**Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond**

# Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmaïs

## Nitrogen losses of silage maize as affected by winter catch crops

ir. J. Schröder, CABO-DLO
L. ten Holte, CABO-DLO
ir. W. van Dijk, PAGV
ing. W.J.M. de Groot, SC-DLO
ing. W.A. de Boer, SC-DLO
ir. E.J. Jansen, SC-DLO

verslag nr. 148
november 1992

PROEFSTATION LELYSTAD

Edelhertweg 1, postbus 430, 8200 AK Lelystad, tel. 03200-91111

cabo-dlo

DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek,
postbus 14, 6700 AA Wageningen

sc-dlo

DLO-Staring Centrum, postbus 125, 6700 AC Wageningen

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0968 5567

# INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING . . . . . 6

SUMMARY . . . . . 7

1. INLEIDING . . . . . 8

2. PROEFOPZET . . . . . 12
   2.1 Bodemgesteldheid . . . . . 12
      2.1.1 Profielbeschrijving . . . . . 12
      2.1.2 Hydrologie . . . . . 14
      2.1.3 Waterretentiekarakteristiek . . . . . 14
      2.1.4 Vochtleverend vermogen . . . . . 15
   2.2 Proefuitvoering . . . . . 16
   2.3 Bepalingen . . . . . 18
      2.3.1 Mestmonsters . . . . . 18
      2.3.2 Grondmonsters . . . . . 18
      2.3.3 Gewasmonsters . . . . . 19
      2.3.4 Grondwaterstanden . . . . . 20
      2.3.5 Bodemvochtmonsters . . . . . 20
   2.4 Weersgegevens . . . . . 23
      2.4.1 Zomers . . . . . 23
      2.4.2 Winters . . . . . 25
   2.5 Neerslagoverschot en waterafvoer . . . . . 28

3. RESULTATEN . . . . . 30
   3.1 Hydrologie . . . . . 30
      3.1.1 Grondwaterstandsverloop en drukhoogte . . . . . 30
      3.1.2 Waterafvoer . . . . . 33
      3.1.3 Vochtonttrekking door wintergewassen in het voorjaar . . . . . 34

3.2 Gewas . . . . . 34
3.2.1 Algemeen . . . . . 34
3.2.2 Droge stofopbrengst en stikstofopbrengst van snijmaïs . . . . 36
3.2.3 Droge stofopbrengst en stikstofopbrengst van winter-gewassen . . . . . 38
3.2.4 Interacties tussen snijmaïs en wintergewassen . . . . . 41
3.3 Uitspoeling . . . . . 45
3.3.1 Chloridegehaltes . . . . . 45
3.3.2 Nitraatgehaltes . . . . . 46
3.3.3 Ruimtelijke variabiliteit . . . . . 51
3.3.4 Berekende nitraatuitspoeling . . . . . 53
3.3.5 Relatie tussen nitraatuitspoeling en minerale bodem-N in het najaar . . . . . 56
3.4 Stikstofbalansen . . . . . 58
3.4.1 Stikstofbalans tussen voorjaar en voorzomer . . . . . 58
3.4.2 Stikstofbalans tussen voorjaar en herfst . . . . . 62
3.4.3 Stikstofbalans tussen herfst en voorjaar . . . . . 65
3.5 Simulatie van de N-mineralisatie . . . . . 67
3.6 Wijzigingen in de bodemvruchtbaarheid . . . . . 70

4. DISCUSSIE . . . . . 71
4.1 Meetbaarheid van de effecten . . . . . 71
4.2 N-vastlegging door wintergewassen . . . . . 71
4.3 Nitraatuitspoeling en -gehalte . . . . . 73
4.4 EG-richtlijn voor drinkwaterkwaliteit . . . . . 74
4.5 Winterbalans . . . . . 75
4.6 Benutting van N uit dierlijke mest en kunstmest . . . . . 76
4.7 Benutting van N uit wintergewassen . . . . . 77
4.8 Resteffecten van wintergewassen . . . . . 79
4.9 Strategie . . . . . 80
4.10 Rogge of gras . . . . . 81
4.11 Ten behoeve van de praktijk . . . . . 82

5. LITERATUUR . . . . . 84

Bijlagen . . . . . 89

# WOORD VOORAF

Dit rapport vormt een tussentijds verslag van een veldproef op het Regionaal Onderzoekscentrum Aver Heino waarin het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV), het DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO) en het DLO-Staring Centrum (SC-DLO) gezamenlijk onderzoek doen naar de effecten van wintergewassen op de uitspoeling en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Gezien de belangstelling voor dit onderwerp is besloten om halverwege de voorziene duur van de proef een tussenbalans op te maken. Het onderzoek wordt ter plaatse begeleid door H. van Schooten. Naast hem, willen we ook de machinisten van de drijfmestdoseermachine en de betrokken medewerkers van het ROC, PAGV, CABO-DLO en SC-DLO bedanken voor de goede samenwerking. Tot slot gaat een woord van dank uit naar R. Catalan en B.H. Janssen (Vakgroep Bodemkunde en Plantenvoeding, Landbouw Universiteit Wageningen) voor het beschikbaarstellen van het door hen ontwikkelde mineralisatiemodel en naar J. Keuning (NMI-detachement, Proefstation voor de Rundveehouderij) die ons voorzag van opbrengstgegevens van wintergewassen onder praktijkomstandigheden. G. Wijnen en J.J. Neeteson (IB-DLO) bedanken we voor het uitvoeren van enkele incubatieproeven en H. van Keulen (CABO-DLO) voor zijn waardevolle opmerkingen bij een eerdere versie van dit verslag.

De auteurs

## SAMENVATTING

In een driejarige maïsproef op zandgrond namen wintergewassen 30-70 kg N per ha op in de bovengrondse delen. De N-opname is daarbij gunstig beïnvloed door de zachte winters gedurende de proefperiode. Onder veldjes met wintergewassen was de uitspoeling van nitraat meer dan 50% lager dan onder onbegroeide veldjes. Nitraatgehaltes op 100 cm diepte bleven evenwel alleen dan beneden de EG-norm voor drinkwater als de N-bemesting van maïs lager was dan nodig voor een financieel optimale produktie.

Volgende maïsgewassen namen 11-63% van de N op die was ondergewerkt in de vorm van wintergewassen. Bij een suboptimale N-voorziening reageerde de opbrengst hier gunstig op. Het is vooralsnog onduidelijk of de relatief geringe benutting van ondergewerkte N door maïs een gevolg is van verliezen tijdens het groeiseizoen of van een onvolledige remineralisatie.

Het staat nog niet vast of beter en goedkoper aan EG-normen voldaan kan worden met sterk gereduceerde mestgiften dan met wintergewassen.

## SUMMARY

Cover crops grown after or in combination with continuous silage maize took up 30-70 kg N per ha in the aerial plant parts in a field experiment on a sandy soil. This resulted in a reduction in nitrate leaching during winter by more than 50%. Despite this reduction, nitrate concentrations in the upper groundwater exceeded the EC-standard for drinking water quality, unless N rates on maize were lower than required for a financially optimum maize production.

Maize crops recovered 11-63% of the N from incorporated cover crops and yielded slightly better as a result. As yet it is not clear whether the low recovery of cover crop-N must be attributed to an incomplete decomposition of the cover crop or to substantial losses of mineralized N as well.

No conclusions can be drawn yet as to whether the EC-standard can best be met through strongly reduced N-rates or through cover crops since both strategies imply costs.

# 1. INLEIDING

Bij de teelt van maïs kan na de oogst veel stikstof (N) in het bodemprofiel achterblijven. Dit is vanzelfsprekend het geval bij mestgiften die de gewasbehoefte overtreffen. Echter, ook bij een aanbod dat op de behoefte is afgestemd neemt maïs daarvan slechts een deel op. Klaarblijkelijk heeft maïs voor een hoge droge stofproduktie behoefte aan een relatief hoog N-aanbod, hetgeen wellicht samenhangt met een aantal bewortelingseigenschappen (Schröder & Ten Holte, 1992). N die na de oogst in het profiel achterblijft, zal, afhankelijk van bodem- en weersomstandigheden, voor een deel uitspoelen. Dit is ongewenst omdat het grondwater dan minder geschikt wordt voor de winning van drinkwater; de EG schrijft voor dat drinkwater niet meer dan 11,3 mg nitraat-N per liter mag bevatten.
De verlaging van de N-gift die nodig is om ook bij maïs tot een acceptabele hoeveelheid onbenutte bodem-N te komen, kan tot aanzienlijke opbrengstderving leiden (Goossensen & Meeuwissen, 1990). Wintergewassen kunnen een deel van het N-overschot uit de bodem opnemen en deze voor uitspoeling behoeden (Steffens & Vetter, 1984; Nielsen & Jensen, 1985; Wantulla, 1987). Vanuit die optiek mag het N-overschot na de oogst van maïs iets groter zijn als maïs in combinatie met een wintergewas wordt geteeld. Als zodanig biedt de teelt van een wintergewas de mogelijkheid tot een betere N-voorziening van het voorafgaande maïsgewas. Idealiter nemen wintergewassen minerale N op die door de hoofdgewassen niet is benut en komt deze N weer vrij in een volgend seizoen als de behoefte opnieuw hoog is. De beschikbaarheid voor het hoofdgewas wordt zo beter gesynchroniseerd met de behoefte. Op basis van modelberekeningen verwachten Aarts & Middelkoop (1990) dat de teelt van een wintergewas kan voorkomen, dat maïs suboptimaal moet worden bemest om aan de EG-richtlijn voor het nitraatgehalte van drinkwater te voldoen. Bij deze modelberekeningen is uitgegaan van een aantal veronderstellingen die nadere toetsing behoeven.

Ook na een vroege oogst van maïs is het vermogen van wintergewassen om N vast te leggen aanmerkelijk geringer dan na granen. Groenbemesters na granen

kunnen in de herfst ongeveer 80 kg N per ha opnemen (Landman, 1988). Uit een literatuuronderzoek van Schröder (1987) bleek dat wintergewassen die rond 1 oktober gezaaid worden en 15 april worden ondergewerkt, onder gemiddelde omstandigheden in boven- en ondergrondse delen samen circa 50 kg N per ha vastleggen. Scott et al. (1987), Wagger (1989a, b) en Elers & Hartman (1988) vonden een vergelijkbare N-opname in relatief laat gezaaide wintergewassen. De N-opname in bovengrondse delen daalt met circa 2 kg per ha voor iedere dag dat later gezaaid wordt (Schröder, 1987). Overigens hebben de N-voorziening (Pehl & Burckhardt, 1957; Schweiger, 1967) en de temperatuur een sterke invloed op de opbrengst van wintergewassen. Uit een recente proef van Schröder & De la Lande Cremer (1989) waarin rogge pas in de tweede helft van oktober gezaaid werd, bleek de N-opbrengst in boven- en ondergrondse delen niet meer dan 10-20 kg N per ha te bedragen. Wantulla (1987) vond in Duitsland vergelijkbare resultaten als rogge laat gezaaid werd en een koude winter volgde.

De vastlegging van N in een wintergewas vormt geen garantie voor een proportionele beperking van de N-uitspoeling op langere termijn. Hiervan is pas sprake als de gebonden N in overeenstemming met de behoefte van het volggewas weer vrijkomt en in mindering gebracht wordt op de bemesting van het volggewas. Wintergewassen dragen niet bij aan een betere N-benutting als de gebonden N te vroeg vrijkomt (Gutser & Vilsmeier, 1989), te laat vrijkomt (Scott et al., 1987; Wagger, 1989a, b) of niet in mindering gebracht wordt op het volggewas (Schröder & De la Lande Cremer, 1989). De remineralisatie hangt vooral af van de temperatuur (Elers & Hartmann, 1988) en het C/N-quotiënt (Gutser & Vilsmeier, 1989). In het voorjaar verloopt de droge stofaccumulatie sneller dan de stikstofaccumulatie. Het toegenomen C/N-quotiënt als gevolg hiervan, kan de afbraak van het wintergewas bemoeilijken (Wagger, 1989b).

Wintergewassen kunnen de N-uitspoeling niet alleen beperken door het opnemen van minerale N maar ook doordat hun verdamping leidt tot een verlaging van het neerslagoverschot (Gutser & Vilsmeier, 1989; Steffens & Vetter, 1984). Omdat de beschikbaarheid van water de produktie van maïs op zandgrond sterk bepaalt (Boer, 1984), moet een al te sterk vochtverbruik door wintergewassen worden vermeden (Voermans & Harkink, 1975; Ten Hag et al., 1977; Munawar et al., 1990).

Tijdig onderwerken beperkt de verdamping van een wintergewas en geeft de bodem gelegenheid weer op veldcapaciteit te komen.
Wintergewassen zijn een vorm van organische bemesting en kunnen als zodanig een positief effect hebben op de chemische en fysische bodemvruchtbaarheid (Janssen & Van Reuler, 1986). Raimbault et al. (1990), echter, vonden dat het wintergewas rogge een negatief effect had. Zij schreven dit toe aan allelopathie. Hun proefopzet sloot echter niet uit dat de rogge in het begin van het seizoen een deel van de minerale bodem-N te lang heeft vastgehouden en dat N-gebrek daarom een rol gespeeld heeft bij de uitkomsten.
Wintergewassen en hoofdgewassen kunnen in ruimte en tijd verweven zijn (ondervrucht) of gescheiden (stoppelvrucht). Een voordeel van een ondervrucht is dat de groei en N-opname van het wintergewas na de maïsoogst vlotter verloopt dan bij een stoppelvrucht. Daar staat tegenover dat aan het management van de hoofdvrucht bij een ondervrucht aanvullende eisen worden gesteld. Zo dient de onkruidbestrijding zodanig te worden uitgevoerd dat de ondervrucht hiervan geen schade ondervindt. Ook kan een zware bodembelasting onder te natte omstandigheden tijdens de oogst, schadelijk zijn voor een ondervrucht. Voorts dient concurrentie tussen ondervrucht en dekvrucht tijdens het groeiseizoen zoveel mogelijk te worden voorkomen. Vooral in een koud voorjaar bestaat dit gevaar (Wander, 1988, 1989; Buchner, 1987, 1989; Berendonck, 1986). Om een al te sterke groei van de te vermijden, dient deze niet te vroeg gezaaid te worden (Stemann & Lütke Entrup, 1991). Een deel van de concurrentie wordt voorkomen door de ondervrucht niet over de volledige breedte van de strook tussen twee maïsrijen in te zaaien. Dit betekent dat de bedekking na de oogst van het hoofdgewas aanvankelijk strooksgewijs is terwijl de bodem bij een stoppelvrucht volledig bedekt is. Overigens bleek uit onderzoek van Aufhammer et al. (1991) dat de bodem tussen de rijen veel onbenutte N kan bevatten zodat wintergewassen juist daar van betekenis kunnen zijn.
Ten Holte (1991) beschrijft hoe door de juiste keuze van zaaitijd, zaaizaadhoeveelheid, rassen en soorten kan worden vermeden dat de ene component de andere te sterk verdringt. Voor een ondervrucht gaat de voorkeur uit naar mengsels van grassen met een hoog aandeel Italiaans raaigras *(Lolium multiflorum)*. Bij een

stoppelvrucht valt de keuze op winterrogge *(Secale cereale)* vanwege de geringere koudegevoeligheid van deze soort.

In 1988 is door PAGV, CABO-DLO en SC-DLO een gezamenlijke veldproef gestart op ROC Aver Heino. Daarin wordt onderzocht of het mogelijk is om snijmaïsteelt-systemen te ontwikkelen die:

- het neerslagoverschot in het winterhalfjaar beperken zonder de beschikbaarheid van vocht voor het volggewas negatief te beïnvloeden,
- N gedurende het winterhalfjaar zoveel mogelijk vastleggen en deze gedurende het daarop volgende groeiseizoen, aansluitend bij de behoefte van het volggewas, weer afgeven.

Omdat sommige aspecten van de N-huishouding eerst na enkele jaren zichtbaar worden, is besloten tot een meerjarige proef. In deze proef zijn wintergewassen in de vorm van zowel ondervrucht als stoppelvrucht opgenomen.

# 2. PROEFOPZET

## 2.1 Bodemgesteldheid

### *2.1.1 Profielbeschrijving*

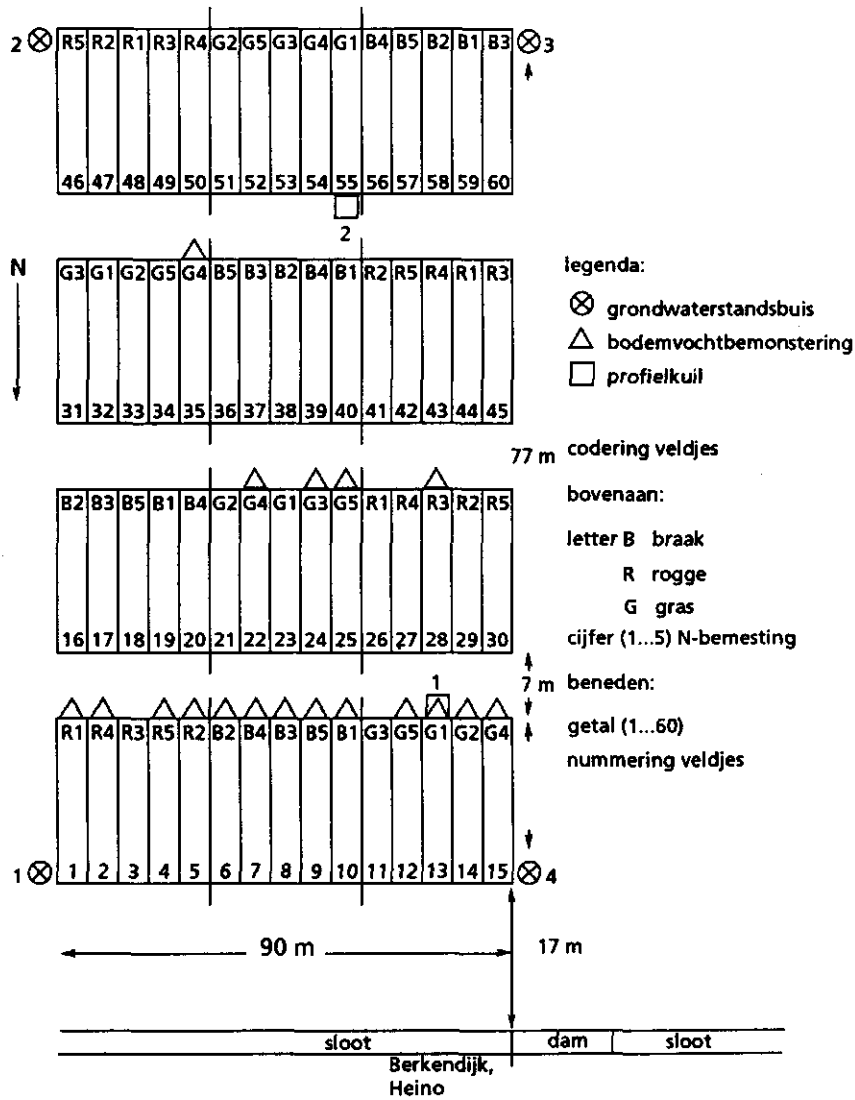
Het proefveld ligt aan de Berkendijk in Heino op een zogenaamde veldpodzolgrond. De textuur van de bovengrond is leemarm, matig fijn zand. De M50 (mediaan van de korrelgrootteverdeling van het zand) bedraagt 140-170 $\mu$ en het organische stofgehalte ongeveer 3%. In tabel 1 zijn beschrijvingen van een tweetal profielen vermeld. In figuur 1 is aangegeven waar de kuilen ten behoeve van deze profielbeschrijvingen zijn gegraven.

Tabel 1. Profielbeschrijving van een tweetal profielkuilen.

| profiel-kuil-nr. | horizon-taal | laag (cm-mv) | org. stof (%) | leem (%) | M50 | pH-KCl | opmerking |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Aap | 0 - 27 | 2,9 | 6,9 | 152 | 5,7 | homogeen |
| | Aa | 27 - | 0,9 | 4,9 | 144 | 4,8 | verwerkt |
| | B | | | | | | |
| | BC | - 54 | | | | | |
| | C | 54 - 70 | 0,5 | 10,8 | 146 | 4,8 | gelaagd |
| | Cg | 70 - 120 | 0,4 | 12,8 | 144 | 4,7 | gelaagd |
| 2. | Aap | 0 - 27 | 3,0 | 7,8 | 161 | 5,3 | homogeen |
| | Aa | 27 - | 3,6 | 6,9 | 158 | 4,8 | verwerkt |
| | B | | | | | | |
| | BC | - 60 | 2,1 | 7,6 | 151 | 4,8 | verwerkt |
| | C | 60 - 70 | 0,7 | 13,2 | 140 | 4,7 | gelaagd |
| | Cg | 75 - 120 | 0,4 | 9,3 | 170 | 4,7 | gelaagd |

Bij de ontginning in de dertiger jaren is het perceel tot 50-60 cm diepte gespit. Het voor veldpodzolgronden kenmerkende A-B-C profiel is bij deze bewerking verstoord. Gedeelten van de verschillende horizonten zijn in de bouwvoor opgenomen. Na de ontginning is door jaarlijks ploegen een homogene Aap horizont van

ongeveer 25 cm dikte ontstaan. De laag daaronder, tot 60 cm, is nog steeds heterogeen van samenstelling. De ruimtelijke variabiliteit van met name het organische stofgehalte in deze laag is daardoor groot.




Figuur 1. Schema met daarop aangegeven de ligging van het proefveld PAGV 1961 ROC Aver Heino, de behandelingen (voor betekenis zie tekst) en de locatie van profielkuilen, keramische cups en grondwaterstandsbuizen.

De beworteling door maïs, vastgesteld in profielkuilen in het najaar van 1989, beperkt zich hoofdzakelijk tot de bouwvoor. Dit hangt samen met de hoge indringingsweerstand van de B en C-horizont, die, gemeten op 24 oktober 1990, meestal hoger was dan 3 MPa. Dit is voor beworteling te hoog. Toch waren in de profielkuilen soms wortels zichtbaar in de laag van 30-50 cm. Deze wortels hebben klaarblijkelijk gebruik kunnen maken van plaatsen met een geringere weerstand.

