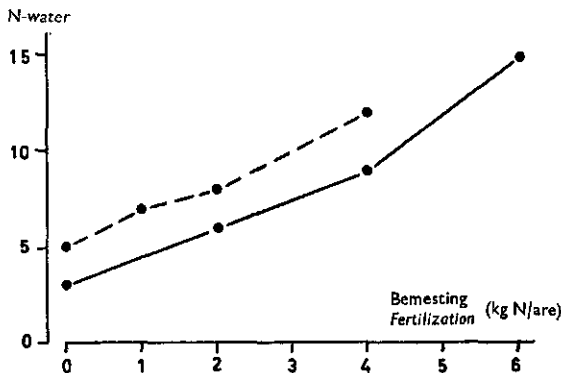


Fig. 9. Effect van de voorraadbemesting in januari op N-water na de teelt gemiddeld over de 4 trappen van de basisbemesting. De streeplijn geeft het gemiddelde verloop van de lijnen in fig. 8 weer

Fig. 9. N-water after the cultivation of tomatoes as influenced by winter dressing. The dotted line is the mean regression of fig. 8

3 Nabeschouwing

In het voorgaande is de mogelijkheid naar voren gekomen om door middel van vooraf toe te dienen wisselende stikstofgiften variaties in stikstofrijksdom van de grond aan te brengen, die tot op zekere hoogte bepalend zijn voor het effect van een latere stikstofbemesting op de opbrengst van tomaten. Een bepaling van de met water extraheerbare stikstof in de laag 0-30 cm (N-water) opent de mogelijkheid de werking en de optimale grootte van de stikstofbemesting met een redelijke betrouwbaarheid te schatten. Wanneer namelijk wordt uitgegaan van de gedachte, dat de opneembare stikstof in de grond nodig is voor de plantengroei in het algemeen en verder dat de hoeveelheid van deze stikstof bepalend is voor de hoeveelheid geproduceerd plantaardig materiaal, dan zal een relatie tussen de stikstofhuishouding van de grond en N-water van de laag 0-30 cm ten gevolge hebben dat de opbrengst correleert met N-water. De mogelijkheid van dit systeem kon worden aangetoond in een onderzoek met een groot aantal potgronden voor het opkweken van jonge tomatenplanten (SPIT-HOST, 1962). Tussen N-water en de opbrengst aan verse massa van jonge tomatenplanten bleek namelijk een verband aanwezig. Uit de aard van de bij dat onderzoek gevolgde methodiek moet in aanmerking worden genomen, dat N-water werd bepaald in grondmengsels die later in een soort potproef de planten in gelijke volumina werden aangeboden. Zodoende was N-water een maatstaf voor de totale hoeveelheid opneembare stikstof. Hoewel door RICHARD c.s. (1960) een afwijkende methodiek voor de bepaling van stikstof werd toegepast, kwamen zij na potproeven met maïs tot een resultaat van gelijke strekking.

Waarschijnlijk zal dus bij een veldproef ook wel een correlatie tussen N-water en opbrengst bestaan, mits N-water in de grondlaag van 0-30 cm op de een of andere wijze (en welke doet er in eerste instantie weinig toe) representatief is voor de beschikbare stikstofvoorraad in het gehele profiel.

Dat het stikstofgehalte van de bovengrond echter slechts ten dele een aanwijzing is voor de beschikbare stikstofvoorraad in het gehele profiel werd afgeleid uit een door ROORDA VAN EYSINGA en JANSEN (1963) verricht onderzoek, waarbij gedurende één jaar van een zevental kasgronden periodiek in een Morgan-extract oplosbaar nitraat werd bepaald. Uit het door hen gegeven cijfermateriaal werden de correlaties berekend tussen de nitraatgehalten van de grondlagen 0-20 cm (x_1), 20-40 cm (x_2) en 40-60 cm (x_3): zie tabel 2.

Van de zeven proefplekken waren er dus drie met een sterk verband tussen het nitraatgehalte van de laag 0-20 cm en dat van de laag 20-40 cm. Daarbij was slechts één bedrijf met een significante correlatie-coëfficiënt voor het verband tussen x_1 en x_3 .