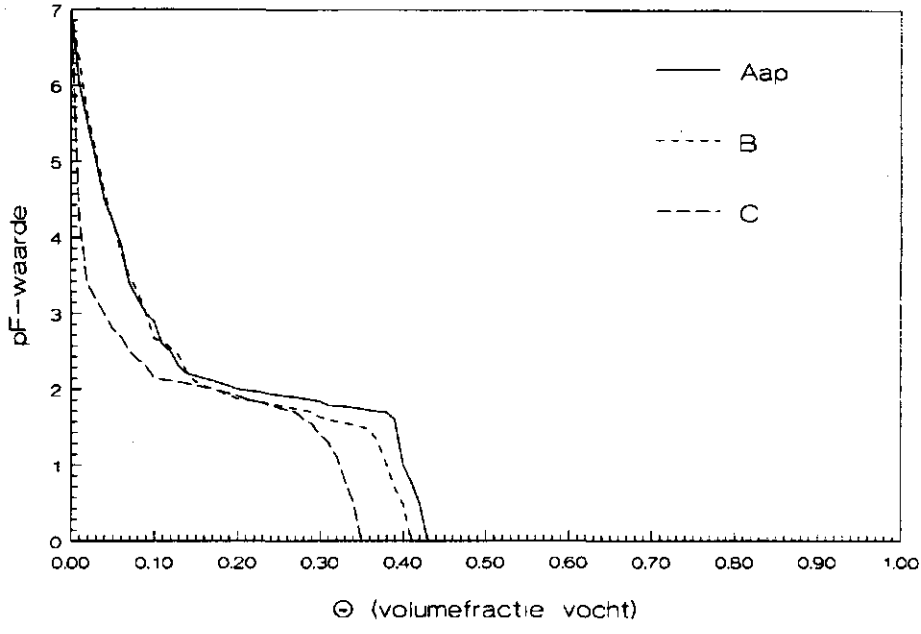
### *2.1.2 Hydrologie*

Het proefveld ligt op de overgang van een strook hoger gelegen stuifzand naar een lager gelegen beekdal. De waterscheiding ligt in het stuifzandgebied, zodat het proefveld afwatert naar het beekdal. Het verschil in maaiveldhoogte tussen proefveld en beekdal bedraagt 0,7 meter (van 4,6 naar 3,9 meter + NAP). De afstand tot de beek is 250 meter. De grondwaterstand fluctueert gemiddeld tussen diepten van 50 (GHG) en 160 (GLG) cm en wordt geclassificeerd als grondwatertrap VI.

### *2.1.3 Waterretentiekarakteristiek*

Voor het bepalen van de waterretentiekarakteristiek zijn een tweetal profielkuilen gegraven (figuur 1). In de eerste kuil zijn van elke horizont 3 ringmonsters van 100 ml genomen. Deze ringmonsters zijn na verzadiging op een zogenaamde pF-bak aangebracht en na het aanleggen van verschillende onderdrukken, opnieuw gewogen. In de tweede kuil zijn van elke horizont 3 ringmonsters van 300 ml genomen. Van deze ringmonsters zijn de waterretentiekarakteristieken volgens de methode van de hangende waterkolom bepaald (Stokkermans & Vos, 1987; Veerman & Stolte, 1991). Beide methoden hebben een maximaal bereik tot 500 cm drukhoogte. De aldus bepaalde waterretentiekarakteristieken zijn vergeleken met die van standaardcurven voor zandgronden (Krabbenborg et al., 1983). Het traject van de karakteristieken beneden 500 cm drukhoogte, is vervolgens uit de standaardcurven afgeleid. De volumefractie vocht in het natte gedeelte (tot 100 cm drukhoogte) liep bij de twee methoden (en twee profielkuilen) voor de Aap- en BC-horizont nogal uiteen. Vanwege verstrengeling van de bepalingsmethode en de plaats van monstername, laat de gevolgde werkwijze niet toe dit verschil aan hetzij de methode, hetzij de locatie van de profielkuil toe te schrijven.

Het gemiddelde van twee methoden kwam goed overeen met de waarde van de standaardcurven. In figuur 2 is van elke horizont die gemiddelde waterretentiekarakteristiek weergegeven.




Figuur 2. Waterretentiekarakteristieken van de drie belangrijkste bodemhorizonten Aap, B en C van het proefveld op ROC Aver-Heino.

### *2.1.4 Vochtleverend vermogen*

Het vochtleverend vermogen van deze grond wordt bepaald door het vochthoudend vermogen van de wortelzone en de capillaire opstijging van grondwater. Dit laatste is sterk afhankelijk van de kritieke z-afstand. Deze afstand wordt gedefini-

ëerd als de maximale afstand tussen de onderkant van de wortelzone en de grondwaterspiegel, waarbij onder invloed van de (als gevolg van gewasverdamping) ontstane vochtgradiënt, nog juist 2 mm vocht per dag capillair naar de wortelzone kan opstijgen (Van der Sluijs, 1985). De kritieke z-afstand wordt bij deze grond geschat op 70-80 cm (gelaagd, zwaklemig fijn zand). De grondwaterstand zakt in het groeiseizoen tot 160 cm. Dit betekent dat bij de gevonden bewortelingsdiepte van circa 30 cm slechts tijdelijk sprake is van een capillaire aanvoer van 2 mm bodemvocht per dag. Daarna wordt de capillaire opstijging veel minder en zal op deze bodem in droge zomers een vochttekort optreden.

## 2.2 Proefuitvoering

Op het perceel waar de proef in het voorjaar van 1988 is aangelegd werd ook in de voorafgaande jaren snijmaïs geteeld. Tabel 2 geeft een overzicht van de chemische bodemvruchtbaarheid bij aanvang.

Tabel 2. Chemische bodemvruchtbaarheid bij aanvang voor bemesting (6 april 1988).

| laag (cm) | pH-KCl | o.s. | Pw | K-HCl | MgO | K-totaal | N-totaal | P-totaal | B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 - 20 | 4,6 | 3,1 | 95 | 8 | 71 | 0,035 | 0,107 | 143 | 0,14 |
| 20 - 40 | 4,7 | 3,0 | 66 | 8 | 86 | 0,034 | 0,093 | 125 | 0,16 |
| 40 - 60 | 4,7 | 2,3 | 8 | 8 | 77 | 0,031 | 0,048 | 30 | 0,10 |
| 60 - 100 | 4,7 | 0,3 | 4 | 7 | 39 | 0,035 | 0,024 | 19 | 0,07 |

De proef is opgezet als een split plot met 4 herhalingen. Hoofdfactor vormt de winterbehandeling met als varianten braak, stoppelvrucht (winterrogge) en ondervrucht (voornamelijk Italiaans raaigras). Binnen iedere winterbehandeling wordt gedurende het zomerhalfjaar snijmaïs geteeld bij steeds 5 verschillende niveaus van N-bemesting (tabel 3). Daarbij wordt alleen een N-rijenbemesting gegeven (23-23-0), een N-rijenbemesting in combinatie met dierlijke mest (runderdrijfmest) of een N-rijenbemesting in combinatie met zowel dierlijke als minerale mest (KAS).

Tabel 3. N-trappen en overige bemesting: 1988-1990.

| object | element: | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | | | $P_2O_5$ | | $K_2O$ | MgO |
| | rijen-bemesting | $NH_4$-N in drijfmest | breed-werpig | rijen-bemesting | breed-werpig | | |
| N1 | 20 | 0 | 0 | 20 | 70 ** | 300 | 30 |
| N2 | 20 | 115 * | 0 | 20 | 0 | 80 *** | 0 |
| N3 | 20 | 115 * | 40 | 20 | 0 | 80 | 0 |
| N4 | 20 | 115 * | 80 | 20 | 0 | 80 | 0 |
| N5 | 20 | 115 * | 120 | 20 | 0 | 80 | 0 |

* In 1990 verlaagd tot circa 85 kg $NH_4$-N per ha.

** In 1990 verlaagd tot 60 kg $P_2O_5$ per ha.

*** In 1990 verhoogd tot 135 kg $K_2O$ per ha.

De behandelingen liggen elk jaar op dezelfde plaats. De grootte van individuele veldjes bedraagt 14 x 6 meter. Hiervan worden alleen de binnenste 12 x 3 meter (4 maïsrijen) bestemd voor opbrengstbepalingen en bemonsteringen. Dierlijke mest is rond 20 april voor het ploegen geïnjecteerd met de IB-proefvelddoseermachine in de lengterichting van de veldjes. Samenstelling, toedieningstijdstip en bemestingswaarde van de dierlijke mest zijn in bijlage 1 vermeld. In 1988 en 1989 is met de dierlijke mest circa 225 kg N-totaal per ha per jaar verstrekt waarvan 115 kg uit $NH_4$-N bestond. In 1990 is de gift verlaagd naar circa 180 kg N-totaal en 85 kg $NH_4$-N per ha.

Met de runderdrijfmest is tevens circa 80 kg $P_2O_5$, 285 kg $K_2O$ en 60 kg MgO per ha per jaar toegediend. Veldjes die geen drijfmest toegediend kregen, zijn in 1988 en 1989 additioneel bemest met 70 kg $P_2O_5$, 220 kg $K_2O$ en 30 kg MgO per ha per jaar in de vorm van breedwerpig toegediende kunstmest. In 1990 zijn deze aanvullende giften met $P_2O_5$, $K_2O$ en MgO gewijzigd in respectievelijk 60, 165 en 30 kg per ha. Als basisbemesting is aan alle veldjes bovendien jaarlijks 20 kg $P_2O_5$ (rijenbemesting met 23-23-0) en 2500 kg Dolokal (herfsttoediening) per ha toegediend. Daarnaast is in 1988 en 1989 aan alle veldjes nog 80 kg $K_2O$ en in 1990 135 kg $K_2O$ per ha gegeven. In 1990 is eind juni 2 kg Solubor gespoten ter voorkoming van B-gebrek. De snijmaïs (variëteit LG 2080) is jaarlijks eind april gezaaid bij een

rijenafstand van 75 cm. De uiteindelijke dichtheid bedroeg 100.000-120.000 planten per ha. Het zaaien van de ondervrucht (variëteiten Agresso/Combita) heeft steeds half juni plaatsgevonden, 6-7 weken na het zaaien van de maïs. Het zaaibed voor het gras is bereid door schoffelen. Bij het zaaien is een strook van circa 15 cm aan weerszijden van de maïs vrij van gras gelaten. Op de resterende middelste 45 cm zijn met een pijpenzaaimachine 3-5 rijtjes gras gezaaid. De snijmaïs is in de laatste helft van september geoogst. In de 3 proefjaren heeft de zaai van de winterrogge (variëteit Admiraal) steeds voor 1 oktober kunnen plaatsvinden. Om overmatig vochtverbruik door de wintergewassen te vermijden, is het gras in alle jaren begin april gefreesd. In 1990 en 1991 is ook de rogge begin april gefreesd. Aanvullende teeltgegevens staan vermeld in bijlage 2.

## 2.3 Bepalingen

### *2.3.1 Mestmonsters*

Van de mest zijn jaarlijks twee monsters genomen uit de doseermachine. In de monsters zijn de gehalten aan droge stof, organische stof, N-totaal, $NH_4$-N, $P_2O_5$ en $K_2O$ vastgesteld.

### *2.3.2 Grondmonsters*

In het voorjaar (voor het toedienen van drijfmest), de voorzomer (voor het zaaien van gras) en de herfst (voor het zaaien van rogge) zijn de hoeveelheden minerale bodem-N bepaald. Hiertoe zijn diagonaal over het veldje en telkens 15-20 cm naast de maïsrij, 6 steken genomen. Op veldjes met gras is de bodem na de maïsoogst aanvankelijk maar voor een deel met een wintergewas begroeid. In dat geval zijn de steken op de grens van het niet en het wel begroeide deel genomen.

Van de objecten N1, N2 en N5 bij braak, rogge en gras, zijn de lagen 0-30 en 30-60 cm apart bemonsterd. Vanaf de herfst van 1989 zijn op de objecten N1 en N5 bij braak en gras ook de hoeveelheden minerale N in de laag 60-90 cm bepaald. Per object zijn mengmonsters gemaakt.

In het voorjaar van 1989 zijn de grondmonsters ook gebruikt om te bepalen hoe-

veel van de organische N gemakkelijk mineraliseert. Hiertoe zijn de monsters gedurende 12 weken bij 20°C geïncubeerd.

*2.3.3 Gewasmonsters*

Jaarlijks zijn begin december kleine proefoogsten uitgevoerd (0,25 $m^2$) om een globale indruk te krijgen van de opbrengst van de wintergewassen. Bij deze oogst is de bovengrondse massa vlak boven de grond met een spinazie-mes afgesneden. Bij gras zijn de opbrengsten gecorrigeerd voor het onbegroeide deel van het veldje. De proefoogsten bleven beperkt tot de objecten N1, N2 en N5. In het geoogste materiaal zijn droge stofgehalte (per veldje) en N-gehalte (mengmonster) bepaald.

In het voorjaar is van de wintergewassen per veldje een strook van 1,25 x 7 meter gemaaid en gewogen. Deze oogst vond plaats met behulp van een motormaaier met messenbalk. In een submonster zijn droge stofgehalte (per veldje) en N-gehalte (mengmonster) vastgesteld. De rest van het monster is teruggebracht op het veld. Deze eindoogst van de wintergewassen is uitgevoerd op alle N-objecten. In 1990 en 1991 zijn voor het maaien de gewashoogte en na het maaien de stoppelhoogte bepaald met behulp van een tempexschijf zoals die gebruikt wordt voor het schatten van grasopbrengsten.

Van de maïs zijn bij de eindoogst monsters genomen. Per veldje zijn willekeurig 20-25 planten uit de middelste 4 maïsrijen geoogst, gewogen en gehakseld. Dit materiaal is bemonsterd waarna het droge stofgehalte per veldje in duplo is bepaald. Eén van de monsters is gedurende 48 uur bij 70°C gedroogd, het andere bij 100°C. Per object zijn in een mengmonster het N, P en K, ruwe celstof- en ruw as-gehalte vastgesteld. Hiervoor is materiaal gebruikt dat bij 70°C gedroogd was. De voederwaarde (VEM) is op basis van het ruwe celstof- en ruwe as-gehalte berekend volgens de IVVO-regressieformule.

Van de rest van het nettoveldje is alleen het versgewicht bepaald. Het geoogste materiaal van de wintergewassen is zoveel mogelijk teruggebracht op de desbetreffende veldjes, de maïs is volledig afgevoerd.

*2.3.4 Grondwaterstanden*

De grondwaterstanden zijn in het winterhalfjaar gemiddeld één keer per week op de hoekpunten van het proefveld gemeten in grondwaterstandbuizen van 2 meter lang met een filter op 1 tot 2 meter diepte. De twee buizen aan de zuidrand van het proefveld zijn in de zomer steeds herplaatst. De twee buizen aan de noordrand hebben een opzetstuk dat verwijderd is tijdens de bewerking van het land. De plaats en diepte van deze buizen bleef daardoor van jaar tot jaar gelijk. Het verschil in maaiveldhoogte tussen het hoogste (Zuidoosten) en laagste (Noordwesten) punt van het proefveld bedraagt 28 cm. De stijghoogte van het grondwater verschilt bij hogere grondwaterstanden in de winter gemiddeld 0,10 meter. Daarom bestaat er een gering horizontaal potentiaalverschil in het grondwater binnen het proefveld en kan horizontale stroming optreden. De stroomsnelheid als gevolg daarvan kan worden berekend met de wet van Darcy:

$$q = -k^* \, d(H)/ds$$

waarin: $q$ = de stroomsnelheid in meter per dag

$k$ = de verzadigde doorlatendheid van de grond (meter per dag)

$d(H)$ = het stijghoogteverschil in meter

$ds$ = de afstand in meter

Bij een stijghoogteverschil van 0,1 meter over 100 meter afstand en een verzadigde doorlatendheid van 1 m/d bedraagt de stroomsnelheid 0.001 m/d. Dit is klein genoeg om de invloed van horizontale stroming te kunnen verwaarlozen.

Voor de weergave in grafieken en de berekening van de waterbalans is steeds uitgegaan van de gegevens van de buis op het noord-oostelijke hoekpunt. Deze plek heeft een gemiddelde maaiveldhoogte en wordt daardoor representatief geacht voor het proefveld.

*2.3.5 Bodemvochtmonsters*

De stikstofuitspoeling gedurende de winter is berekend als de som van het produkt van nitraatgehalte en waterafvoer voor een aantal aaneengesloten periodes. Data waarop bodemvochtmonsters genomen zijn, gelden daarbij als begin en einde van

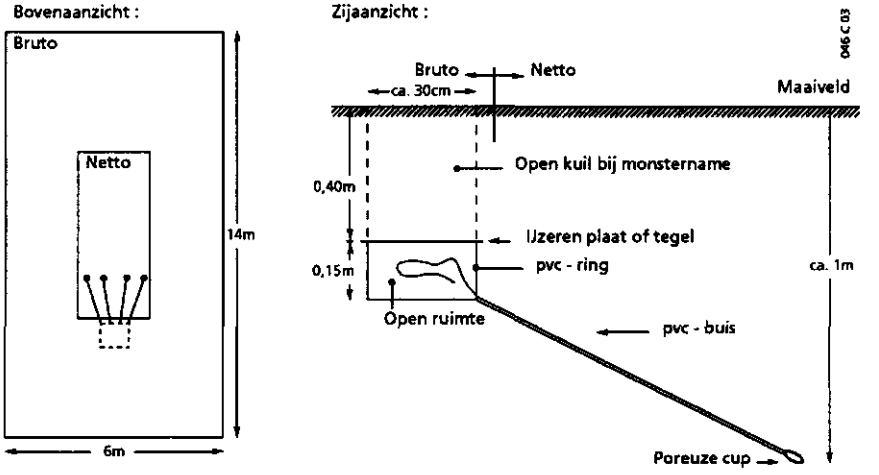
een periode. In paragraaf 2.5 wordt beschreven op welke wijze de waterafvoer voor een periode wordt berekend. Als nitraatgehalte voor een bepaalde periode is het gemiddelde gehalte bij begin en einde gehanteerd en als nitraatgehalte niet gemeten is (hetgeen soms voorkwam bij het geschatte begin- en eindpunt van de uitspoelingsperiode) dan is de waarde geëxtrapoleerd vanuit volgende of vorige metingen.

De bodemvochtmonsters zijn op 100 cm diepte genomen. Het nitraat dat op deze diepte voorkomt wordt, bij dit bodemprofiel, als verloren beschouwd voor gewasopname. De beworteling beperkt zich namelijk hoofdzakelijk tot de eerste 30 cm en capillaire opstijging van bodemvocht komt zelfs in de winterperiode bijna niet voor. Verder is het bodemvocht juist op deze diepte onttrokken omdat er bij de optredende grondwaterfluctuatie voldoende vocht op die diepte aanwezig is.

Voor het bemonsteren van het bodemvocht zijn keramische cups geïnstalleerd onder veldjes in met name de eerste herhaling (figuur 1). De cups zijn gemonteerd op het uiteinde van een koperen leiding die door een pvc-buis omgeven is. De buizen met de cups zijn schuin in de grond gebracht om te voorkomen dat water preferent langs de pvc-buis met koperen leiding naar de cup kan stromen (figuur 3). Met een smalle grondboor van 3 cm is daartoe onder een hoek van 45° een gat geboord. Na plaatsing van de cup, is het boorgat opgevuld met zand en aangegoten met water zodat er geen ruimte overbleef. Per veldje zijn vier cups onder de netto-strook aangebracht. De vier leidingen komen samen in een pvc-ring die juist onder de bouwvoor is gelegd en afgedekt met een plaat. Zodoende is het mogelijk het land in het voorjaar te ploegen zonder dat de cups verwijderd behoeven te worden. Aanvankelijk zijn keramische cups onder 18 veldjes aangebracht; in de herfst van het tweede proefjaar zijn onder nog drie andere veldjes (nummers 24, 25 en 28) cups geplaatst (figuur 1 en 3).

Bodemvocht wordt aangezogen door een onderdruk van 600 cm op de keramische cups aan te leggen. Daartoe wordt een monsterfles vacuüm gezogen die met een flexibele siliconenslang met de koperen leiding verbonden is.

Gedurende het winterseizoen is gemiddeld na elke 50 mm neerslag een bemonstering uitgevoerd. Wanneer de grondwaterstand beneden ongeveer 150 cm diepte daalde, bleek de bemonstering moeilijk te verlopen.




Figuur 3. Boven- en dwarsaanzicht van de installatie voor bodemvochtbemonstering.

Het nitraatgehalte is steeds bepaald in een mengmonster van de vier cups per veldje. Eerder onderzoek (Steenvoorden, persoonlijke mededeling) heeft aangegeven dat op die wijze verkregen monsters representatief zijn. Om een indruk te krijgen van de ruimtelijke variabiliteit binnen een veldje, is het afgezogen vocht van de bemonstering van 13 december 1990 per cup afzonderlijk geanalyseerd. De spreiding tussen de herhalingen van het proefveld is onderzocht door vergelijking van de nitraatgehalten onder $N_4$-veldjes met gras, in de eerste drie herhalingen.
Naast nitraatgehaltes zijn gedurende de winters van 1989-1990 en 1990-1991 ook geregeld chloride-gehaltes gemeten. Daar chloride geen bodemchemische reacties ondergaat, is het een goede indicator voor vochttransport naar het grondwater. Bij een geschat chloridegehalte van 3 gram per liter runderdrijfmest en 450 gram per kg kalimeststof, een jaarlijkse atmosferische depositie van 15 kg per ha en een jaarlijkse afvoer met het gewas van 10 kg per ha, bedraagt de geschatte netto-aan-

voer van chloride 230 kg per ha op veldjes waar geen dierlijke mest is toegepast (N1) en 210 kg per ha op veldjes waar dat wel het geval is (N2-N5).

## 2.4 Weersgegevens

### *2.4.1 Zomers*

In bijlage 3 wordt een overzicht per decade gegeven van de neerslag en gemiddelde temperatuur. Figuur 4 geeft een beeld van de neerslagverdeling over het jaar. Gemiddeld over het groeiseizoen (begin mei tot en met half september) was in 1989 en 1990 sprake van een lagere neerslag dan normaal (tabel 4). In 1989 lagen ook de temperaturen boven normaal. Gedurende de eerste 4-8 weken na het toedienen van de dierlijke mest (circa 20 april) lag de neerslag beneden normaal. In 1988 en 1990 ging dit gepaard met relatief hoge gemiddelde temperaturen.