Tabel 2. Correlatie-coëfficiënten voor NO_3 -gehalten van verschillende grondlagen (berekend uit gegevens van ROORDA VAN EYSINGA en JANSEN, 1963)

Bedrijf/ Market-garden	n	$r_{x_1x_2}$	$r_{x_1x_3}$	$r_{x_2x_3}$
J. D.	18	+0,60**	+0,56*	+0,89***
Gebr. J.	18	+0,72***	+0,31	+0,76***
P. S.	17	+0,63**	+0,45(*)	+0,34
P. H.	12	+0,66*	+0,31	+0,75***
P. R.	15	-0,04	+0,16	+0,74***
Gebr. S.	10	-0,14	-0,18	+0,47
M. B.	15	+0,63*	+0,19	+0,63*
gezaamenlijk total	105	+0,63***	+0,43***	+0,76***

(*) $P < 0,1$ * $P < 0,05$ ** $P < 0,01$ *** $P < 0,001$
 $x_1 = 0-20$ cm; $x_2 = 20-40$ cm; $x_3 = 40-60$ cm.

Table 2. Correlation coefficients for NO_3 contents of various soil layers (calculated from data supplied in ROORDA VAN EYSINGA en JANSEN, 1963)

Merkwaardig is, dat de correlatie-coëfficiënten voor de lagen 20–40 cm en 40–60 cm de hoogste waarden bereikten. Een en ander zou tot de conclusie leiden, dat een grondmonster van de laag 20–40 cm het beste een indruk gaf van de stikstofrijkdom van het gehele profiel. Wanneer alle waarnemingen bij elkaar worden gevoegd, blijken er zeer significante correlaties te bestaan tussen de nitraatgehalten van de diverse lagen in het profiel. De correlatiecoëfficiënten zijn echter niet hoog en wijken aanzienlijk van + 1,0 af. De desbetreffende regressievergelijkingen zijn in fig. 10 en in fig. 11 gegeven en ook daarin komt door de divergentie van de lijnen de grote spreiding naar

Fig. 10. Verband tussen nitraatgehalten in grondmonsters van de lagen 0–20 cm en 20–40 cm bewerkt naar gegevens van ROORDA VAN EYSINGA en JANSEN (1963)

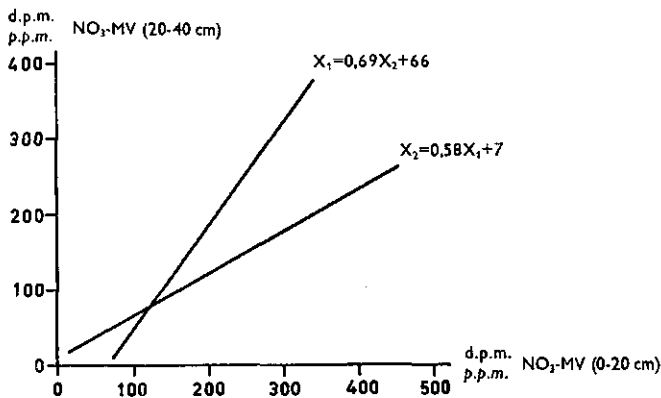


Fig. 10. Relation between the nitrate content in the layer 0–20 cm and the nitrate content in the layer 20–40 cm, after ROORDA VAN EYSINGA en JANSEN (1963)

Fig. 11. Verband tussen nitraatgehalten in grondmonsters van de lagen 0-20 cm en 40-60 cm bewerkt naar gegevens van ROORDA VAN EYSINGA en JANSEN (1963)

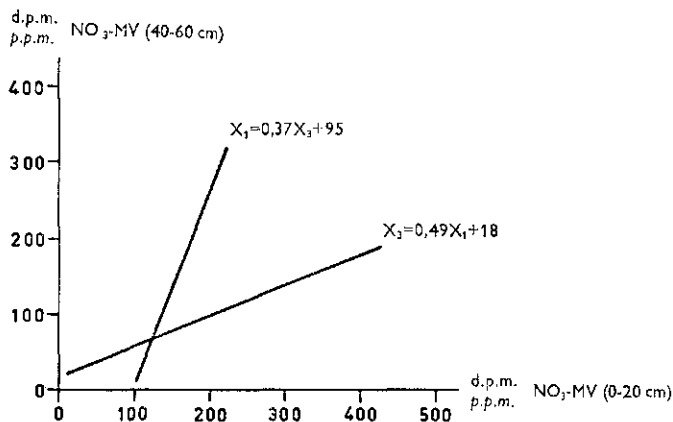


Fig. 11. Relation between the nitrate content in the layer 0-20 cm and the nitrate content in the layer 40-60 cm, after ROORDA VAN EYSINGA en JANSEN (1963)

voren. Dit betekent dat, indien een verband tussen het gemiddelde nitraatgehalte van het doorwortelbare profiel en de stikstofbemesting bekend zou zijn, met behulp van het nitraatgehalte van de bouwvoor gemiddeld voor een groot aantal monsters een redelijk bemestingsadvies kan worden gegeven, doch dat ten aanzien van een individuele waarneming de betrouwbaarheid gering zal zijn.

Bovengenoemd onderzoek had betrekking op nitraat dat aan het grondmonster onttrokken werd door een zwak zuur extractiemiddel. Daar uit een ander onderzoek een sterk verband tussen NO₃-MV en N-water naar voren kwam (VAN DER KLOES e.a., 1961), zal N-water zich op analoge wijze gedragen. Door de grote oplosbaarheid van nitraten in het bodemvocht kan worden verwacht, dat N-water in een monster van de bovenlaag slechts bij uitzondering een nauwkeurige afspiegeling zal zijn van de stikstofrijksdom van het gehele profiel. Uit eigen, niet gepubliceerde, gegevens is gebleken, dat de stikstoftoestand van kasgronden zeer labiel kan zijn en in korte tijd sterk kan schommelen.

Des te opmerkelijker is het goede verband tussen de bemesting en N-water, dat aan het einde van deze proevenserie werd gevonden. Waarschijnlijk is dit een gevolg geweest van de gewoonte om aan het einde van de tomatenteelt minder zorg aan het gewas te besteden waardoor ook minder of in het geheel niet wordt gegoten. Zodoende kan door de voortgaande verdamping van de grond met de stijgende vochtstroom nitraat worden opgehoopt in de bovenlaag. Deze accumulatie van stikstof in de bouwvoor zou dus de oorzaak kunnen zijn van de correlatie tussen de toegediende hoeveelheid stikstofmeststof en N-water.

Dat bij het onderhavige onderzoek N-water een redelijke indicator voor de optimale stikstofbemesting is gebleken, moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan de

min of meer systematische proefuitvoering. In dit verband kan worden gewezen op het gebruikmaken van voorraadbemestingen om een traject van N-water te formeren. Daardoor heeft deze reeks stikstofbemestingsproeven gedeeltelijk het karakter van een modelproef gekregen en zullen de uitkomsten met de nodige reserve moeten worden bekeken.

Volgens eerder aangehaald onderzoek werd door VAN DER KLOES e.a. (1961) N-water geen betrouwbare maatstaf bevonden voor de stikstofbemesting; niet als bepaling vooraf ten aanzien van de basisbemesting en ook niet wanneer deze analyse tijdens de teelt werd uitgevoerd om daaruit de grootte van de overbemesting af te leiden.

Mogelijk hing deze conclusie samen met de minder schematische opzet van de serieproef. De discrepantie tussen N-water en stikstofbemesting zou in dat geval een gevolg kunnen zijn geweest van het niet gekoppeld zijn van N-water en de stikstofvoorraad van het gehele doorwortelbare profiel.

Het is niet aan enige twijfel onderhevig dat, wil men voor de N-waterbepaling een verantwoord adviesschema opstellen, het desbetreffende onderzoek moet worden voortgezet. Deze onderzoeken zullen misschien duidelijk kunnen maken, dat bij de teelt van groentegewassen onder glas ten behoeve van het stikstofbemestingsadvies het grondmonster van de laag 0-30 cm voor een analyse op N-water bij een zo droog mogelijke grond moet worden genomen. Uit praktisch oogpunt bekeken kan een dergelijke bemonstering echter bezwaren met zich meebrengen, zodat een onderzoek naar de waarde van een monster van het gehele doorwortelbare profiel (of althans het grootste deel daarvan) waarschijnlijk meer perspectieven biedt. Daarenboven zal het misschien nodig zijn om het grondwater te analyseren op de aanwezigheid van nitraten teneinde een indruk te verkrijgen van een eventuele 'nalevering' van stikstof. Tevens zal dan aandacht kunnen worden besteed aan het probleem omtrent de uitdrukkingwijze van N-water, waarbij immers de hoeveelheid in water oplosbare stikstof wordt betrokken op een gewichtshoeveelheid grond. Wanneer zou blijken, dat de in het gehele profiel aanwezige hoeveelheid stikstof een betere maatstaf is voor de stikstofbemesting, verdient het wellicht de voorkeur om N-water te betrekken op een bepaalde volume-eenheid. Een bijkomend voordeel is, dat een correctie met behulp van het gehalte aan organische stof ter compensatie van verschillen in volumegewicht van de grond alsdan overbodig is.