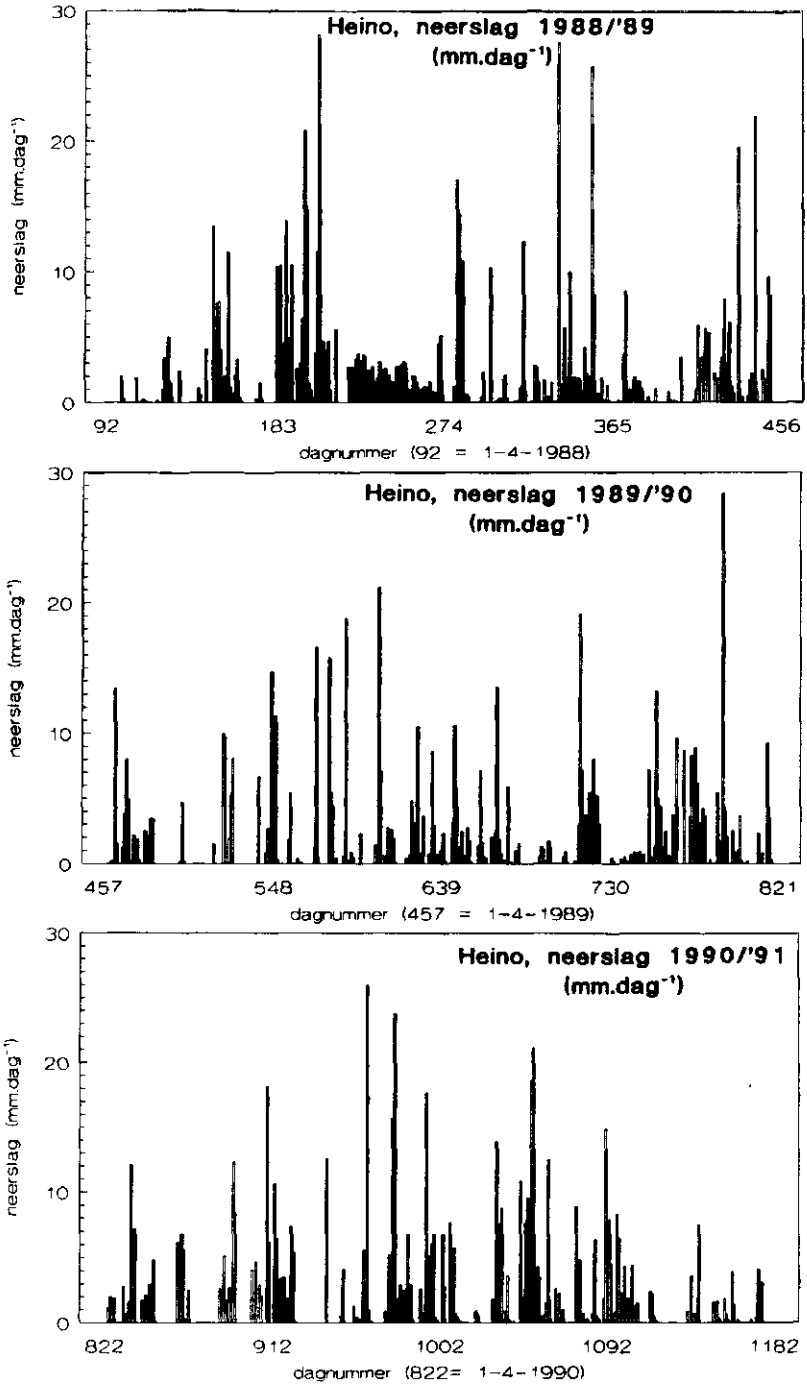
Tabel 4. Weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen en de daarop volgende winter.

| | | | 1988 | 1989 | 1990 | normaal |
|---|---|---|---|---|---|---|
| zomer: | 1 mei tot 15 september | neerslag | 363 | 211 | 268 | 321 |
| | | temperatuur-som* | 1283 | 1345 | 1265 | 1250 |
| winter: | 1 oktober tot 1 april | neerslag | 352 | 320 | 298 | 390 |
| | | temperatuur-som** | 673 | 731 | 605 | 380 |

* >6°C

** >3°C

Ter berekening van neerslagoverschotten zijn referentiegewasverdampingen berekend volgens Makkink op basis van weersgegevens van de KNMI-stations Eibergen en Twente. Tot december 1990 betreft dit gegevens op decadebasis, daarna




Figuur 4. Neerslag in 1988-1989, 1989-1990 en 1990-1991.

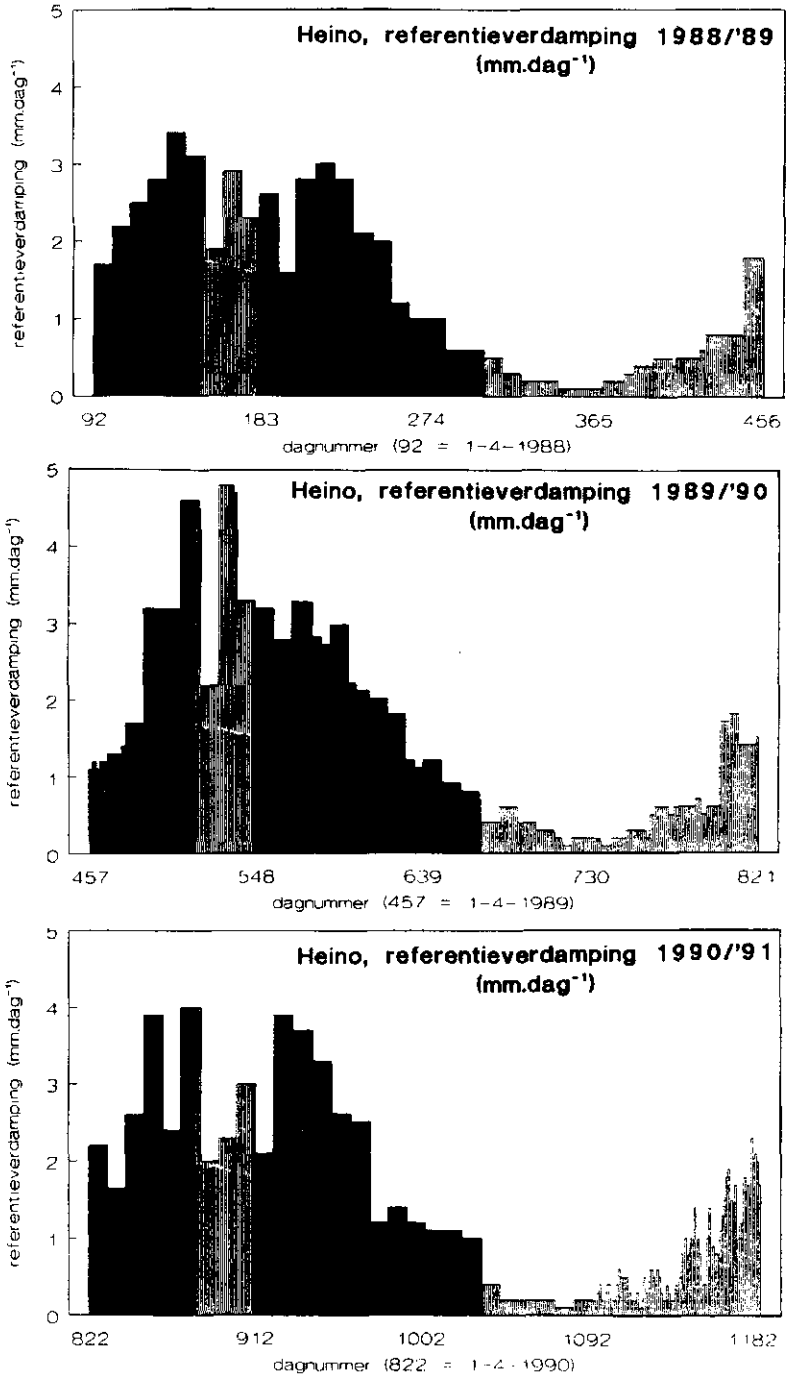
op dagbasis. Figuur 5 geeft een beeld van de referentieverdamping in de drie achtereenvolgende hydrologische jaren (1 april - 1 april). Daaruit blijkt dat de verdamping gedurende de zomers van 1989 en 1990 hoger was dan die van 1988. In combinatie met de geringe neerslag en het beperkte vochtleverende vermogen, heeft het gewas in 1989 en 1990 wellicht last gehad van watertekorten.

*2.4.2 Winters*

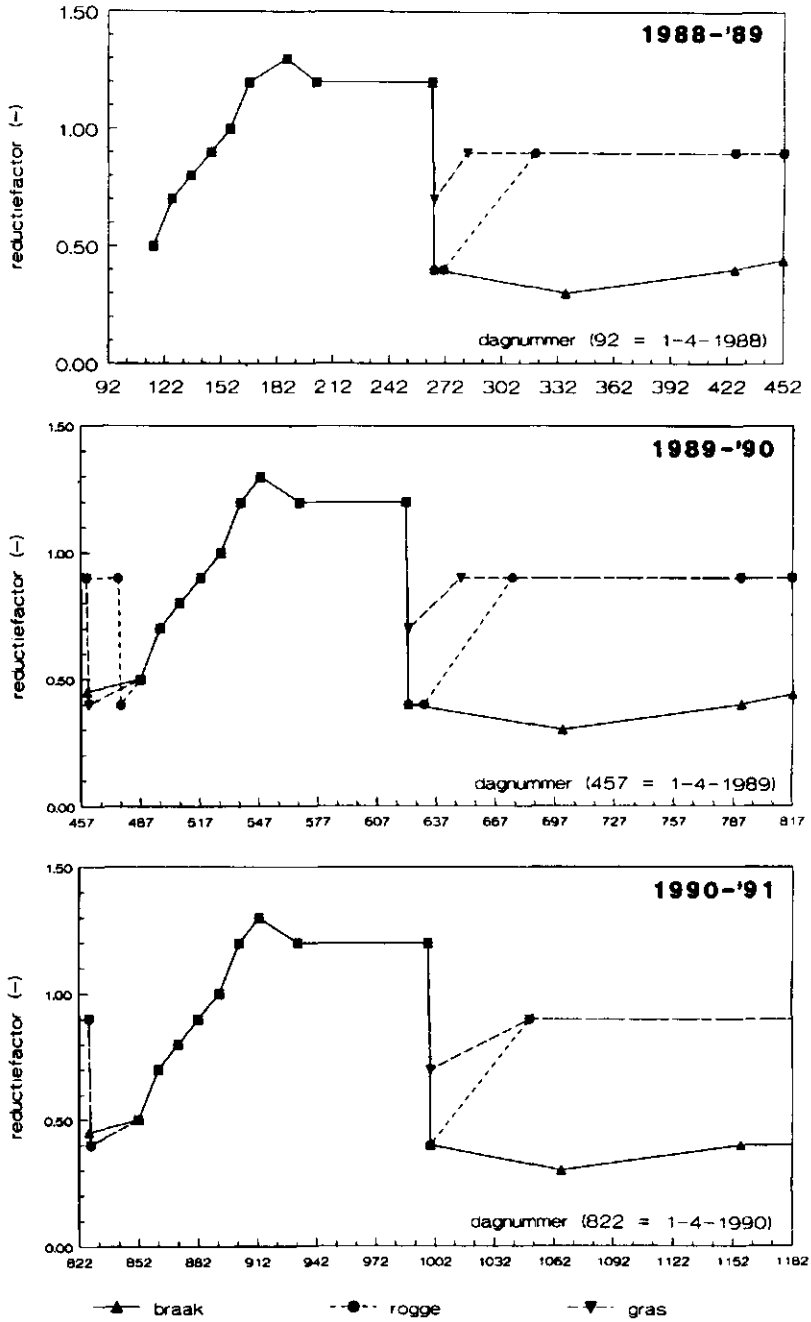
De winters waren alle drie zeer zacht en bovendien droger dan normaal (tabel 4). De winter van 1988-1989 was relatief het minst droog. In die winter trad een duidelijke neerslagpiek op in het begin van oktober en in de maanden december en maart. In de winterperiode 1989-1990 waren de perioden midden december, eind januari- begin februari en begin maart nat. In de winterperiode 1990-1991 viel midden november en in de periode van december tot begin januari veel neerslag (figuur 4).

De potentiële verdamping gedurende de winter is geschat door de referentiegewasverdamping te vermenigvuldigen met zogenaamde reductiefactoren. Daarbij is voor braakveldjes een factor van gemiddeld 0,35 aangehouden en voor veldjes met *een wintergewas een factor die oploopt van 0,35 tot 0,9 naarmate het veldje volle*diger door het wintergewas bedekt wordt. Daartoe is de bedekkingsgraad geschat. Gras bereikte het stadium van volledige grondbedekking eerder dan rogge (figuur 6).

Er is verondersteld dat gedurende de winter geen vochttekorten optreden zodat de wintergewassen potentieel hebben verdampt. Daardoor is de berekende verdamping in aanwezigheid van een wintergewas globaal twee tot drie keer zo hoog als bij braak. De absolute verschillen zijn gedurende de winter echter gering omdat de potentiële verdamping op een laag niveau ligt. In het voorjaar nemen de absolute verschillen toe. Om de effecten van dit verschil in verdamping te meten, zijn gedurende een droge periode in de tweede helft van maart 1990 drukhoogten bepaald met tensiometers. Deze tensiometers zijn geplaatst op met gras begroeide veldjes en op kale veldjes op diepten van 5 en 15 cm.




Figuur 5. Referentiegewasverdamping in 1988-1989, 1989-1990 en 1990-1991.




Figuur 6. Verloop van de reductiefactor voor braak, rogge en gras (op basis van visuele schatting) in 1988-1989, 1989-1990 en 1990-1991.

## 2.5 Neerslagoverschot en waterafvoer

Voor de berekening van de nitraatuitspoeling dient niet van het neerslagoverschot (i.e. neerslag minus gewasverdamping) maar van de feitelijke waterafvoer te worden uitgegaan. De waterafvoer is berekend op basis van een eenvoudige waterbalans:

$$A = P - E - W$$

met: A = hoeveelheid afvoer (mm)
P = neerslag (mm)
E = verdamping (mm)
W = berging in het bodemprofiel (mm)

Het neerslagoverschot wordt niet volledig afgevoerd maar voor een deel in het profiel geborgen. Om de afvoer naar het ondiepe grondwater te bepalen dient daarom vastgesteld te worden wat de berging in het profiel is. Daarvoor zijn metingen van de grondwaterstand en de drukhoogten van het bodemvocht gebruikt. In een evenwichtssituatie (i.e. geen verticale stroming van water) is de vochthoeveelheid in het profiel met behulp van de waterretentiekarakteristieken berekend vanuit de zogenaamde plaatshoogte ten opzichte van het grondwater. Wijzigingen van de grondwaterstand leiden tot wijzigingen in de vochthoeveelheid en dus in waterberging.
In de zomerperiode heerst er meestal geen evenwichtsituatie. De drukhoogte van het bodemvocht in de bovengrond is in de zomerperiode namelijk doorgaans lager dan de plaatshoogte ten opzichte van het grondwater, omdat bodem- en gewasverdamping groter zijn dan de vochtlevering via capillaire opstijging (paragraaf 2.1.4). Aan het begin van de herfst als de vochtvoorraad van de bodem weer aangevuld wordt door het neerslagoverschot, stijgt de drukhoogte en wordt de evenwichtsituatie hersteld. Bij berekening van de afvoer op bovenstaande wijze is geen rekening gehouden met het optreden van preferente stromingen.
Zodra de evenwichtssituatie bereikt is, zal neerslag onmiddellijk een drukhoogte-

gradiënt veroorzaken, waardoor transport van bodemvocht naar het grondwater plaatsvindt. Dat moment is van belang voor de start van de berekeningen van de nitraatuitspoeling. In het najaar van 1990 zijn drukhoogtemetingen uitgevoerd met tensiometers om na te gaan wanneer de drukhoogte in evenwicht komt met de plaatshoogte ten opzichte van het grondwater.

# 3. RESULTATEN

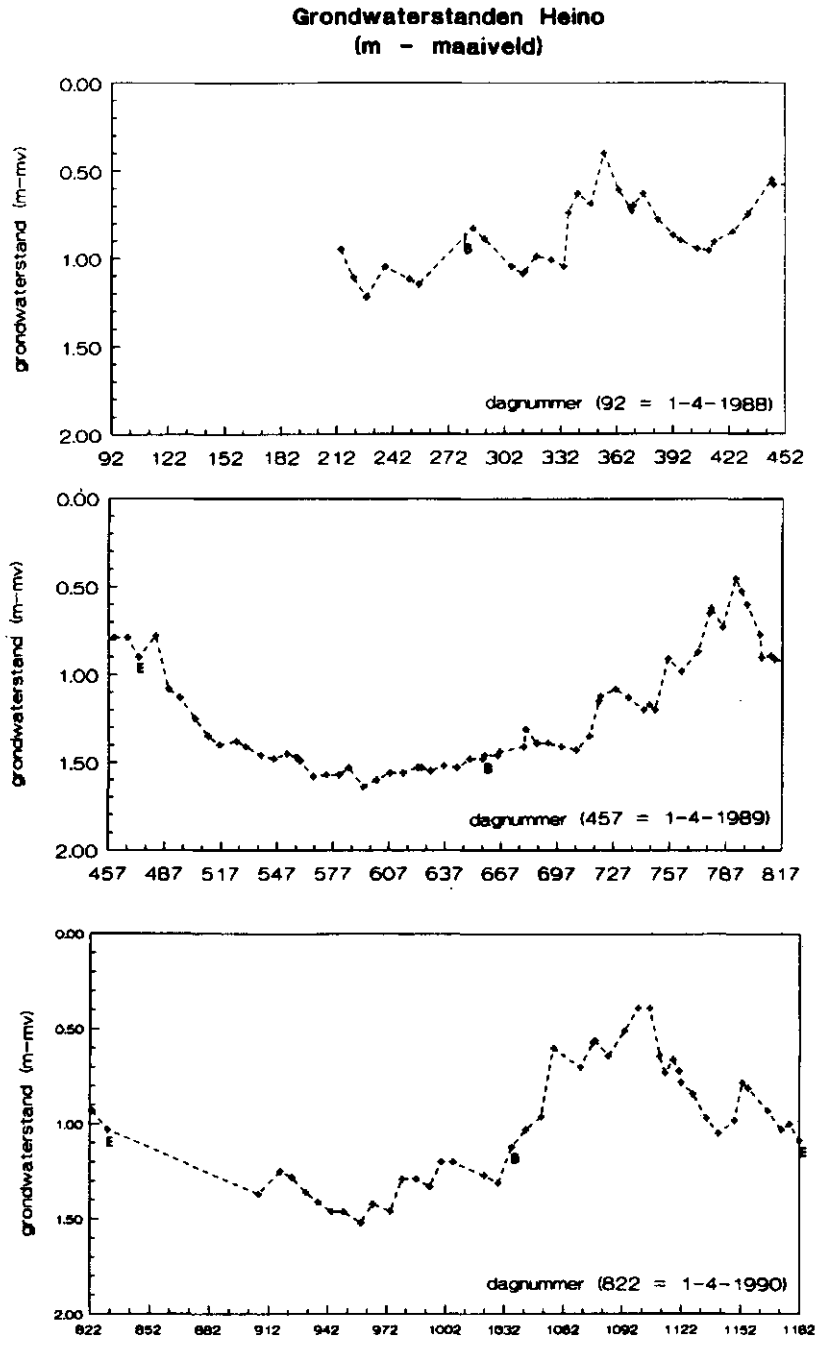
## 3.1 Hydrologie

### *3.1.1 Grondwaterstandsverloop en drukhoogte*

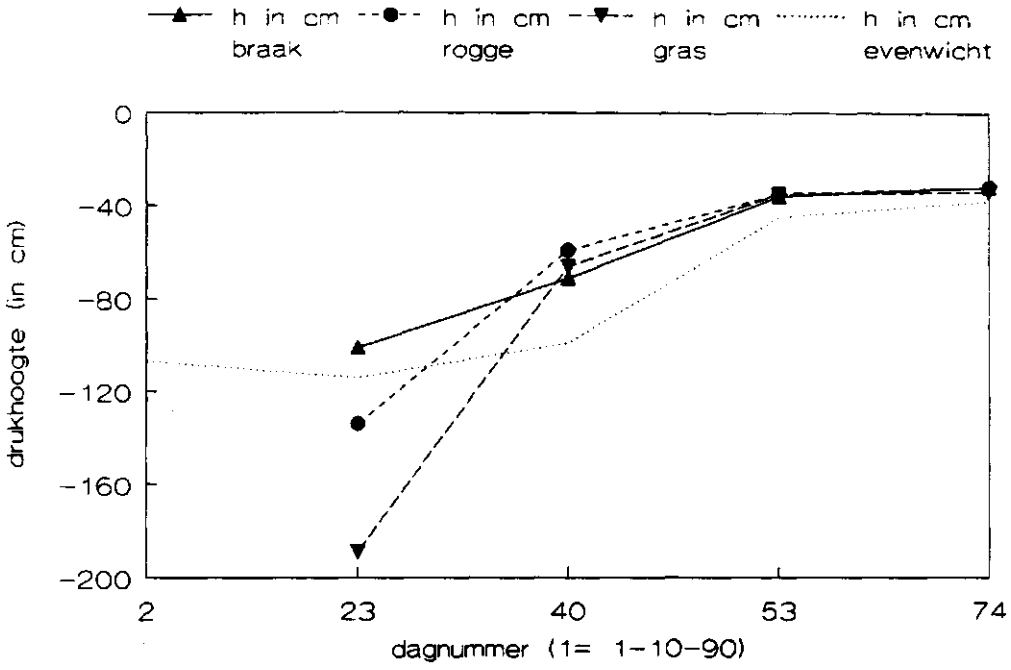
Na het zomerseizoen vond jaarlijks een grondwaterstandsstijging plaats als gevolg van het neerslagoverschot (figuur 7). Dit is vooral duidelijk in 1989 en 1990. In 1988 was de grondwaterstand vanwege de natte zomer minder sterk gedaald. Markante stijgingen van de grondwaterstand gedurende de winter konden vrijwel steeds teruggevoerd worden op neerslagpieken (figuur 4).

Het begin van de uitspoelingsperiode is in 1988 en 1989 gesteld op begin oktober. Dat vormde het criterium voor de eerste bemonstering van het bodemvocht in die jaren. Om het begin van de uitspoelingsperiode objectiever te bepalen, is in 1990 vanaf 25 oktober, het tijdstip waarop de grondwaterstand begon te stijgen, de drukhoogte op 15 cm diepte gevolgd. In de evenwichtssituatie is de drukhoogte gelijk aan de afstand tussen het grondwater en dat meetpunt. Op onbegroeide veldjes was de drukhoogte al vanaf het begin van de meetperiode hoger dan de waarde bij evenwicht (figuur 8). Hier bestond dus steeds een drukhoogtegradiënt voor neerwaarts watertransport. Op veldjes met winterrogge was dit vanaf 1 november het geval, op veldjes met gras enkele dagen later. Ondanks deze verschillen, is in dat jaar 1 november voor alle winterbehandelingen als begin van de uitspoelingsperiode aangehouden.

Als einddatum is steeds de laatste bemonsteringsdatum aangehouden als bepaald door het tijdstip waarop de wintergewassen gescheurd zijn. Tabel 5 geeft een overzicht van de begin- en einddata van de uitspoelingsperiode in de achtereenvolgende jaren.




Figuur 7. Verloop van de grondwaterstanden in 1988-1989, 1989-1990 en 1990-1991 en 19901991 (B = beginpunt, E = eindpunt van de uitspoelingsperiode).




Figuur 8. Verloop van de drukhoogte op 15 cm diepte. bij braak, rogge en gras in het najaar van 1990.

Tabel 5. Begin- en einddatum van de periode waarin neerwaartse waterafvoer verondersteld werd.

| uitspoelings- | begin: | | einde: | |
|---|---|---|---|---|
| seizoen | datum | dagnummer* | datum | dagnummer* |
| 1988-1989 | 8 oktober | 282 | 17 april | 473 |
| 1989-1990 | 19 oktober | 658 | 10 april | 831 |
| 1990-1991 | 1 november | 1036 | 27 maart | 1182 |

* dagnummer 1 = 1 januari 1988.