Samenvatting

Op zandgrond werden voor de teelt van tomaten in onverwarmde warenhuizen 12 bemestingsproeven met stikstof aangelegd. In januari werd een *voorraadbemesting* uitgevoerd van 0, 2, 4 of 6 kg N per are over het gehele proefveld. Gedurende de winter lag elk warenhuis open. In maart werd het glasdek weer opgelegd, waarna binnen elk proefveld volgens een 4×4 'latin square' als *basisbemesting* vier N-trappen werden aangebracht en wel van 0, 1, 2 en 4 kg N per are. Grondmonsters werden gestoken van de laag 0-30 cm, waarin N werd bepaald als totale hoeveelheid oplosbaar in water na een 1 : 5 extractie (*N-water*). De uitkomsten van andere bepalingen zijn vermeld in tabel 1.

De voorraadbemesting beïnvloedde de opbrengst van de vakken zonder basisbemesting en was optimaal bij ongeveer 3 kg N per are (Fig. 1).

Vergeleken werden N-water vóór de voorraadbemesting en onmiddellijk vóór de basisbemesting; een belangrijk deel van de als voorraadbemesting gegeven N bleek in deze periode uit de bouwvoor te zijn verdwenen. Bij hogere giften bleef de toeneming van N-water ongeveer constant met een waarde van ca. 3 mg N per 100 g grond (Fig. 2).

De correlatie tussen N-water vlak voor de teelt en de opbrengst zonder basisbemesting en was zwak (Fig. 3).

Onder *norm-vermeerdering* werd verstaan de vermeerdering in opbrengst in hg per plant als gevolg van een basisbemesting van 1 kg N per are. Deze norm-vermeerdering was negatief gecorreleerd met de voorraadbemesting (Fig. 4), bedroeg zonder voorraadbemesting ongeveer 2 hg per plant, was bij 4 kg N per are nihil en bij 6 kg negatief.

Tussen N-water en de norm-vermeerdering bestond een zwakke correlatie met als optimum voor N-water ongeveer 5.

Het zeer significante verband tussen N-water en de optimale N-gift als basisbemesting beantwoordde aan de vereenvoudigde formule:

$$\text{optimale N-gift in kg N/are} = 5 - \text{N-water}$$

De mineraliseerbare N varieerde aanzienlijk minder dan N-water en had geen invloed op de opbrengsten.

N-water na de proef was gemiddeld over alle proefvelden sterk afhankelijk van de voorraadbemesting en van de basisbemesting (Fig. 8 en 9).

Het verband tussen N-water en de optimale basisbemesting is gebleken in een modelproef, waarvan de uitkomsten met reserve moeten worden bekeken. Waarschijnlijk is de bruikbaarheid van N-water als criterium voor de stikstofbemesting afhankelijk van de mate, waarin N-water correleert met de totale hoeveelheid opneembare stikstof in het doorwortelbare profiel.

Voortzetting van het onderzoek in die richting wordt aanbevolen.

Summary

12 field experiments were carried out on sandy soils in unheated glasshouses in order to calibrate a nitrogen soil test with the nitrogen fertilization of tomatoes.

A 4×4 latin square was laid out in each glasshouse at the beginning of the experiments in January. The 12 latin squares were divided into 4 groups, in each group all plots received a nitrogen winter dressing of 0 - 2 - 4 or 6 kg N per are in the form of nitrochalk (20.5% N).

During winter the glasshouses were uncovered. In March the roofs were covered and 4 levels of nitrogen applied in each latin square viz. 0 - 1 - 2 and 4 kg N per are in the form of nitrochalk (20.5% N). Half the nitrogen fertilizer was applied just before planting, the other half as top dressing.

Soil samples were taken of the topsoil (0 - 30 cm) to determine the amount of water-soluble soil nitrogen with a soil: water ratio of 1:5. The results are expressed as mg N per 100 grams dry soil (N-water).

The yield of fresh tomatoes on the plots without a nitrogen dressing before and after planting was affected by the January winter dressing, the optimum yield being obtained with a dressing of 3 kg N per are (Fig. 1). The relation between N-water and this yield was less clear (Fig. 3), the highest yield was reached at N-water of about 5.

'Norm increase' - the increase of the yield obtained with 1 kg N per are added at the time of planting and as top dressing - correlated with the winter dressing (Fig. 4); after a winter dressing of 4 kg N per are a later nitrogen fertilization of 1 kg N per are was ineffective. The relation between N-water and norm increase indicated an optimum for N-water of about 5 (Fig. 5). The regression equation of N-water and the optimum nitrogen dressing before and after planting was given by the simplified formula:

$$\text{optimum nitrogen dressing in kg N per are} = 5 - \text{N-water}$$

In the discussing of the results it is pointed out that the formation of a range of different values for N-water was a somewhat artificial use of winter dressings, so that N-water of the topsoil is probably correlated with the total amount of available nitrogen of the rooted profile. This limited the validity of the above-mentioned equation because a single determination of N-water of the topsoil does not usually provide an accurate forecast of the total amount of available nitrogen since nitrates fluctuate widely (Fig. 10 and Fig. 11).

It is assumed that the water-soluble nitrogen of the rooted profile is determined instead of that of the topsoil only, a more reliable estimate will be obtained of the nitrogen fertilizer requirement of a glasshouse crop.

Literatuur

- BOON, J. VAN DER, P. DELVER en A. POWWER 1963 Stikstofbemesting in de fruitteelt. *Tuinbouwgiids* 1963: 345-347.
- BOON, J. VAN DER en G. J. KOLENBRANDER 1960 Verplaatsing van stikstof naar de diepte in een gras-boomgaard. *Landbk. Tijdschr.* 72: 904-915.
- COTTE J. et E. KAHANE 1946 Sur une nouvelle methode de réduction pour le dosage des nitrates. *Bull. Soc. Chim. Fr.* 1946: M 542-544.
- GEHRING, A. 1931 Die Bestimmung der im Boden im leichtlöslichen Zustande vorkommenden Nährstoffe. In BLANCK, Handbuch der Bodenlehre Bd VIII: 104-148. Berlin, Springer.
- GIESECKE, F. 1931 Das Stickstoffkapital des Bodens und seine Bestimmung. In: BLANCK, Handbuch der Bodenlehre, Bd VIII: 421-452. Berlin, Springer.
- HASENBÄUMER, J. 1931 Die chemische Bodenanalyse. In: HONCAMP, Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre, Bd I: 771-806. Berlin, Springer.
- KLOES, L. J. J. VAN DER, c.s. 1961 Eénjarige seriebestedingsproeven met stikstof bij koud geteelde tomaten. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Rapport VI-1961.
- KLOES, L. J. J. VAN DER, c.s. 1961 Samenhang tussen grondanalysecijfers voor stikstof, fosfaat, kalium en magnesium volgens verschillende analysemethoden in de glasteelt. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Rapport VI-1961, bijlage 1.
- KÖNIG, J. und J. HASENBÄUMER 1926 Ermittlung des Düngungsbedürfnisse des Bodens II. *Zeitschr. Pflanzenern. Düng. und Bodenkn.* 5: 443-468.
- NEMEC, A. 1926 Ein neues Verfahren zur raschen Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Ackerböden. *Deutsche Landw. Presse* 53: 463-464.
- RICHARD, T. A., c.s. 1960 A chemical method for determining available soil nitrogen. 7th Intern. Congr. Soil Sci. Trans. II, 28-35.
- ROORDA VAN EYSINGA, J. P. N. L. en G. JANSEN 1963 Periodiek onderzoek naar het verloop van het gehalte aan oplosbare stikstof in kasgrond. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Rapport 18-1962.
- SCHREVEN, D. A. VAN 1956 Stikstofomloop en stikstofanalyse voor het schatten van de stikstofbehoefte. *Meded. Dir. Tuinb.* 19: 641-655.
- SPITHOST, L. S. 1962 Stikstofbemesting bij tomaten. *Stikstof* 35/36: 469-477.