Tabel 6. Gemeten neerslag, berekende verdamping, neerslagoverschot en afvoer (alle in mm) tussen begin- en einddatum (zie tabel 5) in drie opeenvolgende seizoenen.

| grootheid (mm) | winter-behandeling | 1988-1989 | 1989-1990 | 1990-1991 |
|---|---|---|---|---|
| neerslag | braak | 370 | 294 | 255 |
| | rogge | 370 | 294 | 255 |
| | gras | 370 | 294 | 255 |
| verdamping | braak | 44 | 45 | 25 |
| | rogge | 93 | 97 | 60 |
| | gras | 90 | 90 | 61 |
| neerslag-overschot | braak | 326 | 249 | 230 |
| | rogge | 277 | 197 | 195 |
| | gras | 280 | 195 | 194 |
| afvoer | braak | 335 | 173 | 218 |
| | rogge | 286 | 121 | 183 |
| | gras | 289 | 119 | 182 |

### *3.1.2 Waterafvoer*

Neerslag, verdamping, neerslagoverschot en afvoer tussen de begin- en einddata van het uitspoelingsseizoen staan vermeld in tabel 6.

Indien geen berging zou optreden, zou de afvoer gelijk zijn aan het neerslagoverschot. Met name in seizoen 1989-1990 bestond er een groot verschil tussen neerslagoverschot en afvoer. De grondwaterstand in het voorjaar (10 april) was toen 40 cm hoger dan die in het najaar (19 oktober) zodat veel berging optrad. In andere jaren bedroeg het verschil maar enkele centimeters (figuur 7). Ook de verdamping van de wintergewassen heeft tot verschillen in afvoer per jaar geleid.

Uitspoeling wordt niet alleen bepaald door het totale neerslagoverschot maar ook door de verdeling ervan. Een hoog neerslagoverschot in een korte periode draagt daarbij sterk bij aan de totale nitraatuitspoeling. Met name de eerste extreem natte

periode in een winterseizoen is bepalend voor de totale nitraatuitspoeling. In het winterseizoen 1988-1989 trad de meeste neerslag in het begin van oktober en in december op. In 1989-1990 was vooral het einde van het winterseizoen erg nat (februari-maart). Het seizoen 1990-91 leek wat de neerslag betreft weer meer op het seizoen 1988-89. Met name november was zeer nat (116 mm).

*3.1.3 Vochtonttrekking door wintergewassen in het voorjaar*

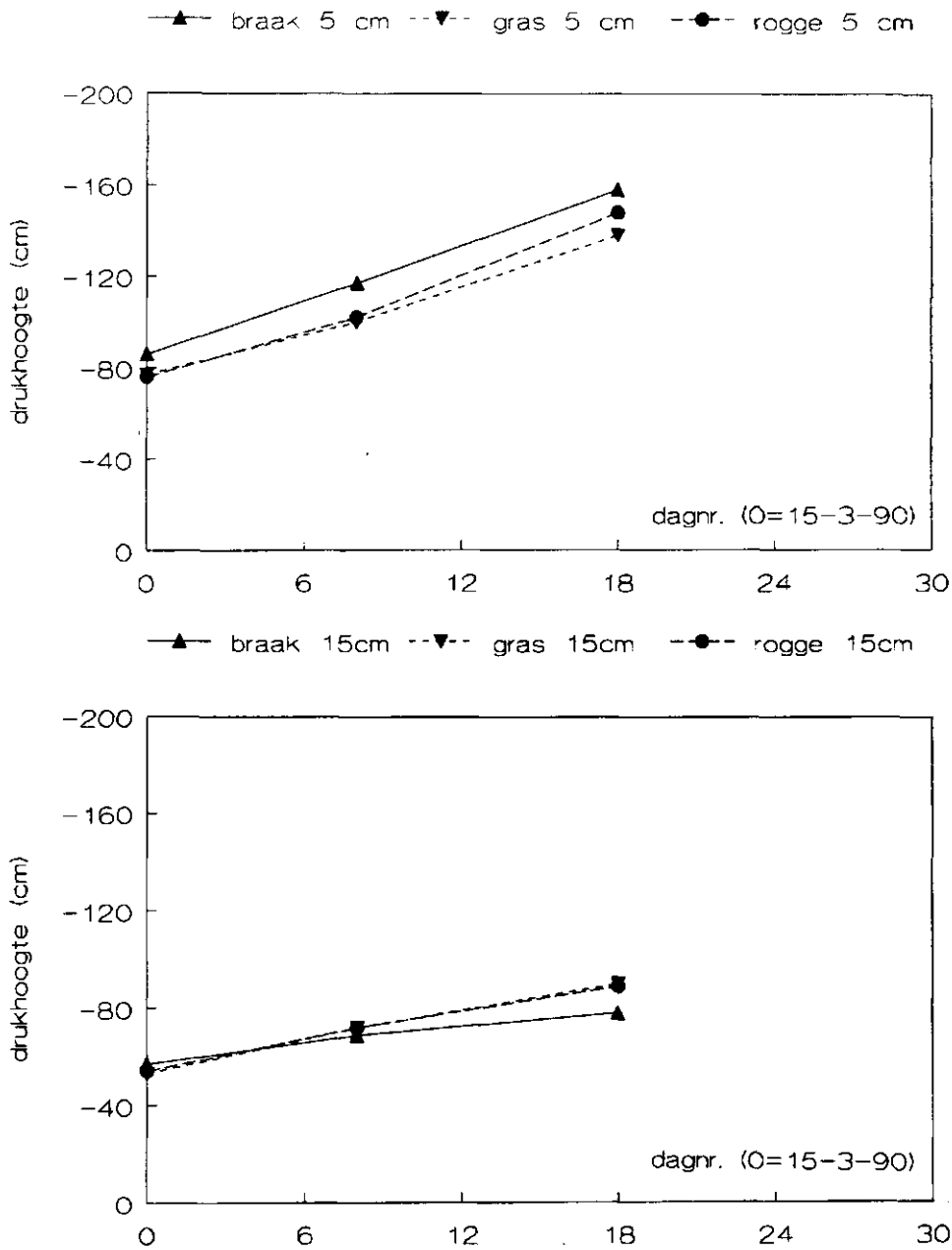
Metingen van de drukhoogte gedurende 18 dagen drogend weer in het voorjaar van 1990 geven aan dat de bovenlaag van braakveldjes sterker uitdroogde (i.e. negatievere drukhoogtewaarden) dan die van begroeide veldjes (figuur 9a). Diepere lagen, echter, droogden juist op begroeide veldjes sterker uit (figuur 9b). Kennelijk beschermen de wintergewassen de bovenlaag tegen uitdroging en betrekken zij het vocht voor de transpiratie uit diepere lagen. Op basis van de relatie tussen drukhoogte en vochtgehalte (waterretentiecurven; paragraaf 2.1.3) is berekend dat na 18 dagen op kale veldjes 24 mm en op begroeide veldjes (gras) 38 mm was onttrokken.

## 3.2 Gewas

*3.2.1 Algemeen*

Voor de afzonderlijke proefjaren staan de gegevens van gewas- en bodemanalyses vermeld in de bijlagen 4 tot en met 8. Op basis hiervan werden in de bijlagen 9 tot en met 11 stikstofbalansen opgesteld.

Omdat in 1988 voor het eerst wintergewassen zijn geteeld, is het effect van wintergewassen op de maïs, eerst vanaf 1989 meetbaar. De effecten van bemesting en ondervrucht zijn echter al vanaf 1988 meetbaar.




**Figuur 9. Verloop van de drukhoogte op 5 cm diepte en 15 cm diepte bij braak en gras in voorjaar van 1990.**

*3.2.2 Droge stofopbrengst en stikstofopbrengst van snijmaïs*

In 1988 was nauwelijks een reactie op verschillen in N-bemesting waarneembaar. Uit de N-balansen (paragraaf 3.4) blijkt dat er in dat jaar een zeer sterke mineralisatie optrad. In 1989 en 1990, echter, bleef maïs die alleen een rijenbemesting van 20 kg N per ha had ontvangen (N1) sterker ($P<0.05$) in opbrengst achter (tabel 7). Aanvullende minerale N-giften (N3-N5) hadden over het algemeen een negatief effect op de opbrengst als maïs werd voorafgegaan door een wintergewas (bijlage 4); als dat niet het geval was reageerde maïs nog wel positief (niet-significant) op een aanvulling met 40 kg N per ha (N3). Het droge stofgehalte van de maïs is in geen van de jaren duidelijk door N beïnvloed (bijlage 4).

Tabel 7. Relatieve opbrengst van snijmaïs (zonder wintergewas) in relatie tot de N-bemesting.

| object | 1988 | 1989 | 1990 | gemiddeld |
|---|---|---|---|---|
| N1 | 96 | 78 | 84 | 81 |
| N2 | 98 | 97 | 100 | 99 |
| N3 | 99 | 99 | 100 | 100 |
| N4 | 100 | 100 | 95 | 99 |
| N5 | 97 | 94 | 99 | 97 |
| LSD ($P<0.05$)* | 8 | 7 | 10 | |
| LSD ($P<0.10$)* | 7 | 6 | 8 | |
| 100 = ... ton ds/ha | 15,49 | 17,50 | 14,20 | 15,74 |

* Uitgedrukt in relatieve opbrengst.

Bij een beperkte bemesting (N1) bedroeg de N-opbrengst (na braak) in 1989, 1990 en 1991 respectievelijk 161, 120 en 125 kg N per ha. De N-opbrengst was vrijwel maximaal bij N2 (bijlage 5). Deze bedroeg in 1988, 1989 en 1990 respectievelijk 189, 197 en 184 kg N per ha. Verdere verhoging van de N-gift, vergrootte de N-opbrengst niet of nauwelijks zodat de benutting van aanvullende N-giften zeer gering was. Met de N-gift nam de hoeveelheid onbenutte N na de oogst toe. Dit vond al plaats in het traject waar de opbrengst nog steeds positief op N reageerde (tabel 12).

Tabel 8. Samenstelling van snijmaïs in relatie tot de winterbehandeling en bemesting; gemiddeld over 1988-1990.

| winter-behandeling | object | gehalte: (%) | | | | per kg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ds | N | P | K | VEM |
| braak | N1 | 31,0 | 1,00 | 0,15 | 1,25 | 915 |
| | N2 | 30,7 | 1,23 | 0,17 | 1,25 | 921 |
| gras | N1 | 30,9 | 1,03 | 0,16 | 1,23 | 922 |
| | N2 | 30,3 | 1,20 | 0,16 | 1,26 | 930 |

De samenstelling van snijmaïs ondervond weinig invloed van de behandelingen (bijlage 5 en 6). Alleen het N-gehalte bleef bij een beperkte bemesting (N1) enigszins achter bij die van optimaal bemeste (N2) maïs (tabel 8).

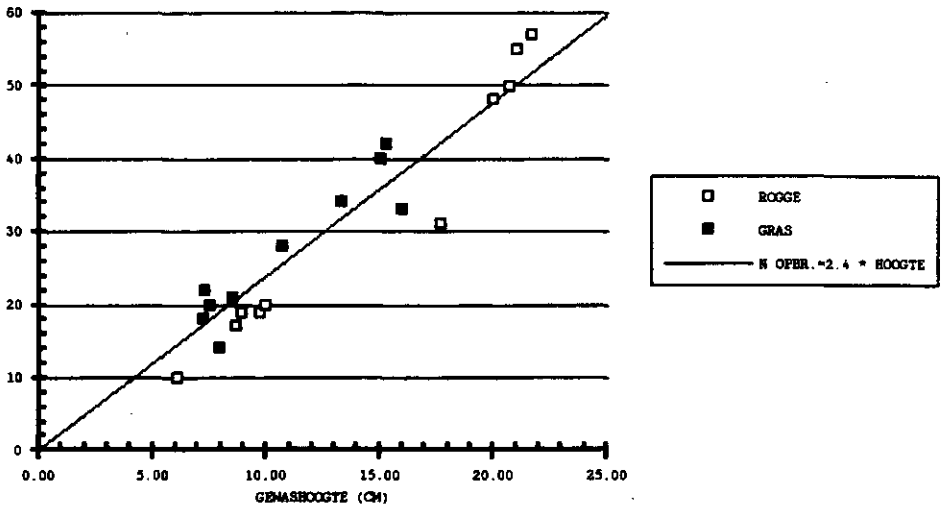
*3.2.3 Droge stofopbrengst en stikstofopbrengst van wintergewassen*

De wintergewassen produceerden tussen herfst en voorjaar bovengronds (exclusief stoppels) in het seizoen 1988-1989 en 1989-1990, 1500 tot 2000 kg droge stof per ha. Dit gold voor zowel rogge als gras. Het N-gehalte bedroeg in het voorjaar circa 2,4 % bij rogge en 2,0 % bij gras. Als gevolg hiervan werd in april bij rogge gemiddeld 46 kg en bij gras 38 kg N per ha in de vorm van bovengrondse delen (exclusief stoppels) ondergeploegd. De produktie tussen herfst en voorjaar in het seizoen 1990-1991 bedroeg niet meer dan ongeveer 1000 kg droge stof per ha.

Tabel 9. Stikstofopbrengst (kg per ha) van rogge en gras voor de winter (december) en daarna (april).

| seizoen | wintergewas | object | oogstdatum | |
|---|---|---|---|---|
| | | | december | april |
| 1988-1989 | rogge | N1 | - | 40 |
| | | N2-N5 | - | 43 |
| | gras | N1 | 47 | 36 |
| | | N2-N5 | 60 | 45 |
| 1989-1990 | rogge | N1 | 55 | 31 |
| | | N2-N5 | 60 | 53 |
| | gras | N1 | 43 | 28 |
| | | N2-N5 | 78 | 37 |
| 1990-1991 | rogge | N1 | 37 | 10 |
| | | N2-N5 | 46 | 19 |
| | gras | N1 | 37 | 14 |
| | | N2-N5 | 86 | 20 |
| gemiddeld | | N1 | 44 | 27 |
| | | N2-N5 | 66 | 36 |

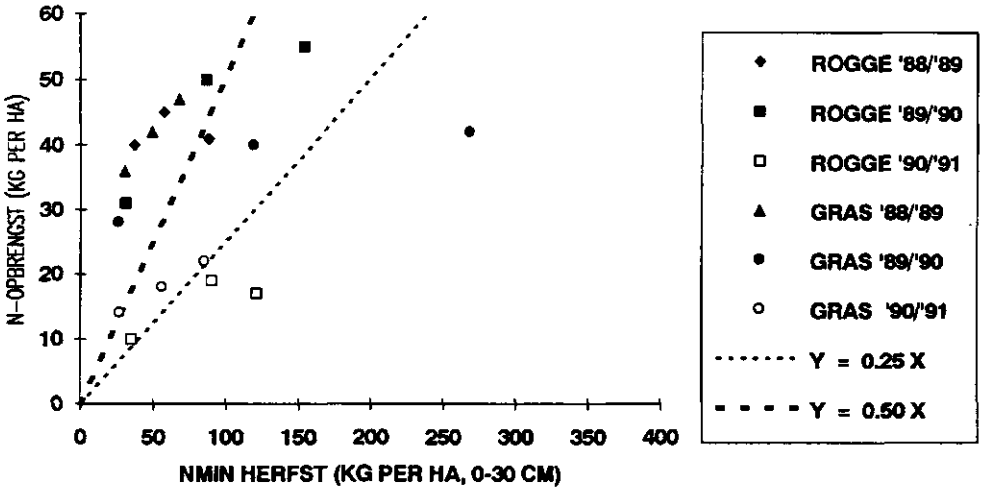
Het N-gehalte bedroeg 1,9 % bij rogge en 1,8 % bij gras. Daarmee werd in het voorjaar van 1991 circa 20 kg N per ha in de vorm van bovengrondse delen (exclusief stoppels) ondergeploegd (tabel 9).
Er bleek een goed verband te bestaan ($r^2$ = 0,90, $P<0.05$) tussen het verschil in hoogte van een ongemaaid wintergewas en de achterblijvende stoppel enerzijds, en de droge stof- en N-opbrengst anderzijds. Een gewashoogte van 10 cm kwam daarbij overeen met een N-opname in de bovengrondse delen van 24 kg per ha (figuur 10).



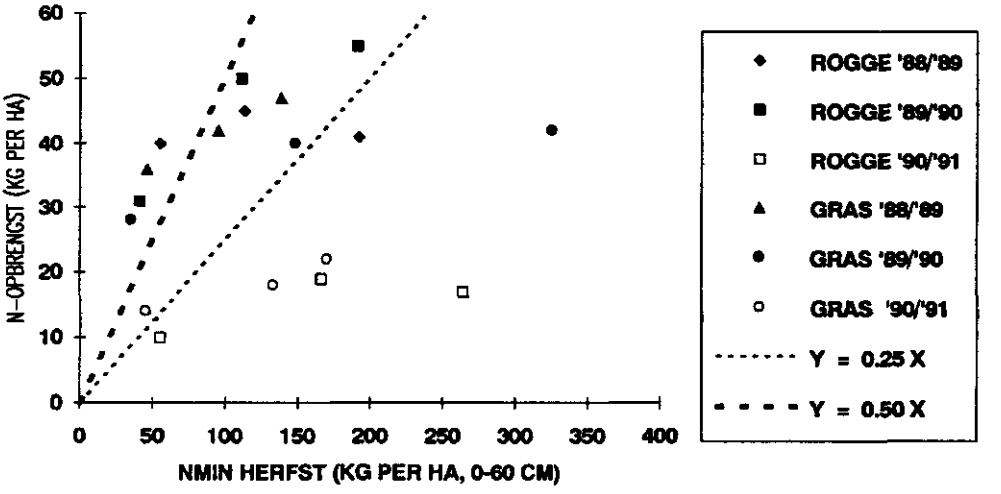

Figuur 10. Relatie tussen de gewashoogte en de bovengrondse stikstofopbrengst (inclusief stoppel) van wintergewassen in het voorjaar.

Hoewel er in alle jaren een aanmerkelijk verschil bestond in de hoeveelheid minerale bodem-N in de herfst onder de verschillende N-behandelingen, reageerden wintergewassen hier nauwelijks op. Bij een krappe N-bemesting, echter, bleef de N-opbrengst enigszins achter. De hoogste N-opbrengst in de bovengrondse delen werd gerealiseerd bij een minerale N-voorraad in de bodem van 75 kg per ha in de bovenste 30 cm of 150 kg per ha in de bovenste 60 cm. De N-recovery steeg naarmate de N-voorraad lager was (figuur 11).

RELATIE NMIN HERFST VERSUS N-OPBRENGST WINTERGEWAS




RELATIE NMIN HERFST VERSUS N-OPBRENGST WINTERGEWAS




Figuur 11. Relatie tussen de hoeveelheid minerale bodem-N (boven 0-30 cm, onder 0-60 cm) in de herfst en de stikstofopbrengst van wintergewassen in het voorjaar.

Tussen eind september en begin december produceerde gras meer droge stof dan rogge (bijlage 7). Omdat het N-gehalte van rogge in het algemeen hoger was dan dat van gras, was de N-opname die voor de winter in de bovengrondse delen plaatsvond, ongeveer gelijk. Oriënterende proefoogsten wezen uit dat begin december 40 tot 80 kg N per ha opgenomen werd. Bij de machinale eindoogst in het voorjaar, bleken de gemeten droge stofopbrengst nauwelijks toegenomen en de N-gehalten gedaald (bijlage 7). Dit had tot gevolg dat de gemeten N-opname in april in alle jaren lager was dan in december (tabel 9). Omdat bij de eindoogst in het voorjaar een 5-10 cm langere stoppel achterbleef dan bij de proefoogst in december, speelt de maaitechniek vermoedelijk een sterke rol bij de berekende daling van de N-opbrengst; bij een stoppellengte van 5-10 cm werd naar schatting 12 tot 24 kg N per ha niet meegeoogst (figuur 10). De daling van de droge stof- en N-opbrengst van gras gedurende de winter van 1991, kan bovendien veroorzaakt zijn door afsterving tijdens vorst.

### *3.2.4 Interacties tussen snijmaïs en wintergewassen*

Het zaaibed op veldjes die gedurende de voorafgaande winter begroeid waren geweest was wat grover dan op voormalige braakveldjes. Dit had geen gevolgen voor de opkomst, respectievelijk de gerealiseerde plantdichtheden van maïs (tabel 10).

Tabel 10. Gerealiseerde plantdichtheden per m2 bij maïs in relatie tot het gebruik van wintergewassen.

| winter-behandeling | 16 mei 1989 | 23 mei 1990 |
|---|---|---|
| braak | 11,9 | 11,0 |
| rogge | 11,8 | 10,9 |
| gras | 11,9 | 10,9 |

De effecten van wintergewassen op de droge stofopbrengst van maïs, zijn de resultante van effecten op de N-voorziening en effecten op overige groeiomstandigheden. Bij een beperkte bemesting (N1) namen de N-opbrengst en het N-gehalte

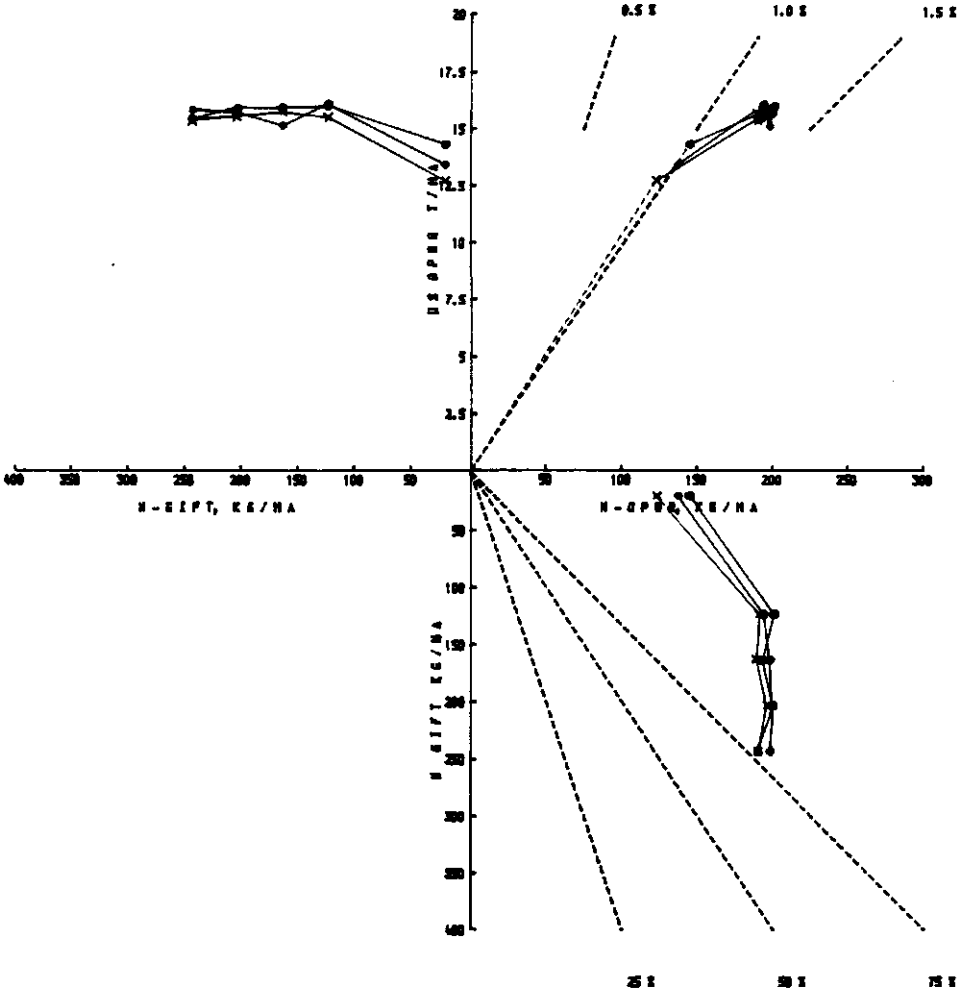
Tabel 11. Het effect van wintergewassen op de relatieve opbrengst van maïs bij een krappe en een ruime N-bemesting.

| winterbehandeling | object | 1988 | 1989 | 1990 | gemiddelde 1989-1990 |
|---|---|---|---|---|---|
| braak | N1 | 98 | 80 | 85 | 82 |
| | N2-N5 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| rogge | N1 | - | 85 | 101 | 92 |
| | N2-N5 | - | 100 | 104 | 102 |
| gras | N1 | 93 | 86 | 86 | 86 |
| | N2-N5 | 95 | 102 | 99 | 101 |
| LSD (P <0.05) | | 9 | 7 | 10 | 7 |
| LSD (P <0.10) | | 7 | 6 | 8 | 6 |
| 100 = ... ton ds / ha | | 15,28 | 17,06 | 13,97 | 15,51 |

van snijmaïs toe onder invloed van wintergewassen. Gemiddeld over 1989 en 1990 nam de N-opbrengst toe met 23 kg N per ha na rogge en met 14 kg N per ha na gras. Bij ruimere bemesting (N2-N5) was de N-opbrengst na wintergewassen gemiddeld 5 kg per ha hoger dan na braak.

In tabel 11 is daarom onderscheid gemaakt tussen de gemeten effecten op de droge stofopbrengst bij weinig (N1) en bij voldoende N (N2-N5). Bij een beperkte N-bemesting reageerde de droge stofopbrengst van maïs per saldo positief op wintergewassen. Het onderploegen van winterrogge of gras had gemiddeld over beide jaren op beperkt bemeste maïs (N1) een positief effect van 1560 respectievelijk 635 kg droge stof per ha. Als in het traject N1-N2 een lineaire respons tussen N-gift en opbrengst verondersteld wordt, komt het onderploegen van rogge en gras overeen met een N-gift van respectievelijk 61 en 25 kg N per ha; bij een veronderstelde curvilineaire respons komt het effect met een lagere N-gift overeen.

Bij een ruime N-bemesting (N2-N5) reageerde maïs over het algemeen niet positief op het wintergewassen (figuur 12). In 1988 bleef maïs in combinatie met grasonderzaai zelfs 5% achter in opbrengst (P<0.05). Ook in 1990 ondervond maïs




Figuur 12. Relaties tussen N-gift (som van kunstmest-N en $NH_4$-N in runderdrijfmest, kg N/ha), droge stofopbrengst (ton droge stof per ha) en stikstofopbrengst (kg N per ha) van maïs bij braak, rogge en gras gemiddeld over 1989 en 1990; x = braak, o = rogge, + = gras.

gemiddeld een klein negatief (niet significant) effect van de ondervrucht. Dit effect werd in dat jaar op beperkt bemeste veldjes (N1) nauwelijks teniet gedaan door N-levering vanuit het voorafgaande wintergewas. Rogge, daarentegen, had in 1990 ook bij ruime bemesting een positief effect ($P<0.05$) op de opbrengst van maïs.

Als het niet-N-effect van wintergewassen wordt afgemeten aan de opbrengstreactie in het traject N2-N5 en de opbrengstreactie bij N1 hiervoor wordt gecorrigeerd, dan komt het onderploegen van rogge en gras overeen met een N-gift van respectievelijk 50 en 20 kg per ha (lineaire respons verondersteld). In beide jaren was het op deze wijze gecorrigeerde N-effect van rogge iets groter dan dat van gras. In paragraaf 3.4 wordt ook met N-balansen nagegaan in welke mate en wanneer de N uit de wintergewassen vrijkomt.

Bij een suboptimale N-bemesting (N1) leidde het onderploegen van een wintergewas tot verbetering van de N-voorziening. De N die uit de wintergewassen vrijkwam is in dat geval goed opgenomen. Bij een ruime bemesting (N2-N5) leidde het onderploegen van een wintergewas tot meer onbenutte minerale N in het profiel in de daarop volgende herfst. In 1989 was dit alleen bij gras het geval, in 1990 vooral bij rogge (tabel 12).

Tabel 12. Hoeveelheid minerale N (kg per ha, 0-60 cm) na de oogst in relatie tot bemesting en het gebruik van een wintergewas.

| winterbehandeling | object | 1988 | 1989 | 1990 |
|---|---|---|---|---|
| braak | N1 | 55 | 39 | 48 |
| | N2 | 113 | 116 | 116 |
| | N5 | 192 | 211 | 159 |
| rogge | N1 | - | 41 | 55 |
| | N2 | - | 111 | 166 |
| | N5 | - | 191 | 264 |
| gras | N1 | 46 | 35 | 45 |
| | N2 | 95 | 148 | 133 |
| | N5 | 138 | 325 | 170 |

## 3.3 Uitspoeling

### *3.3.1 Chloridegehaltes*

De gemeten chloridegehaltes waren in 1989-1990 en in 1990-1991 hoger onder veldjes waar niet met drijfmest (N1) dan onder veldjes waar wel met drijfmest (N2-N5) was bemest (tabel 13). De verschillen waren iets kleiner in 1990-1991, wellicht als gevolg van de in 1990 verhoogde gift van (chloorhoudende) K60 op drijfmestveldjes (N2-N5). De hoogste chloridegehaltes werden in 1989-1990 begin februari en in 1990-1991 eind november gemeten. In beide seizoenen viel kort daarvoor de eerste grote hoeveelheid neerslag van dat seizoen. Daarbij spoelde de meeste chloride uit naar het grondwater. Als na verloop van tijd water met een lager gehalte percoleerde, daalde het chloridegehalte weer.

Omdat nitraat, in tegenstelling tot chloride, bodemchemisch niet inert is, verloopt het transport van nitraat naar het grondwater in principe anders. Uit de gegevens in paragraaf 3.3.2 blijkt dat het verloop van de nitraatgehaltes grote overeenkomst met dat van chloride vertoonde. Nitraatuitspoeling wordt op deze grond dus blijkbaar ook sterk bepaald door het vochttransport. Mineralisatie-immobilisatie reacties speelde in het winterseizoen blijkbaar een ondergeschikte rol bij de verplaatsing

van nitraat.

Tabel 13. Verloop van het chloridegehalte (mg/l) gedurende de winter 1989-1990 en gedurende de winter 1990-1991 op een diepte van 100 cm; gemiddeld over objecten met en zonder runderdrijfmest (RDM).

| seizoen | datum | object | |
|---|---|---|---|
| | | met RDM | zonder RDM |
| 1989-1990 | 19-12 | 15 | 15 |
| | 01-02 | 74 | 155 |
| | 05-03 | 61 | 48 |
| | 10-04 | 45 | 55 |
| 1990-1991 | 04-10 | 31 | 18 |
| | 09-11 | 64 | 70 |
| | 22-11 | 138 | 190 |
| | 26-02 | 46 | 34 |

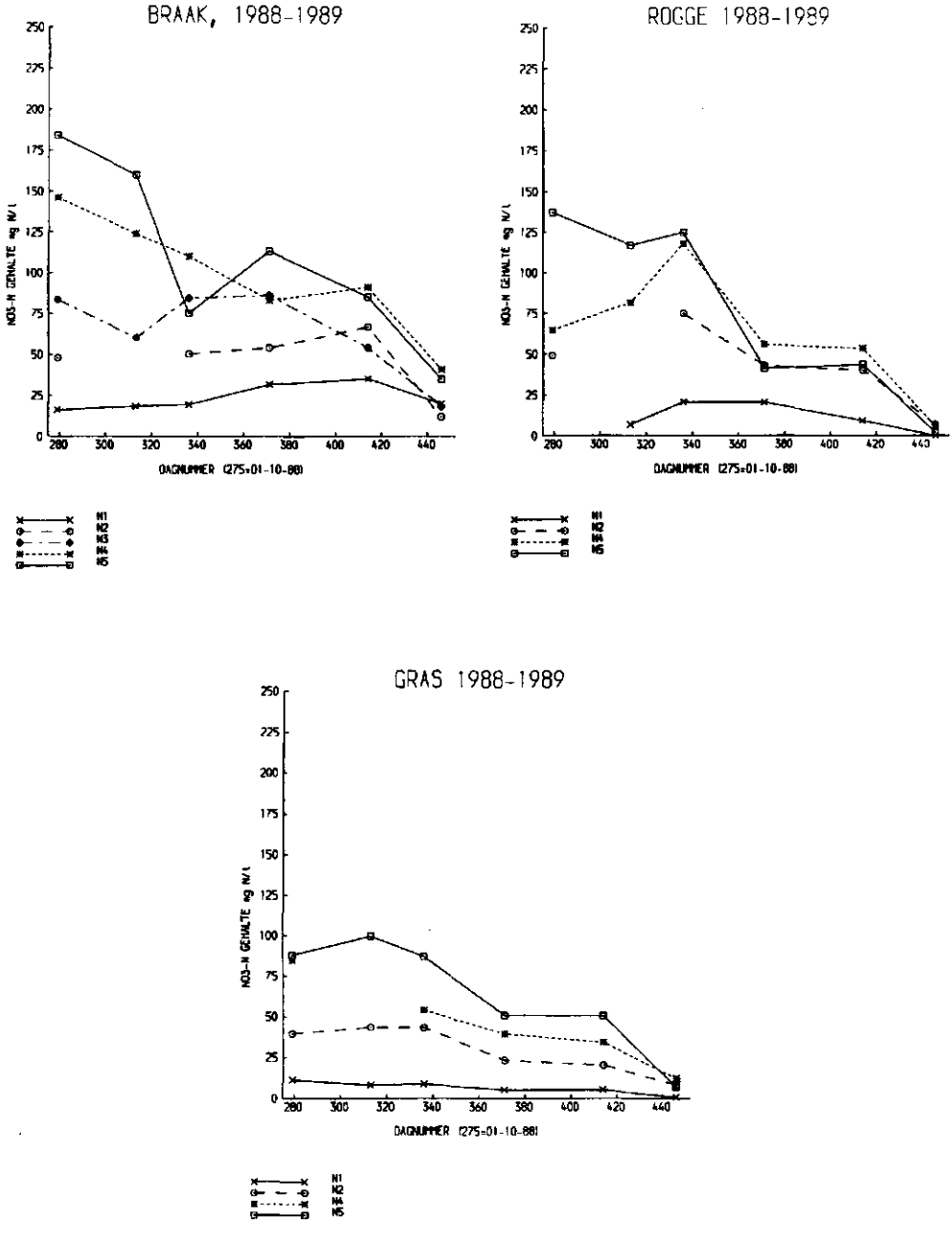
### *3.3.2 Nitraatgehaltes*

Algemeen

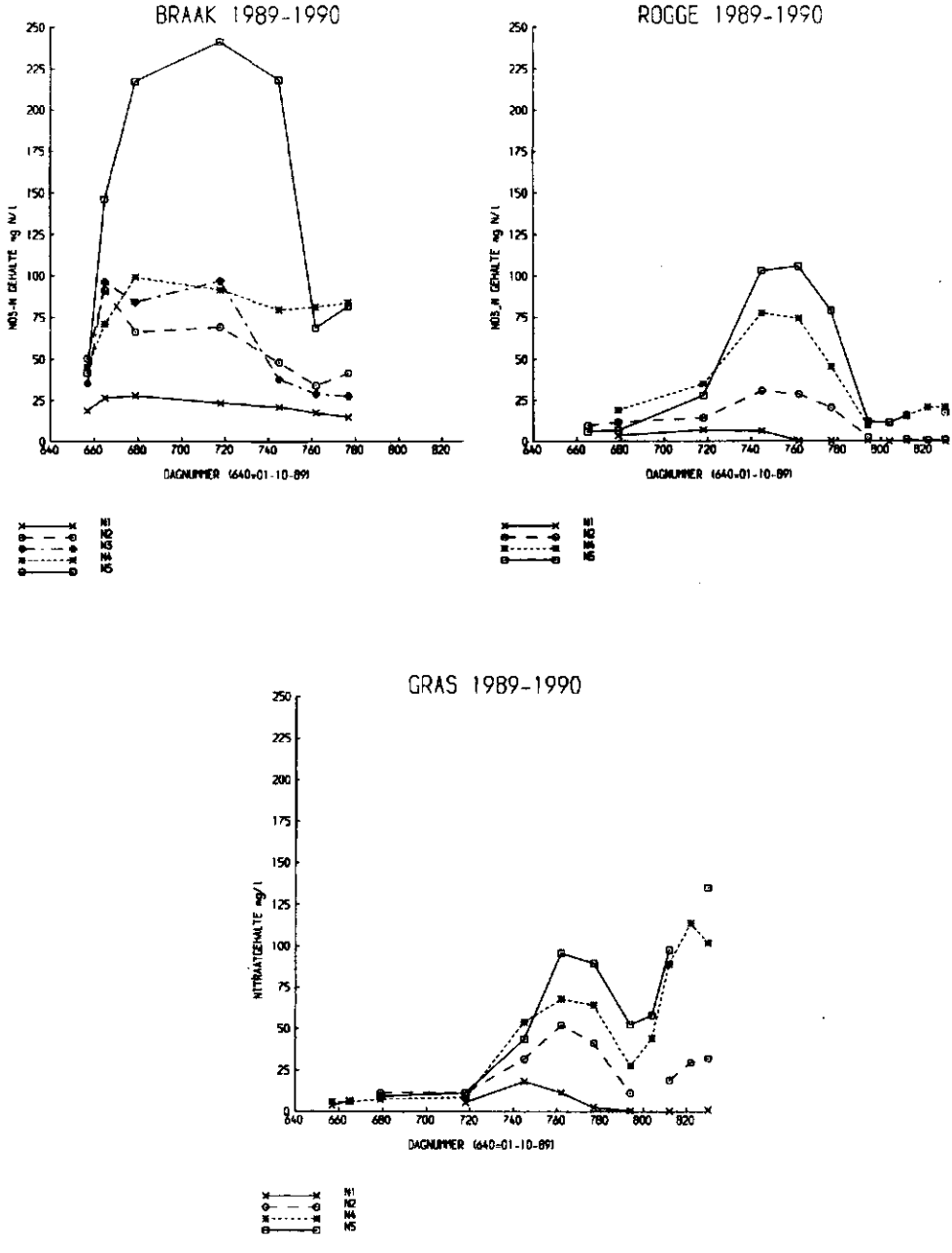
Het nitraatgehalte op 100 cm diepte was hoger naarmate de N-bemesting hoger was (figuur 13). Behalve de N-bemesting was ook de winterbehandeling van invloed: onder braakveldjes werden vrijwel steeds de hoogste nitraatgehaltes aangetroffen. Een uitzondering daarop vormde het winterseizoen 1990-1991 waarin onder winterrogge hogere gehaltes werden gevonden. De oorzaak hiervan is niet duidelijk.

Seizoen 1988-1989

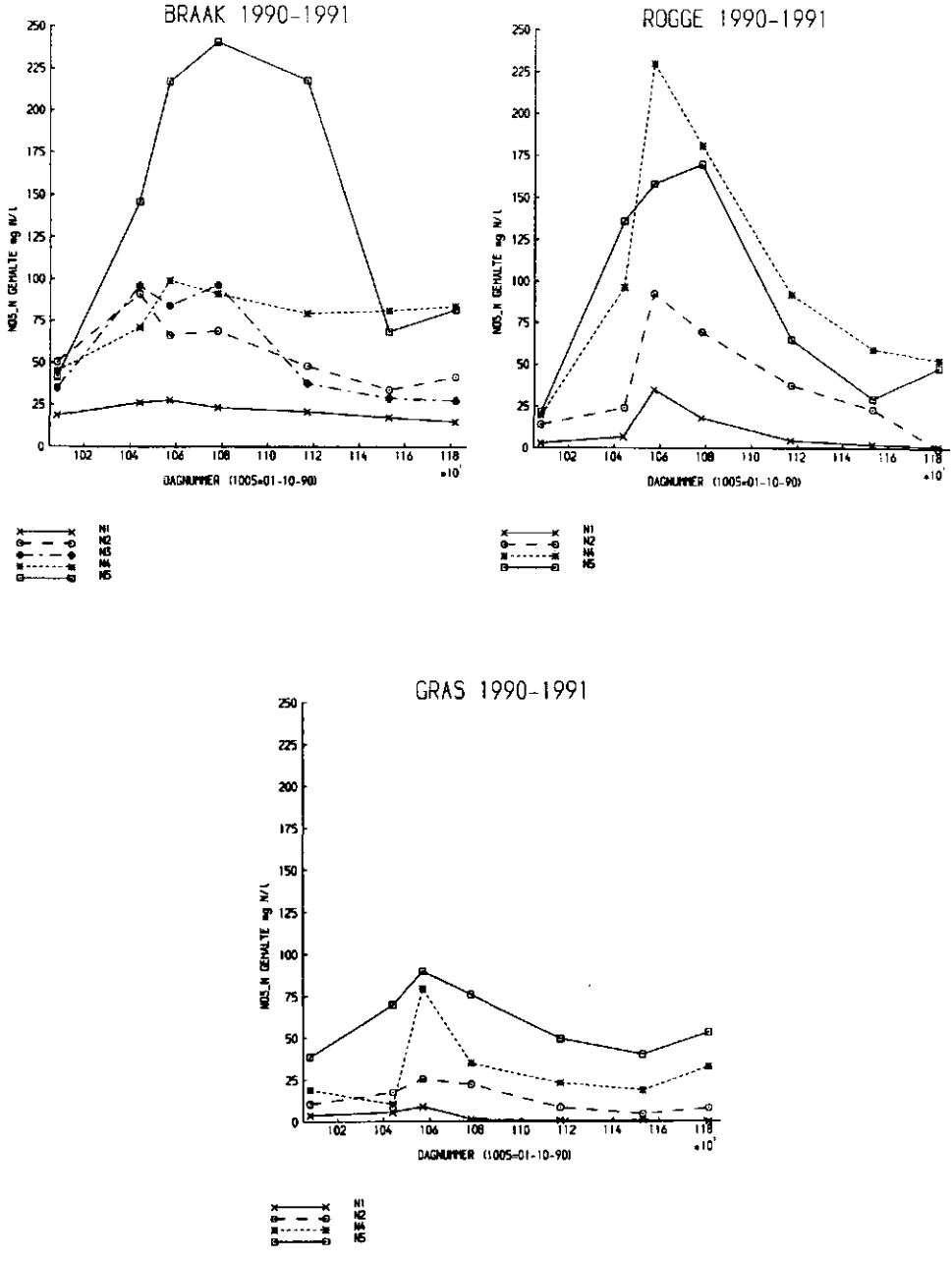
Ondanks de vrij normale weersomstandigheden werden begin oktober 1988, kort na de maïsoogst, relatief hoge nitraatgehaltes gemeten. Vooral bij de hoge N-niveaus was blijkbaar al veel nitraat uitgespoeld als gevolg van, vermoedelijk, de wat nattere zomerperiode waarin tijdelijk een neerslagoverschot is opgetreden. Met name in juli viel er veel neerslag (177 mm). De grondwaterstanden van deze maand zijn niet bekend en kunnen daarom dit neerslagoverschot niet illustreren.




Figuur 13. Verloop van de nitraatgehaltes (op 100 cm diepte, mg $NO_3$-N per liter) in relatie tot de bemesting en winterbehandeling in 1988-1989.




Figuur 13. Verloop van de nitraatgehaltes (op 100 cm diepte, mg $NO_3$-N per liter) in relatie tot de bemesting en winterbehandeling in 1989-1990.




Figuur 13. Verloop van de nitraatgehaltes (op 100 cm diepte, mg $NO_3$-N per liter) in relatie tot de bemesting en winterbehandeling in 1990-1991.

Omdat de grondwaterstanden ook later in deze zomer nauwelijks beneden 110 cm daalden, was het bodemprofiel vermoedelijk nauwelijks uitgedroogd. Omdat na een dergelijke natte zomer neerslag na de oogst spoedig tot nitraatuitspoeling kan leiden, begon de periode van uitspoeling in dat jaar al eerder. De nitraatuitspoeling was daarom wellicht hoger dan berekend in paragraaf 3.3.4.
Begin oktober 1988 viel er veel neerslag waardoor de nitraatgehaltes onder sommige veldjes begin november nog verder stegen. Gedurende de rest van het winterseizoen namen de gehaltes af. Door percolatie tijdens perioden met veel neerslag, daalde het nitraatgehalte op 100 cm door verdunning.

Seizoen 1989-1990
De nitraatgehaltes waren aanvankelijk laag bij alle behandelingen. Ondanks de droge herfst steeg het nitraatgehalte onder braakliggende veldjes al in oktober. Begin december namen de gehaltes onder deze veldjes toe tot een maximum om vervolgens gedurende een langere periode op een gelijk niveau te blijven. Als gevolg van N-opname en een geringer neerslagoverschot, stegen de nitraatgehaltes onder begroeide veldjes pas na hevige neerslag omstreeks half december. De hoogste gehaltes werden hier begin februari 1990 bereikt.
In de periode daarna daalden de gehaltes onder alle veldjes sterk, met name die onder begroeide veldjes. Begin maart trad echter weer een stijging op, vooral onder veldjes met gras. Dit werd mogelijk veroorzaakt door mineralisatie als gevolg van de relatief warme winter. Door hevige neerslag op 1 maart (28 mm) is veel van deze stikstof alsnog uitgespoeld.

Seizoen 1990-1991
Ook in het seizoen 1990-1991 waren de nitraatgehaltes aanvankelijk laag. Begin november vond na enige regenval al snel een stijging onder alle behandelingen plaats, met name onder roggeveldjes. De hoogste gehaltes werden tussen eind november en begin december gemeten waarna een daling optrad.
In de tweede helft van de winter bleven de nitraatgehaltes vrij constant, wellicht als gevolg van de lage temperatuur en de geringe hoeveelheid neerslag.

### *3.3.3 Ruimtelijke variabiliteit*

Ruimtelijke variabiliteit binnen veldjes

Op 13 december 1990 zijn de vier cups per veldje apart geanalyseerd om een indruk te krijgen van de variabiliteit. Als aangenomen wordt dat de vier verschillende cups elkaar niet beïnvloeden en elk als een experimentele eenheid mag worden beschouwd, was de variatie binnen een veldje klein genoeg om verschillen als gevolg van N-giften significant aan te tonen (tabel 14). De nitraatgehaltes onder veldjes met winterrogge waren significant lager dan die onder braakveldjes, die onder veldjes met gras niet. Het verschil in nitraatgehalte tussen de winterbehandelingen rogge en gras enerzijds, en braak anderzijds was gemiddeld over alle data en jaren echter groter dan op 13 december 1990.

Ruimtelijke variabiliteit tussen herhalingen

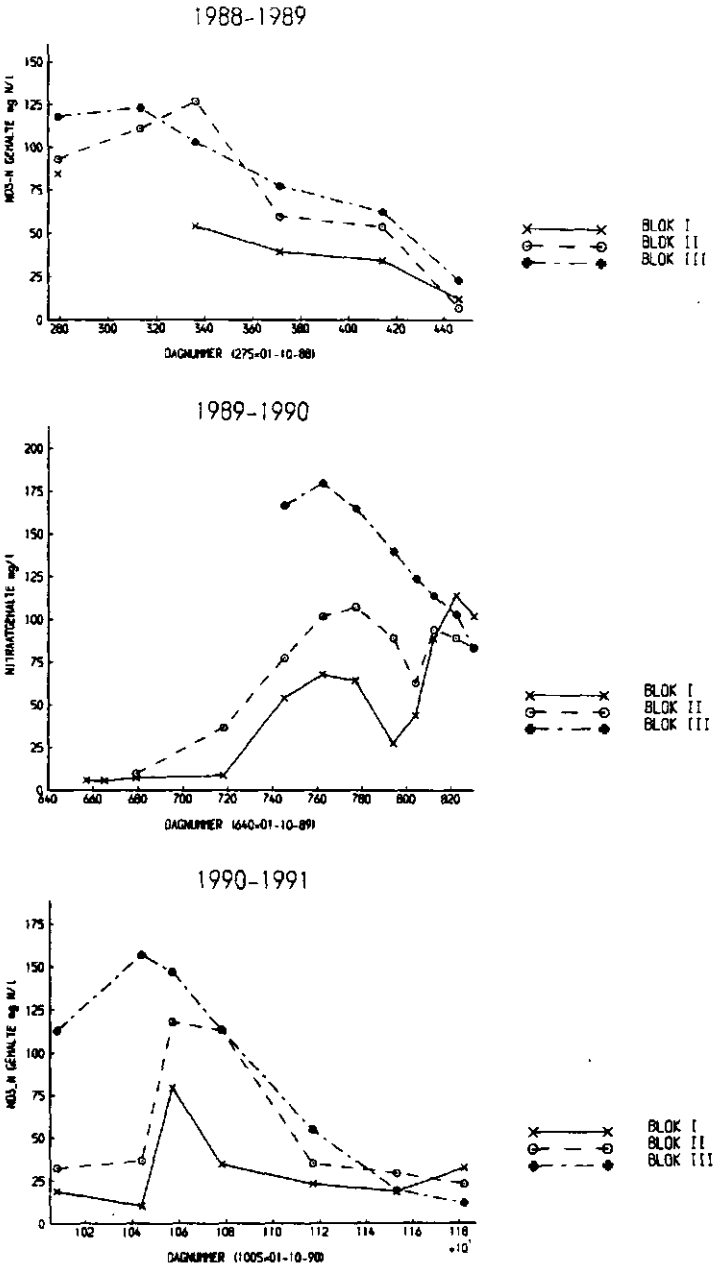
De variabiliteit tussen herhalingen is afgemeten aan de nitraatgehaltes onder $N_4$-veldjes met gras in de eerste, tweede en derde herhaling (figuur 14). In alle jaren was het gehalte het laagst in de eerste en het hoogst in de derde herhaling. Deze variabiliteit kan veroorzaakt zijn door variatie in bodemeigenschappen die, al dan niet via effecten op de N-opname van gewassen, invloed uitoefent op de uitspoeling. N-gehaltes in gewas en bodem werden bepaald in mengmonsters zodat de oorzaak niet achterhaald kan worden.

Tabel 14. Nitraatgehaltes (mg $NO_3$-N per liter) op 13 december 1990 gemiddeld over 4 cups per veldje en de LSD-waarde voor verschillen tussen N-objecten en tussen winterbehandelingen.

| winterbehandeling | N1 | N2 | N3 | N4 | N5 | gemiddeld** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| braak | 34,3 | 69,0 | 96,7 | 85,1 | 213,7 | 99,8 |
| rogge | 1,4 | 23,4 | 35,2 | 108,1 | 94,0 | 52,4 |
| gras | 17,2 | 45,5 | 111,6 | 163,0 | 171,0 | 101,6 |
| gemiddeld* | 17,6 | 46,0 | 81,1 | 118,8 | 159,6 | |

* LSD ($P<0.05$) 23,6

** LSD ($P<0.05$) 18,4




Figuur 14. Verloop van de nitraatgehaltes (op 100 cm diepte, mg $NO_3$-N per liter) onder op $N_4$-veldjes met gras in de eerste, tweede en derde herhaling in 1988-1989, 1989-1990 en 19901991.

### *3.3.4 Berekende nitraatuitspoeling*

Tussen jaren bestonden verschillen in de berekende uitspoeling (tabel 15). Deze verschillen waren voor een deel het gevolg van verschillen in de berekende waterafvoer (tabel 5) en voor een deel van verschillen in nitraatgehalte (tabel 16).

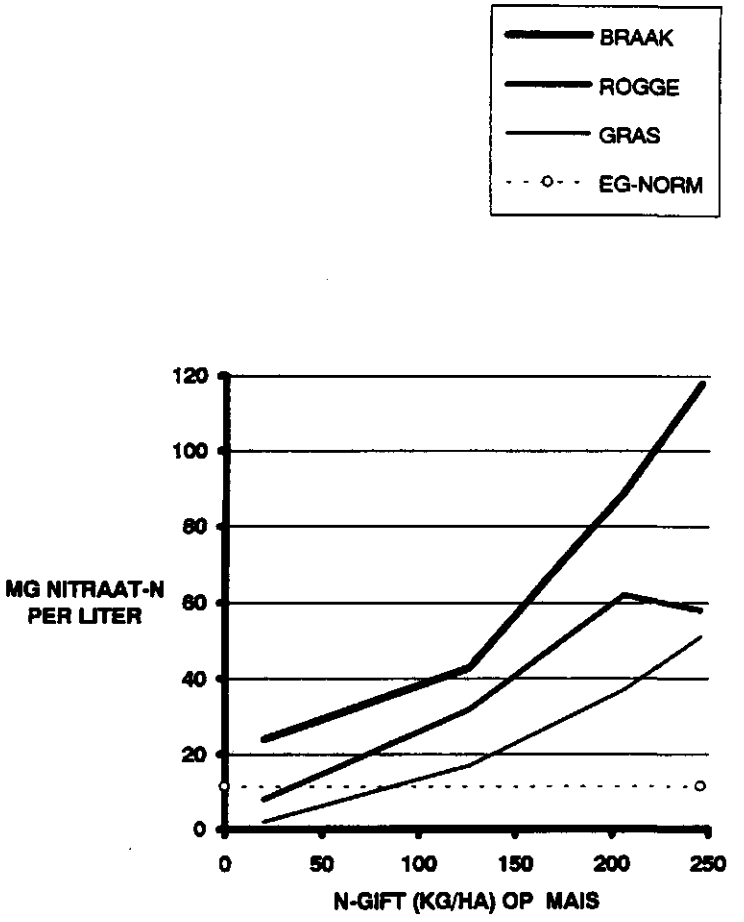
Tabel 15. Berekende nitraatuitspoeling (kg N per ha) gedurende de winter in relatie tot de winterbehandeling en de bemesting.

| winter-behandeling | N-object | veld-nummer | 1988-1989 | 1989-1990 | 1990-1991 | gemiddelde 1988-1989 tot 1990-1991 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| braak | N1 | 10 | 80 | 50 | 43 | 58 |
| | N2 | 6 | 135 | 77 | 104 | 105 |
| | N3 | 8 | 187 | 71 | 109 | 122 |
| | N4 | 7 | 289 | 166 | 190 | 215 |
| | N5 | 9 | 321 | 163 | 372 | 285 |
| rogge | N1 | 1 | 26 | 2 | 17 | 15 |
| | N2 | 5 | 109 | 3 | 79 | 64 |
| | N3 | 28 | - | 20 | 90 | - |
| | N4 | 2 | 135 | 16 | 214 | 122 |
| | N5 | 4 | 164 | 9 | 163 | 114 |
| gras | N1 | 13 | 15 | 2 | 1 | 6 |
| | N2 | 14 | 66 | 15 | 22 | 34 |
| | N3 | 24 | - | 22 | 46 | - |
| | N4 | 15 | 109 | 52 | 58 | 73 |
| | N5 | 12 | 137 | 60 | 105 | 101 |
| | N4 | 22 | 156 | 77 | 114 | 116 |
| | N4 | 35 | 199 | 152 | 95 | 149 |
| | N5 | 25 | - | 56 | 95 | - |

Tabel 16. Nitraatgehaltes (mg $NO_3$-N/liter) gedurende de winter (gewogen gemiddelde) in relatie tot de winterbehandeling en de bemesting.

| winter-behandeling | N-object | 1988-1989 | 1989-1990 | 1990-1991 | gemiddelde 1988-1989 tot 1990-1991 |
|---|---|---|---|---|---|
| braak | N1 | 24 | 29 | 20 | 24 |
| | N2 | 40 | 45 | 48 | 44 |
| | N4 | 86 | 96 | 87 | 90 |
| | N5 | 96 | 94 | 171 | 120 |
| rogge | N1 | 9 | 2 | 9 | 7 |
| | N2 | 38 | 2 | 43 | 28 |
| | N4 | 47 | 13 | 117 | 59 |
| | N5 | 57 | 7 | 89 | 51 |
| gras | N1 | 5 | 2 | 1 | 2 |
| | N2 | 23 | 13 | 12 | 16 |
| | N4 | 38 | 44 | 32 | 38 |
| | N5 | 47 | 50 | 58 | 52 |

Behalve tussen jaren, bestonden er ook tussen behandelingen verschillen in uitspoeling. In aanwezigheid van wintergewassen was de uitspoeling bij vergelijkbare N-bemesting minder dan bij braak. Deze verminderde uitspoeling was vooral een gevolg van de verlaging van het nitraatgehalte onder begroeide veldjes. Bovendien was de berekende waterafvoer in aanwezigheid van een wintergewas gemiddeld 45 mm minder. Gemiddeld over de jaren bestond daarbij geen verschil tussen rogge en gras. De hogere berekende transpiratie bij gras als gevolg van een snellere bodembedekking, werd gemiddeld over de jaren echter teniet gedaan door de hogere transpiratie van rogge als gevolg van de uitgestelde scheurdatum in het voorjaar van 1989.




Figuur 15. Gemiddeld nitraatgehalte (op 100 cm diepte, mg $NO_3$-N per liter) gedurende de winter in relatie tot de N-gift (som van kunstmest-N en $NH_4$-N in runderdrijfmest, kg N per ha) op maïsland bij braak, rogge en gras (gemiddeld over 1988-1989, 1989-1990 en 1990-1991).

De nitraatgehaltes werden verder zowel in combinatie met wintergewassen als ook bij braak in hoge mate door de N-bemesting bepaald (figuur 15).

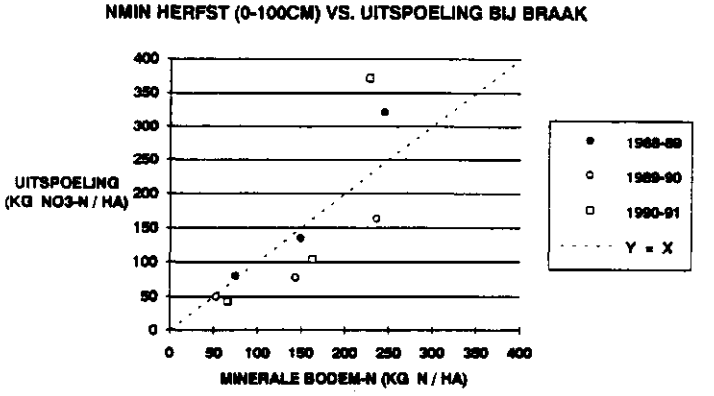
*3.3.5 Relatie tussen nitraatuitspoeling en minerale bodem-N in het najaar*

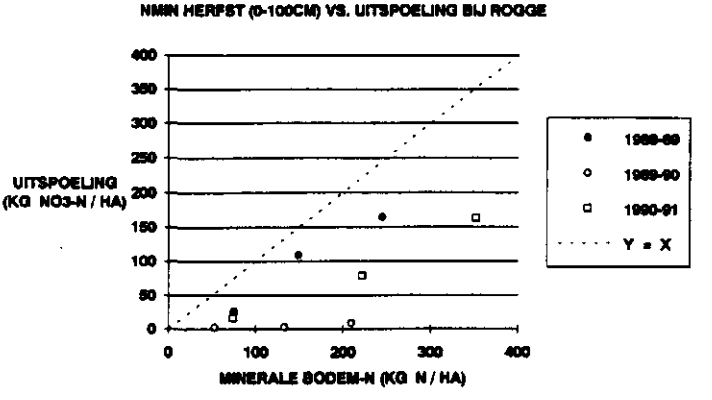
Om na te gaan of er een verband bestaat tussen de berekende nitraatuitspoelingsvracht en de hoeveelheid minerale bodem-N in het najaar in de laag 0-100 cm, werden gegevens uit deze proef die betrekking hadden op de laag 0-60 cm getransformeerd naar 0-100 cm op basis van waarnemingen waarbij beide bemonsteringsdiepten gehanteerd waren (braak en gras, N1 en N5, in 1989 en 1990). Laatstgenoemde waarnemingen gaven aan dat gemiddeld 80% (spreiding 70 tot 90%) van N in de laag 0-100 zich in de bovenste 60 cm bevond, zodat de eventuele fout bij de transformatie beperkt is.

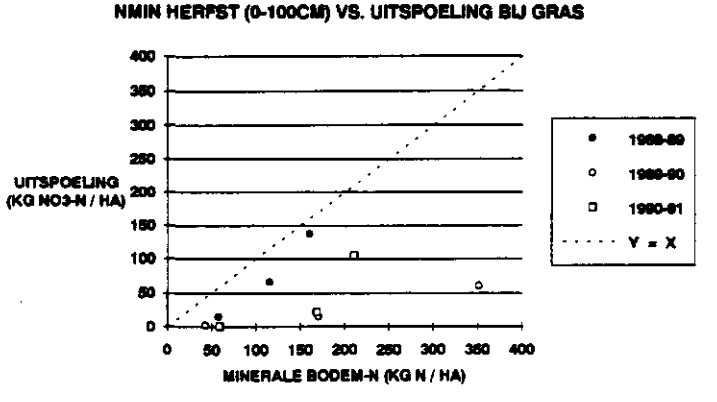
De hoeveelheid minerale bodem-N in de laag 60-100 cm bij N2 werd geschat uit de gemiddelde verhouding tussen de hoeveelheden in de laag 0-60 en 60-100 cm bij N1 en N5. De hoeveelheid in de laag 60-100 cm bij rogge werd geschat uit de gemiddelde verhouding tussen de hoeveelheden in de laag 0-60 en 60-100 cm bij braak en gras. De hoeveelheid in de laag 60-100 cm in 1988 werd voor alle objecten geschat uit de gemiddelde verhouding tussen de hoeveelheid in de laag 0-60 en 60-100 cm in 1989 en 1990.

Ondanks het feit dat de uitspoelingsmetingen zich in deze proef vooral op de eerste herhaling baseerden en de hoeveelheid minerale bodem-N in een mengmonster van alle vier herhalingen werd vastgesteld, bestond er op braakveldjes een redelijk verband tussen beide (figuur 16). In 1988-1989 was de uitspoeling min of meer gelijk aan en in de drogere winters van 1989-1990 en 1990-1991 doorgaans iets lager dan de hoeveelheid minerale bodem-N in het najaar.

Als gevolg van transpiratie en N-opname, was de nitraatuitspoeling onder veldjes met wintergewassen steeds lager dan de hoeveelheid minerale bodem-N in het najaar. Het verschil tussen beide stemde alleen in 1988-1989 goed overeen met de N-opname in de bovengrondse delen (zie ook paragraaf 3.4.3).




Figuur 16. Relatie tussen de hoeveelheid minerale bodem-N in de herfst (0-100 cm, kg N per ha) en de berekende nitraatuitspoeling (op 100 cm diepte, kg $NO_3$-N per ha).

## 3.4 Stikstofbalansen

### *3.4.1 Stikstofbalans tussen voorjaar en voorzomer*

Het saldo van de stikstofbalans tussen het voorjaar en de voorzomer wordt gedefinieerd als het verschil tussen de hoeveelheid minerale bodem-N die in de voorzomer gevonden wordt en de som van de minerale bodem-N in het voorjaar, de $NH_4$-N in dierlijke mest en de N in kunstmest. Uitgewerkte balansen staan vermeld in bijlage 9. Het saldo is het resultaat van een aantal winst- en verliesposten te weten mineralisatie, depositie, vastlegging, denitrificatie, vervluchtiging en uitspoeling. Bronnen van mineralisatie zijn de organische stof in de bodem, dierlijke mest en ondergeploegde wintergewassen. De vastlegging valt uiteen in vastlegging in bodemorganismen en vastlegging in onder- en bovengrondse delen van de maïs. De vastlegging in maïs werd in de voorzomer namelijk niet apart bepaald.
Op beperkt bemeste veldjes (N1) bedroeg het saldo in 1988, 1989 en 1990 tussen voorjaar en voorzomer respectievelijk 75, 46 en 31 kg N per ha. Per dag kwam dit overeen met respectievelijk 1,0; 0,9 en 0,5 kg N per ha. Vermeerderd met een geschatte opname in de bovengrondse delen van 30 kg N per ha, bedroeg de netto-mineralisatie tussen voorjaar en voorzomer gemiddeld 80 kg N per ha, overeenkomend met een mineralisatiesnelheid van 1,3 kg N per ha per dag.

Het verschil in saldo tussen de objecten N2 en N1 is een maat voor de werking van dierlijke mest. Als voorbeeld dienen de eerste twee saldi van voormalige braakveldjes die in bijlage 9 genoemd worden. Het saldo van het object dat alleen een rijenbemesting van 20 kg N per ha ontving (N1), bedroeg in het voorjaar van 1988 75 kg N per ha. Het saldo van het object dat daarnaast ook nog dierlijke mest ontving (N2), bedroeg in diezelfde periode 103 kg N per ha. Het saldoverschil van 28 kg N per ha geeft een indruk van de verandering die het gevolg is van alleen de dierlijke mest. In tabel 17 wordt met het vermelden van saldoverschillen volstaan; het eerdergenoemde saldoverschil (28) staat weergegeven als het dierlijke mest-effect tussen het voorjaar en de voorzomer van 1988.
Gemiddeld over jaren en winterbehandelingen, bedroeg het saldo-verschil tussen voorjaar en voorzomer 27 kg N per ha (tabel 17). Aangenomen dat de N-opname

Tabel 17. Het effect van dierlijke mest, kunstmest-N en wintergewassen op het N-saldo van het bodem-plant-systeem tussen voorjaar en voorzomer (zie ook bijlage 9).

| effect | saldo-verschil | object* | 1988 | 1989 | 1990 | gemiddelde over: 1988-1990 | gemiddelde over: 1989-1990 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| dierlijke mest | N2-N1 | B | 28 | 41 | 26 | | 32 |
| | | R | | -24 | 89 | | 33 |
| | | G | | -43 | 67 | | 12 |
| | | gem. | 28 | -9 | 61 | 27 | 26 |
| kunst-mest | N5-N2 | B | 14 | -79 | -24 | | -52 |
| | | R | | -50 | -24 | | -37 |
| | | G | | -50 | 48 | | -1 |
| | | gem. | 14 | -60 | 0 | -15 | -30 |
| rogge | R-B | N1 | | 23 | 27 | | 25 |
| | | N2 | | -42 | 90 | | 24 |
| | | N5 | | -13 | 90 | | 39 |
| | | gem. | | -11 | 69 | | 29 |
| gras | G-B | N1 | | 6 | 17 | | 12 |
| | | N2 | | -78 | 58 | | -10 |
| | | N5 | | -49 | 130 | | 41 |
| | | gem. | | -40 | 68 | | 14 |

* N1, N2, N5 : N-trappen volgens tabel 3;
B, R, G : winterbehandelingen braak, rogge, gras.

door de maïs half juni bij N2 en N1 gelijk was, betekent dit dat per saldo behalve de $NH_4$-N, ook 26% van de organische N in dierlijke mest vrijkwam.

Zonder wintergewas was het effect van dierlijke mest in alle jaren ongeveer gelijk. Hiermee vergeleken was het effect bij zowel rogge als gras in 1989 veel geringer en in 1990 veel groter. Het kon niet worden vastgesteld of dit kwam omdat de gewasopname door maïs in 1989 groter en in 1990 kleiner was na het onderploegen van een wintergewas. De grootte-orde van verschillen en het ontbreken van

zichtbare verschillen in het veld, suggereerden overigens andere oorzaken.

Het saldoverschil tussen de objecten N5 en N2 is een maat voor de lotgevallen van kunstmest-N. Gemiddeld over jaren en winterbehandelingen, bedroeg de verandering -15 kg N per ha (tabel 17). Aannemende dat de N-opname door maïs bij N5 en N2 rond half juni gelijk was, betekent dit dat er tussen voorjaar en voorzomer gemiddeld 13% van de toegediende kunstmest-N 'zoekraakte'. Met name tussen de jaren bestonden daarbij grote verschillen. In 1989 raakte de helft van de toegediende kunstmest-N 'zoek'.

Het saldoverschil tussen de objecten waarbij al dan niet een wintergewas geteeld werd, is een maat voor de effecten van een groenbemester. Gemiddeld over jaren en N-trappen, had het onderploegen van winterrogge een effect van 29 kg N per ha. Het onderploegen van gras had een gemiddeld effect van 14 kg N per ha. Met uitzondering van de hoogste N-trap (N5) in 1990, was het saldoverschil bij rogge steeds wat groter dan bij gras. Dit stemde overeen met de resultaten van incubatieproeven (tabel 18). Uit die proeven bleek dat na gras over het algemeen geen extra N vrijkwam en dat na rogge 7% meer N mineraliseerde in de bovenste 60 cm van het profiel, dan na braak.

Tabel 18. Hoeveelheid gemineraliseerde N (mg per kg grond) na incubatie gedurende 12 weken bij 20°C (bemonstering voorjaar 1989).

| object | | laag (cm) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 0-30 | 30-60 | 0-60 |
| braak | N1 | 27 | 7 | |
| | N2 | 31 | 8 | |
| | N5 | 26 | 6 | |
| | gem. | 28 | 7 | 35 |
| rogge | N1 | 31 | 7 | |
| | N2 | 28 | 6 | |
| | N5 | 33 | 8 | |
| | gem. | 31 | 7 | 38 |
| gras | N1 | 30 | 6 | |
| | N2 | 31 | 6 | |
| | N5 | 25 | 6 | |
| | gem. | 29 | 6 | 35 |

Bij een beperkte bemesting (N1) was het saldo in beide jaren ongeveer gelijk. Bij ruime bemesting (N2 en N5) was het effect van wintergewassen op het N-saldo kleiner (zelfs negatief) in 1989 en groter in 1990. Het kon niet worden vastgesteld of dit veroorzaakt werd doordat de gewasopname van maïs in 1989 groter en in 1990 kleiner was na het onderploegen van wintergewassen. De grootteorde van verschillen en de afwezigheid van zichtbare verschillen in het veld, suggereerden overigens andere oorzaken. Een geringer saldo bij ruime N-bemesting kan wijzen op vastlegging van een deel van de N uit (kunst-)mest, een groter saldo bij ruime N-bemesting kan wijzen op extra afbraak.

### *3.4.2 Stikstofbalans tussen voorjaar en herfst*

Het saldo van de stikstofbalans tussen het voorjaar en de herfst, wordt gedefinieerd als het verschil tussen enerzijds de som van de hoeveelheid minerale bodem-N die in de herfst gevonden wordt en de N-opname door de maïs, en anderzijds de som van de minerale bodem-N in het voorjaar, de $NH_4$-N in dierlijke mest en de N in kunstmest. Uitgewerkte balansen staan vermeld in bijlage 10 .

Tabel 19. Het effect van dierlijke mest, kunstmest-N en wintergewassen op het N-saldo van het bodem-plant-systeem tussen voorjaar en herfst (zie ook bijlage 10).

| effect | saldo-* verschil | object* | 1988 | 1989 | 1990 | gemiddelde over: 1988-1990 | gemiddelde over: 1989-1990 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| dierlijke mest | N2-N1 | B | -23 | 16 | 27 | | 22 |
| | | R | - | 25 | 26 | | 26 |
| | | G | -40 | 59 | 33 | | 46 |
| | | gem. | -32 | 33 | 29 | 10 | 31 |
| kunst-mest | N5-N2 | B | -50 | -18 | -87 | | -53 |
| | | R | - | -57 | -16 | | -37 |
| | | G | -58 | 66 | -76 | | -5 |
| | | gem. | -54 | -3 | -60 | -39 | -32 |
| rogge | R-B | N1 | - | 20 | 36 | | 28 |
| | | N2 | - | 29 | 35 | | 32 |
| | | N5 | - | -10 | 106 | | 48 |
| | | gem. | - | 13 | 59 | | 36 |
| gras | G-B | N1 | -23 | 1 | 15 | | 8 |
| | | N2 | -40 | 44 | 21 | | 33 |
| | | N5 | -48 | 128 | 32 | | 80 |
| | | gem. | -37 | 58 | 23 | 14 | 40 |

* N1, N2, N5: N-trappen volgens tabel 3;
B, R, G : winterbehandelingen braak, rogge, gras.

Het saldo is het resultaat van een aantal winst- en verliesposten te weten mineralisatie, depositie, vastlegging, denitrificatie, vervluchtiging en uitspoeling. Bronnen van mineralisatie zijn de organische stof in de bodem, dierlijke mest en ondergeploegde wintergewassen, vastlegging bestaat in het geval van deze balans slechts uit de vastlegging in bodemorganismen en de vastlegging in ondergrondse delen van de maïs.

Op beperkt bemeste veldjes (N1) bedroeg het saldo in 1988, 1989 en 1990 tussen voorjaar en herfst respectievelijk 188, 114 en 92 kg N per ha. Per dag kwam dit overeen met respectievelijk 1,1; 0,8 en 0,5 kg N per ha.

Het verschil in saldo tussen de objecten N2 en N1 is een maat voor de werking van dierlijke mest. Gemiddeld over jaren en winterbehandelingen, bedroeg het saldo tussen voorjaar en herfst 10 kg N per ha (tabel 19). Dit betekent dat per saldo behalve de $NH_4$-N, ook 10% van de organische N in de mest beschikbaar kwam. De aanvankelijke toename van de hoeveelheid N tussen voorjaar en voorzomer (tabel 17), is in 1988 meer dan teniet gedaan en in 1990 voor een deel teniet gedaan door het overheersen van verliesprocessen in de tweede helft van het seizoen. In 1989 was het omgekeerde het geval. Wintergewassen hadden geen effect op de verandering van de hoeveelheid N ten gevolge van het gebruik van dierlijke mest zoals dat gold voor de verandering tussen voorjaar en voorzomer.

Hoewel een groot deel van de organisch gebonden drijfmest-N blijkens de balansen tijdens het seizoen beschikbaar kwam, benutte de maïs deze N maar gedeeltelijk. Vooral in 1988 was de benutting in termen van de 'apparent nitrogen recovery' (ANR) laag. In 1989 en 1990 steeg de benutting naar circa 33% (tabel 20).

Het saldoverschil tussen de objecten N5 en N2 is een maat voor de lotgevallen van kunstmest-N. Gemiddeld over jaren en winterbehandelingen, bedroeg de verandering -39 kg N per ha (tabel 19). Dit betekent dat gemiddeld 33% van de kunstmest-N (120 kg N per ha) tussen voorjaar en herfst 'zoekraakte'. Dit effect trad in alle jaren en in vrijwel alle behandelingen op. De beperkte verliezen van kunstmest-N tussen voorjaar en voorzomer in 1988 en 1990, werden teniet gedaan door grotere verliezen tussen de voorzomer en de herfst in die jaren. In 1989, echter, toen veel kunstmest-N tussen voorjaar en voorzomer 'zoekraakte', kwam een groot

Tabel 20. Stikstofgift en -opbrengst (kg per ha) en de stikstofterugwinning (ANR, %)

| jaar | | object | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 braak | N2 braak | N1 rogge | N2 rogge | N1 gras | N2 gras |
| 1988 | N-gift* | 20 | 240 | 20 | 240 | 20 | 240 |
| | N-opbrengst | 161 | 189 | - | - | 147 | 167 |
| | ANR** | - | 13 | - | - | - | 9 |
| 1989 | N-gift* | 20 | 250 | 20 | 250 | 20 | 250 |
| | N-opbrengst | 120 | 197 | 134 | 208 | 143 | 206 |
| | ANR** | - | 33 | - | 32 | - | 27 |
| 1990 | N-gift* | 20 | 200 | 20 | 200 | 20 | 200 |
| | N-opbrengst | 125 | 184 | 156 | 194 | 130 | 182 |
| | ANR** | - | 33 | - | 21 | - | 29 |
| 1989-1990 | N-gift* | 20 | 225 | 20 | 225 | 20 | 225 |
| | N-opbrengst | 123 | 191 | 145 | 201 | 137 | 194 |
| | ANR** | - | 33 | - | 27 | - | 28 |

* Uitgedrukt in N-totaal.

** Op basis van N-opbrengst van N1.

deel tussen voorzomer en herfst alsnog terecht.

Het saldoverschil tussen de objecten waarbij al dan niet een wintergewas geteeld werd, vormt een maat voor de effecten van een groenbemester. Gemiddeld over jaren en N-trappen, kwam tussen voorjaar en herfst, na het onderploegen van rogge of gras respectievelijk 36 en 40 kg N per ha per jaar vrij (tabel 19).

Het negatieve effect dat wintergewassen in 1989 op het N-saldo tussen voorjaar en voorzomer hadden, werd in de tweede helft van het seizoen over het algemeen gecompenseerd. In 1990 werd het positieve effect van wintergewassen op het saldo in de tweede helft van het seizoen ten dele teniet gedaan door een gemiddeld negatieve balans. Per saldo leidde het onderploegen van een wintergewas in beide jaren tot het vrijkomen van N.

Het effect van een wintergewas op het N-saldo is bij gras feitelijk het gezamenlijke

effect van de netto-mineralisatie vanuit het ondergeploegde voorafgaande wintergewas en vastlegging van N in het ondergezaaide komende wintergewas. In het eerste jaar van de proef trad alleen dit laatste effect op. Naast concurrentie om vocht is deze concurrentie om N mogelijk een van de redenen waarom de ondervrucht van gras in 1988 een negatief effect had op het saldo.

### *3.4.3 Stikstofbalans tussen herfst en voorjaar*

Het saldo van de stikstofbalans tussen herfst en voorjaar wordt gedefinieerd als het verschil tussen enerzijds de som van de hoeveelheid minerale bodem-N die in het voorjaar gevonden wordt, de gemeten N-uitspoeling en de N-opname door het wintergewas, en anderzijds de hoeveelheid minerale bodem-N in de herfst. Dit saldo is de resultante van met name:

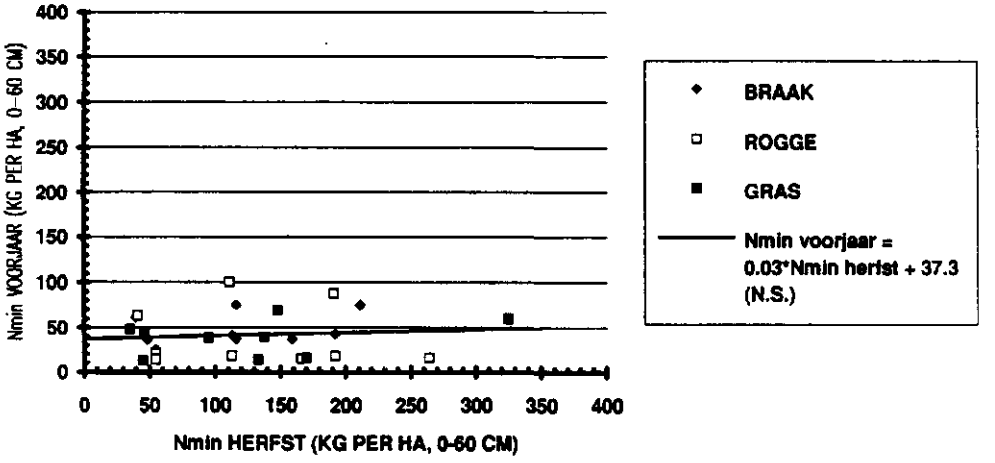
- N-mineralisatie gedurende de winter,
- denitrificatie,
- N-vastlegging in wortels en stoppels van het wintergewas.

Tabel 21. Het effect van wintergewassen op het N-saldo van het bodem-plant-systeem tussen herfst en voorjaar (zie ook bijlage 11).

| effect | saldo-verschil | object* | 1988 | 1989 | 1990 | gemiddeld over: 1988-1990 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| rogge | R-B | N1 | -18 | -17 | -45 | -27 |
| | | N2 | -4 | 6 | -78 | -25 |
| | | N5 | -136 | -66 | -318 | -173 |
| | | gem. | -53 | -26 | -147 | -75 |
| gras | G-B | N1 | -2 | -29 | -48 | -26 |
| | | N2 | -12 | -60 | -104 | -59 |
| | | N5 | -87 | -190 | -277 | -185 |
| | | gem. | -34 | -93 | -143 | -90 |

* N1, N2, N5 : N-trappen volgens tabel 3;
B, R, G : winterbehandelingen braak, rogge, gras.

Uitgewerkte balansen staan in bijlage 11. Op veldjes zonder wintergewas en een beperkte bemesting (N1), bedroeg de verandering in de hoeveelheid minerale bodem-N (exclusief de verandering als gevolg van uitspoeling) in 1988-1989, 1989-1990 en 1990-1991, respectievelijk -30, 22 en -12 kg N per ha (0-60 cm). Winst- en verliesprocessen hielden elkaar klaarblijkelijk min of meer in evenwicht. Omdat er onder genoemde veldjes in 1988-1989, 1989-1990 en 1990-1991 respectievelijk 80, 50 en 43 kg N per ha uitspoelde (tabel 16), moet er in de achtereenvolgende winters minimaal 50, 72 en 31 kg N per ha zijn gemineraliseerd. Dit komt overeen met een mineralisatiesnelheid van 0,2; 0,4 en 0,2 kg N per ha per dag.
Naarmate ruimer bemest werd en de hoeveelheid minerale bodem-N in de herfst groter was, raakte meer van deze N gedurende de winter zoek. Dit betekent dat de aanvankelijke verschillen in de hoeveelheid minerale N in de herfst, in het voorjaar in veel mindere mate terug te vinden zijn (figuur 17).




Figuur 17. Relatie tussen de hoeveelheid minerale bodem-N in de herfst en in het voorjaar (0-60 cm).

Als aangenomen wordt dat mineralisatie en denitrificatie op veldjes met een wintergewas gelijk zijn aan die zonder wintergewas, dan vormt het saldoverschil tussen beide een maat voor de hoeveelheid die in de wortels en de stoppels van wintergewassen werd vastgelegd. Met uitzondering van rogge (N2) in 1989-1990, was dit saldoverschil steeds negatief hetgeen wijst op de genoemde vastlegging (tabel 21). Bij een beperkte bemesting (N1) bedroeg de op deze wijze berekende vastlegging bij rogge gemiddeld 27 kg N per ha en bij gras gemiddeld 26 kg N per ha. Bij ruime bemesting (N5) liep de vastlegging, althans volgens berekening, op tot gemiddeld 173 kg N per ha bij rogge en gemiddeld 185 kg N per ha bij gras.

### 3.5 Simulatie van de N-mineralisatie

Janssen & Catalan (Goossensen & Meeuwissen, 1990) en Janssen (1984) hebben getracht de mineralisatie van N bij de afbraak van organische meststoffen op eenvoudige wijze te beschrijven. De mineralisatiesnelheid wordt in hun model bepaald door de temperatuur, het C/N-quotiënt en de zogenaamde initiële leeftijd van het materiaal. De geschatte mineralisatie op basis van N-balansen, werd vergeleken met de uitkomst volgens bovengenoemd model. Daarbij werd een initiële leeftijd van 0,99 verondersteld (Janssen, 1984). Voorts werd aangenomen dat de

Tabel 22. Vergelijking van de gesimuleerde N-mineralisatie vanuit wintergewassen met de geschatte N-mineralisatie op basis van N-balansen bij een beperkte bemesting (N1).

| gewas | jaar | N-opbrengst (kg per ha): | | | mineralisatie (kg N per ha) tussen: | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | voorjaar en zomer | | voorjaar en herfst | |
| | | geoogste bovengr. massa | geschatte stoppelmassa* | geschatte wortelmassa* | simulatie 1 mei 1 juli | N-balans half april-half juni | simulatie 1 mei 1 okt. | N-balans half april-eind sept. |
| rogge | 1989 | 40 | 20 | 14 | 14 | 23 | 40 | 20 |
| | 1990 | 31 | 20 | 12 | 11 (20)** | 27 | 33 (49)** | 36 |
| gras | 1989 | 36 | 20 | 14 | 11 6 | 40 | 1 | |
| | 1990 | 28 | 20 | 13 | 9 (19)** | 17 | 30 (47)** | 15 |

* Zie tekst voor aannames.

** Tussen haken inclusief de nawerking van het wintergewas uit 1989.

droge stof- en N-opbrengst van de ongeoogste stoppel respectievelijk 1000 en 20 kg per ha bedroeg en dat de droge stofopbrengst van de wortels gelijk was aan 50% van die van de bovengrondse delen (inclusief stoppel). Het N-gehalte van de wortels werd op 1% geschat. De vergelijking beperkte zich tot objecten met een beperkte bemesting (N1). Balansberekening en simulatie kwamen slecht overeen (tabel 22). Tussen voorjaar en voorzomer was de met balansen berekende extra mineralisatie ten gevolge van wintergewassen, vrijwel steeds hoger dan de gesimuleerde; tussen voorjaar en herfst was vaak het omgekeerde het geval. Omdat de N-opname in de wintergewassen in het voorjaar van 1990 geringer was dan in 1989, was de gesimuleerde mineralisatie, ondanks de hogere temperaturen in het voorjaar van 1990, geringer dan in 1989. Ook over het gehele seizoen bezien was dit zo. In 1990, echter, was de mineralisatie op basis van de balans juist groter. Door bij de simulatie rekening te houden met na-effecten in 1990 van de wintergewassen uit 1989, sloot de gesimuleerde mineralisatie tussen voorjaar en zomer beter en die tussen voorjaar en herfst minder aan bij op basis van balansen geschatte waarde.

Deze matige overeenstemming vloeide wellicht voort uit de slechte meetbaarheid van de mineralisatie. De hoeveelheid N die bij het proces betrokken was, was gering en de lotgevallen van deze N konden noodgedwongen slechts op indirecte wijze (N-balansen) worden bepaald. Bij de op basis van balansen geschatte mine-

ralisatie werd voorts verondersteld dat de overige winst- en verliesposten na wintergewassen gelijk zijn aan die na braak. De gesimuleerde mineralisatie beschrijft slechts de bruto-mineralisatie en doet geen uitspraak over de lotgevallen van N nadien. Daarom, wellicht, bleef de met balansen berekende mineralisatie tussen voorjaar en herfst achter bij de gesimuleerde mineralisatie.

## 3.6 Wijzigingen in de bodemvruchtbaarheid

Gemeten over de periode 1988-1991 hadden wintergewassen geen invloed op de pH, het organische stofgehalte, het N-totaalgehalte en het K-HCl-gehalte (tabel 23). Onder invloed van zware bekalking steeg de pH, zij het wat minder in combinatie met dierlijke mest. Zonder dierlijke mest leek het N-totaalgehalte iets te dalen, met dierlijke mest leek het organische stofgehalte iets te stijgen. De K-HCl-gehalten in de ondergrond daalden onafhankelijk van de behandeling.

Tabel 23. Veranderingen in de pH-KCl, het organische stofgehalte (%), het N-totaalgehalte (%) en het K-HCl gehalte in de bovengrond (0-20 cm) onder invloed van dierlijke mest en wintergewassen (1988-1991).

| groot-heid | dierlijke mest ($m_3$/ha) | jaar en behandeling | | |
|---|---|---|---|---|
| | | braak 1988 | braak 1991 | wintergewas 1991* |
| pH-KCl | 0 | 4,6 | 6,2 | 6,2 |
| | 35 | 4,6 | 6,1 | 5,9 |
| o.s.-% | 0 | 3,1 | 3,0 | 3,1 |
| | 35 | 3,1 | 3,3 | 3,3 |
| N-tot.-% | 0 | 0,11 | 0,10 | 0,09 |
| | 35 | 0,11 | 0,10 | 0,10 |
| K-HCl | 0 | 8 | 9 | 8 |
| | 35 | 8 | 8 | 8 |

* Gemiddeld over rogge en gras.

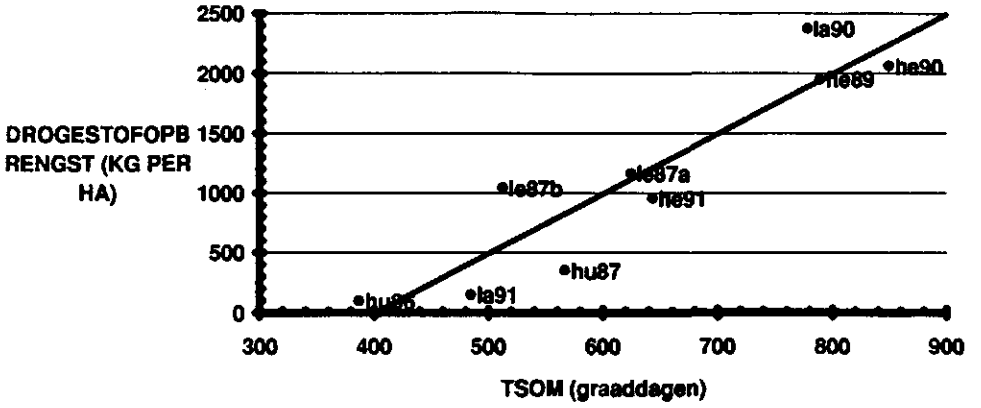
# 4. DISCUSSIE

## 4.1 Meetbaarheid van effecten

Om na te kunnen gaan of wintergewassen een bijdrage leveren aan het beperken van N-uitspoeling bij de teelt van maïs bestaat behoefte aan een nauwkeurig beeld van de effecten van wintergewassen op de N-huishouding. Resultaten van een veldproef in de periode tussen voorjaar 1988 en voorjaar 1991 geven een eerste indruk van deze effecten. De effecten bleken moeilijk kwantificeerbaar omdat de veldproef was aangelegd op een perceel dat 'van nature' veel N leverde. Dit hing vermoedelijk samen met de nawerking van mestgiften uit het verleden en N-depositie vanuit de omgeving. Bovendien heeft het droge en vaak warme weer in alle drie de proefjaren vermoedelijk geleid tot een goede benutbaarheid van aangeboden N waardoor optima al bij een beperkt aanbod bereikt werden (Schröder & Ten Holte, 1992).
De effecten van wintergewassen op de N-huishouding waren ook moeilijk meetbaar omdat de N-opname in de wintergewassen relatief beperkt is.

## 4.2 N-vastlegging door wintergewassen

De N-vastlegging in de bovengrondse delen (inclusief stoppels) van de wintergewassen in deze proef, bedroeg 30 tot 70 kg N per ha per jaar. Het vermogen om N vast te leggen hangt sterk van de weersomstandigheden af. Rassenkeuze, zaai- en oogsttijdstip van de maïs waren in deze proef daarom gericht op een tijdige vestiging van de wintergewassen. Bovendien was de temperatuur in vooral de eerste twee winters aanmerkelijk hoger dan normaal. De gerealiseerde vastlegging lijkt daarom niet maatgevend voor hetgeen mogelijk is onder gemiddelde omstandigheden. Omdat er een redelijk verband bestaat tussen de droge stofopbrengst van wintergewassen enerzijds en de temperatuursom van zaai tot oogst anderzijds (figuur 18), kan de N-vastlegging in een gemiddeld winter op 40 kg N per ha per




Figuur 18. Relatie tussen de temperatuursom (> 3°C) van zaai tot oogst en de droge stofopbrengst van rogge.

jaar geschat worden.

De N-vastlegging in wintergewassen bleek ook bepaald te worden door het N-aanbod in de bodem. Gewassen leken daarbij iets sterker te reageren op het aanbod in de laag 0-30 cm dan dat in de laag 0-60 cm (figuur 12). Wellicht hangt dit samen met een ondiepe beworteling van wintergewassen. De N-vastlegging steeg tot aan een N-aanbod (0-30 cm) van circa 75 kg N per ha. De recovery in bovengrondse delen (inclusief stoppels) bij een dergelijk aanbod, bedroeg circa 75% in de mildste twee winters en circa 50% in de minder milde winter.

Italiaans raaigras legde gemiddeld iets minder N vast in de bovengrondse delen dan rogge. Literatuurgegevens met betrekking tot de droge stofopbrengst van wortels van grassen en granen (Welbank et al., 1974; Renius & Lütke Entrup, 1985; Scott et al., 1987) en hun N-gehalte (Scott et al., 1987; Klimanek, 1990) geven

evenwel aan dat in de ondergrondse delen van grassen meer N wordt vastgelegd dan in die van granen.

### 4.3 Nitraatuitspoeling en -gehalte

De omvang van de nitraatuitspoeling wordt bepaald door de neerwaartse wateraf-voer en de nitraatconcentratie in het bodemvocht. Teeltmaatregelen en weer oefenen beide invloed uit op de nitraatuitspoeling. Zo is het weer mede bepalend voor de hoeveelheid onbenutte N na de oogst van het hoofdgewas, het neerslagoverschot en de droge stofproduktie en N-opname van wintergewassen. Tussen jaren traden daarom ook in deze proef grote verschillen in nitraatuitspoeling op.
Het is lastig vast te stellen wanneer het uitspoelingsseizoen precies begint. Als de nitraatgehaltes op 100 cm diepte onmiddellijk na de oogst van maïs laag zijn, heeft de exacte keuze van deze begindatum weinig invloed op de uiteindelijk berekende nitraatuitspoeling. Omdat bij het begin van de metingen in 1988 begin oktober grote hoeveelheden neerslag vielen en zich op dat moment reeds veel nitraat op 100 cm diepte bevond, staat niet vast of het uitspoelingsseizoen dat jaar al veel eerder was begonnen. De berekende uitspoeling over 1988-1989 is daarom vermoedelijk lager dan de werkelijke uitspoeling.
Wintergewassen beperkten de uitspoeling van nitraat met ruim 50%. Vanuit een milieukundig oogpunt is niet de uitspoeling als zodanig maar het uiteindelijke nitraatgehalte van belang. Ondanks het feit dat transpiratie door wintergewassen tot een zekere indikking van de bodemoplossing leidt, werd dit meer dan gecompenseerd door de opname van N door wintergewassen. Dit resulteerde in een reductie van het nitraatgehalte met circa 50% (figuur 15).
Nitraatuitspoeling en nitraatgehalte bleken voorts sterk af te hangen van de hoeveelheid onbenutte N na de maïsoogst. Deze hingen op hun beurt weer direkt samen met de omvang van de mestgift. Ook in aanwezigheid van een wintergewas was de invloed van de mestgift aantoonbaar. Daaruit blijkt dat de opnamecapaciteit van wintergewassen beperkt en onvolledig was met als gevolg dat nitraatgehaltes onder ruim bemeste (N5) veldjes met wintergewassen (met uitzondering van veld-

jes met rogge in 1989-1990), steeds hoger waren dan onder optimaal bemeste veldjes (N2) zonder wintergewas.
In 1988-1989 en 1990-1991 reduceerde Italiaans raaigras de nitraatgehaltes en -uitspoeling iets sterker dan rogge. In 1989-1990 was het omgekeerde het geval.
Zoals Oosterom & Steenvoorden (1984) eerder aangaven voor snijmaïspercelen op zandgrond, bestond er ook in deze proef een relatie tussen de hoeveelheid minerale bodem-N (0-100 cm) in de herfst en de nitraatuitspoeling bij braak op 100 cm diepte in het daaropvolgend winterhalfjaar. In aanwezigheid van wintergewassen werd een geringere uitspoeling berekend dan verwacht op basis van de hoeveelheid minerale bodem-N. Dit verschil kon in 1989-1990 en 1990-1991 niet volledig verklaard worden op basis van de N-vastlegging in de boven- en ondergrondse delen van wintergewassen.

### 4.4 EG-richtlijn voor drinkwaterkwaliteit

Ten aanzien van het nitraatgehalte spreekt het Nationaal Milieubeleidsplan van een doelstelling van 11,3 mg $NO_3$-N per liter voor het grondwater op 200 cm beneden het freatische niveau. Dit stemt overeen met de EG-richtlijn voor de kwaliteit van drinkwater. Vertaald naar het proefveld betekent dit dat op gemiddeld 300 cm beneden maaiveld niet meer dan 11,3 mg $NO_3$-N per liter mag worden aangetroffen. De bodemvochtbemonsteringen zijn bij dit onderzoek evenwel uitgevoerd op 100 cm beneden maaiveld zodat een toetsing aan de kwaliteitsdoelstelling strikt genomen niet goed mogelijk is. In de laag tussen 100 en 300 cm-mv kunnen bodemprocessen het nitraatgehalte namelijk nog verlagen. Als we toch een vergelijking maken tussen de kwaliteitsdoelstelling en de gemeten concentraties dan blijkt dat alleen bij een suboptimale bemesting (N1) in combinatie met een wintergewas, in alle drie de winters aan de doelstelling werd voldaan. In 1989-1990 gold dit ook onder optimaal bemeste veldjes (N2) in combinatie met rogge of gras, in 1990--1991 alleen in combinatie met gras (tabel 16). Hierbij moet worden opgemerkt dat nitraatgehaltes gemiddeld lager zouden zijn als de neerslag meer in overeenstemming zou zijn geweest met de normaalwaarde.

## 4.5 Winterbalans

De grote verschillen in hoeveelheid minerale bodem-N die in het najaar tussen objecten bestonden, convergeerden gedurende de winter. In aanwezigheid van een wintergewas werd in het voorjaar minder minerale bodem-N aangetroffen dan verwacht op basis van de opname in de bovengrondse delen en de geringere uitspoeling. Bij een beperkte bemesting (N1) kwam de grootteorde van dit tekort in de eerste twee winters goed overeen met een geschatte (zie voor referenties paragraaf 4.2) N-vastlegging in wortels van 3-13 kg per ha. In de laatste winter raakte echter veel meer N zoek dan verklaard kon worden door vastlegging in de wortels. Bij ruime bemesting (N5) was dit in alle drie de winters het geval zodat moet worden aangenomen dat andere factoren dan alleen vastlegging in wortels hierbij een rol speelden. Bij het opstellen van N-balansen werd misschien ten onrechte verondersteld dat de bruto-mineralisatie en denitrificatie voor braak en begroeide veldjes gelijk is. Zo is de mineralisatie op grasveldjes mogelijk geringer omdat deze na de oogst van maïs niet gecultivaterd werden. Voorts kunnen denitrificatieverliezen groter geweest zijn op begroeide veldjes (Trolldenier, 1989) temeer omdat het profiel van deze veldjes in de herfst vaak iets meer minerale N bevatte dan dat van vergelijkbare braakveldjes.

Het balanstekort vond zijn oorzaak mogelijk ook in het feit dat de post uitspoeling alleen in de eerste herhaling werd bepaald terwijl de overige posten gebaseerd werden op mengmonsters van alle vier herhalingen. Een vergelijking van nitraatgehaltes onder met gras begroeide N4-veldjes gaf aan dat de gehaltes in alle drie de winters van de eerste naar de derde herhaling toenamen (figuur 14). Dit stemde overeen met het feit dat de droge stofopbrengst van de wintergewassen in het algemeen van de eerste naar de vierde herhaling afnamen. Als het verloop van het nitraatgehalte sterker optrad op begroeide dan op onbegroeide veldjes, dan is de balansterm uitspoeling onderschat omdat deze alleen op de eerste herhaling betrokken is.

## 4.6 Benutting van N uit dierlijke mest en kunstmest

Als verondersteld wordt dat 1 kg drijfmest-N (N-totaal) 4 kg droge stof moet opbrengen om rendabel te zijn, dan was het toedienen van 35-45 $m^3$ economisch verantwoord, met uitzondering van het eerste jaar toen de 'natuurlijke' N-levering hoog was. De proefopzet laat niet toe na te gaan of een lagere gift hetzelfde effect gehad zou hebben. Het breedwerpig toedienen van kunstmest-N, in aanvulling op de drijfmest en de rijenbemesting, was gemiddeld niet rendabel.
Verschillen in de N-opbrengst van maïs van N1- en N2-objecten (zonder wintergewas) gaven aan, dat van de N in runderdrijfmest 13, 33 en 33% door het gewas werd opgenomen in respectievelijk 1988, 1989 en 1990. Als ook de verandering in de hoeveelheid minerale bodem-N in de balans betrokken werd, steeg de recovery tot 39, 60 en 63% in 1988, 1989 en 1990. Balansen binnen het groeiseizoen gaven aan dat de geringe recovery in 1988 veroorzaakt werd door verliezen in de tweede helft van het seizoen toen veel neerslag viel. Aannemende dat circa 25% van de N-totaal in dierlijke mest resistent is tegen afbraak (Schröder & Dilz, 1987) en circa 5% van de N-totaal vervluchtigt vanuit de injectiesleuven (Schröder & De la Lande, 1989), waren de verliezen van dierlijke mest-N binnen het groeiseizoen gering in 1989 en 1990.
Verschillen in de uitkomst van N-balansen van N2- en N5 objecten gaven aan dat aanvullende kunstmest-N nauwelijks door het gewas werd opgenomen. In 1988 en 1990 werd overigens slechts circa 50% van een gift van 120 kg N per ha teruggevonden in de vorm van ongebruikte bodem-N. Tussen voorjaar en herfst kon kennelijk veel minerale bodem-N, al dan niet definitief, zoekraken.

## 4.7 Benutting van N uit wintergewassen

De benutting van wintergewas-N door maïs kan worden afgemeten aan veranderingen van de droge stof- en N-opbrengst van maïs die suboptimaal met N bemest werd of aan het volgen van het N-saldo van bodem en gewas (tabel 24).

Tabel 24. Gemiddelde temperatuur (°C) tussen 20 april en 10 juni, N-opbrengst en C/N-quotiënt van wintergewassen (bovengrondse delen exclusief stoppel), datum van scheuren en hun effect op de N-opbrengst van snijmaïs en op het saldo van de minerale bodem-N tussen voorjaar en voorzomer en tussen voorjaar en herfst bij een beperkte N-gift (N1).

| | gewas | 1989 | 1990 | gemiddelde 1989-1990 |
|---|---|---|---|---|
| gemiddelde temperatuur (°C) | | 11,6 | 12,6 | |
| N-opbrengst van wintergewas (kg/ha) | rogge | 40 | 31 | 36 |
| | gras | 36 | 28 | 32 |
| C/N-quotiënt* | rogge | 24 | 24 | 24 |
| | gras | 26 | 28 | 27 |
| scheurdatum | rogge | 20 april | 6 april | |
| | gras | 6 april | 6 april | |
| effect op N-opbrengst | rogge | +14 | +31 | +23 |
| van snijmaïs (kg/ha) | gras | +23 | +5 | +14 |
| effect op N-saldo tussen voorjaar | | | | |
| | rogge | +23 | +27 | +25 |
| en voorzomer (kg/ha) | gras | +6 | +17 | +12 |
| effect op N-saldo tussen voorjaar | rogge | +20 | +36 | +28 |
| en herfst (kg/ha) | gras | +1 | +15 | +8 |

* C-gehalte geschat op 500 g per 1000 g.

Aangenomen dat er begin juni geen verschil bestond in de N-opname door maïs

die al dan niet door een wintergewas werd voorafgegaan, werd op basis van N-balansen vastgesteld dat de N uit rogge sneller en vollediger vrij kwam dan die uit gras. Dit kan een gevolg geweest zijn van het hogere C/N-quotiënt van gras. Voor de periode tussen voorzomer en herfst lag de oorzaak van het lagere saldo bij gras voor een klein deel ook bij de vastlegging van N in de nieuwe grasondervrucht. Toch was het effect van gras op de N-opname van maïs in 1989 iets groter dan dat van rogge. In 1990 echter verhoogde vooral rogge de N-opbrengst sterk. De resultaten van een incubatie-experiment met materiaal uit 1989, bevestigden dat N uit gras langzamer vrijkomt dan die uit rogge. Gemiddeld over beide jaren was de N-opbrengst van snijmaïs bij een beperkte bemesting (N1), 23 kg per ha hoger na rogge en 14 kg per ha na gras. Daarmee was de N-behoefte van de maïs overigens niet volledig gedekt, want ook na het onderploegen van een wintergewas was een aanvullende drijfmestgift nog steeds rendabel. Gezien de ruime P- en K-voorziening , moet dit een N-effect geweest zijn.

De recovery van rogge-N (inclusief die uit de stoppel) door maïs bedroeg 24 en 63% in respectievelijk 1989 en 1990. De late scheurdatum van rogge in 1989 speelde mogelijk een rol bij de geringe benutting in dat jaar. De recovery van gras-N (inclusief die uit de stoppel) bedroeg 43% in 1989 en slechts 11% in 1990, mogelijk als gevolg van het lagere N-gehalte in dat jaar. De gevonden recovery is hoger dan Ten Holte & Van Keulen (1988) vonden bij een onbemeste groenbemester maar lager dan bij bemeste groenbemesters die in het najaar werden ondergeploegd. Wagger (1989a) en Gutser & Vilsmeier (1989) schatten dat de N in grasachtige groenbemesters voor 30 tot 50% ter beschikking kan komen aan een volggewas.

Als aan de hand van N-balansen ook rekening gehouden wordt met de verandering in de hoeveelheid bodem-N, stijgt de recovery van rogge-N naar 34 en 73% in 1989 en 1990, respectievelijk. De recovery van gras-N daalt naar 2% in 1989 en stijgt naar 33% in 1990. De werkelijke recoveries zijn lager omdat ook wortels een bron van N zijn geweest.

De matige recovery kan het gevolg zijn van een lage bruto-mineralisatie of van verliezen van gemineraliseerde wintergewas-N gedurende het groeiseizoen. Scott et al. (1987) en Wagger (1989a, 1989b) vonden dat maïs negatief reageert op

grasachtige groenbemesters. Zij schreven dit toe aan N-immobilisatie. N-gehaltes in de wintergewassen van de hier beschreven proef waren evenwel hoger (20 g per kg) dan van rogge in Wagger's (1989a) proef (9-15 g per kg). Mogelijk zijn ook in onze proef de N-gehaltes te laag geweest voor een snelle vertering. Opmerkelijk is dat Schröder & De la Lande Cremer (1989) een vlotte vertering rapporteerden van rogge met een N-gehalte van 27 g per kg. Omdat de N-gehaltes van oudere wintergewassen vaak lager zijn dan die van jonge (Scott et al., 1987, Wagger, 1989a) zijn een hoge N-vastlegging respectievelijk reductie van uitspoeling enerzijds en een hoge verteerbaarheid van het wintergewas daarom conflicterende doelstellingen.

Berekeningen met betrekking tot de benutbaarheid van drijfmest-N wijzen niet op grote verliezen gedurende het groeiseizoen in 1989 en 1990. Berekeningen over kunstmest-N geven wel aan dat in 1990 grote verliezen tijdens de zomer zijn opgetreden. In 1990 kan de geringe recovery van wintergewas-N daarom zowel een gevolg geweest zijn van een lage bruto-mineralisatie als van verliezen.

Omdat de voorjaarstemperatuur zowel in 1989 als in 1990 hoger was dan normaal, zal de N-mineralisatie van het wintergewas in een gemiddeld jaar eerder trager dan vlotter verlopen.

### 4.8 Resteffecten van wintergewassen

Wintergewassen oefenen invloed uit op volggewassen via N-effecten en via andere effecten. Deze laatste worden wel rest- of specifieke effecten genoemd en kunnen positief of negatief zijn (De la Lande Cremer, 1986). Wintergewassen hadden na drie jaar geen meetbare invloed op de gehalten aan organische stof of N-totaal in de bodem. Wel was de structuur van het zaaibed grover nadat een wintergewas was ondergeploegd. Overigens had dit op de opkomst, respectievelijk het plantgetal geen invloed.

Bij een ruime N-bemesting (N2-N5) reageerde de snijmaïs positief ($P<0.05$) op rogge in 1990 en negatief ($P<0.05$) op de grasondervrucht in 1988. Wellicht liet de lagere plantdichtheid van de maïs in dat jaar, een agressievere groei van het gras

toe. Concurrentie om vocht en N kan bij een ondervrucht niet volledig worden uitgesloten (Wander, 1988; 1989; Buchner, 1987; 1989; Berendonck, 1986; Steman & Lütke Entrup, 1991). Voorvruchteffecten kunnen de wintergewassen in 1988 nog niet hebben uitgeoefend. Vermindering van de vochtvoorraad kan daarom geen rol gespeeld hebben bij de in 1988 gevonden opbrengstderving. Op basis van drukhoogtemetingen gedurende een droge periode van 18 dagen in het voorjaar van 1990 (paragraaf 3.1.3), werd berekend dat de bodem in aanwezigheid van wintergewassen 14 mm meer vocht verloren had dan op braak land. Gegeven het feit dat de groei van wintergewassen tijdig gestopt werd door scheuren, cq. ploegen, zal een dergelijk verschil in vochtgehalte genivelleerd zijn op het moment dat de maïs als kiemend zaad of verdampend gewas aanspraak maakte op de vochtvoorraad. Dit werd bevestigd door het uitblijven van opkomstverschillen in alle jaren. De proefuitvoering en waarnemingen laten geen conclusies toe aangaande situaties waarin het scheuren van het wintergewas zou zijn uitgesteld tot vlak voor de zaai van de maïs. In dat geval zou de maïs mogelijk wel last gehad hebben van de verminderde vochtvoorraad.

## 4.9 Strategie

Doelstellingen met betrekking tot het nitraatgehalte van ondiep grondwater onder maïsland, lijken langs twee wegen gerealiseerd te kunnen worden: teelt van maïs zonder wintergewas bij een sterk gereduceerde N-bemesting, dan wel teelt van maïs met een wintergewas bij een matig gereduceerde N-bemesting. Kosten van laatstgenoemde strategie bestaan uit concessies aan de lengte van het groeiseizoen en dus aan de droge stofproduktie en uit uitgaven voor extra N-meststof en het wintergewas. Deze kosten worden gecompenseerd doordat wintergewassen een zekere verhoging van de N-bemesting toelaten en op die wijze opbrengstdervingen kunnen beperken. Bovendien voorzien de wintergewassen zelf al in een deel van de extra N-meststof. In bijlage 13 is berekend dat de droge stofopbrengst van maïs met een wintergewas, 13 tot 18% meer moet bedragen om financieel en milieukundig concurrerend te zijn met een teeltsysteem zonder wintergewas. In de

hier beschreven proef bedroeg het opbrengstverschil tussen optimaal bemeste maïs met wintergewas en suboptimaal bemeste maïs zonder wintergewas circa 20% waarbij echter in beide gevallen vergelijkbare (zij het hoge) nitraatgehalten op 100 cm diepte gevonden werden. De grote onzekerheden rond de langetermijneffecten van een gereduceerde bemesting, de benutbaarheid van bodem-N door wintergewassen, het langetermijnlot van wintergewas-N en alternatieve mogelijkheden om na de teelt van maïs weinig bodem-N achter te laten (bijvoorbeeld door een betere meststof-plaatsing (Schröder & Ten Holte, 1992)), maken het echter niet mogelijk om nu al aan te geven wat de beste van de twee strategieën op langere termijn is. Omdat de N-opname door wintergewassen sterk weersafhankelijk en daardoor beperkt en onvolledig is, dienen de inspanningen bij elk van beide strategieën hoe dan ook gericht te zijn op het voorkómen van onbenutte minerale bodem-N (Schröder & Ten Holte, 1992).

### 4.10 Rogge of gras

Blijkens de resultaten van dit onderzoek was de bovengrondse N-opname in ondergezaaid gras iets lager dan die in rogge. Balansberekeningen suggereerden echter dat dit gecompenseerd werd doordat in de stoppels en wortels van gras meer N werd opgeslagen dan in die van rogge. Literatuurgegevens bevestigen dit vermoeden (zie paragraaf 4.2).
Omdat de maïs in alle drie de jaren rond 21 september geoogst werd en de rogge daarom vroeg gezaaid kon worden, geven de proefresultaten wellicht een te optimistisch beeld van de mogelijkheden om in normale jaren met rogge een zekere hoeveelheid N vast te leggen. Evenzeer geldt dat de N-opname door gras begunstigd werd doordat de ondervrucht toevalligerwijs in geen van de jaren te lijden had van berijding onder natte omstandigheden tijdens de oogst. Ook de milde winters hebben de opbrengsten van gras vergeleken met die van rogge gunstig beïnvloed. Wellicht in verband hiermee reduceerde gras de nitraatuitspoeling en het nitraatgehalte in twee van de drie winters sterker dan rogge. Om concurrentie met de maïs evenwel te voorkomen stelt een ondervrucht hogere eisen aan het management

dan rogge. Dergelijke concurrentie is in 1988 en in geringe mate ook in 1990 opgetreden. De resultaten suggereerden voorts dat ondergewerkte gras-N als gevolg van het hogere C/N-quotiënt minder gemakkelijk mineraliseerde en daarom niet ten goede kon komen aan het volggewas. Om de voor- en nadelen van stoppelvrucht en ondervrucht met meer zekerheid vast te stellen, wordt het onderzoek voortgezet.

### 4.11 Ten behoeve van de praktijk

De opbrengst van een wintergewas na maïs blijkt sterker door de temperatuur tussen zaai (of hergroei) en oogst dan door de N-voorziening te worden bepaald. Van het N-aanbod in de bodem wordt slechts ongeveer de helft opgenomen. Bemesting van wintergewassen is dan ook een ineffectieve en in elk geval inefficiente methode om de N-opname van wintergewassen na maïs te vergroten. Doorgaans bevat de bodem na de teelt van maïs bovendien voldoende N voor een wintergewas.
Vooral het beschikbare aantal groeidagen bepaalt de N-opname door een wintergewas. De teelt van maïs dient daarom gericht te zijn op een vroege oogst door alleen zeer vroege rassen te kiezen, deze tijdig te zaaien en tijdig te oogsten. Zelfs dan blijft het vermogen om N vast te leggen beperkt in vergelijking met wintergewassen na bijvoorbeeld granen.
Het onderwerken van het wintergewas moet niet te laat in het voorjaar plaatsvinden. Hierdoor wordt vermeden dat teveel vocht verbruikt wordt, de vertering van het wintergewas traag verloopt en het zaaien van de maïs verlaat wordt. Dat laatste is belangrijk om geen wissel te trekken op de mogelijkheid om een volgend wintergewas tijdig te kunnen zaaien. De N die in de vorm van bovengrondse delen wordt ondergewerkt kan redelijk geschat worden met een tempex-schijf zoals die bij grasland gebruikt wordt om de opbrengsten te schatten. Van de gemeten of geschatte N-opname komt een deel ter beschikking van het volgende maïsgewas. Als bij het berekenen van de hoeveelheid N die nog in de vorm van (dierlijke) mest gegeven moet worden geen rekening gehouden wordt met de N uit het winterge-

was en er reeds sprake is van een optimale N-voorziening, overstijgt het N-aanbod de behoefte. De N-verliezen zullen dan in de volgende winters, ook bij het opnieuw verbouwen van een wintergewas, even groot zijn als zonder wintergewas.
Zolang het onderzoek nog niet is afgerond wordt geadviseerd de helft van de N-opname in de bovengrondse delen van het wintergewas, in mindering te brengen op de hoeveelheid werkzame N die aan het volggewas wordt gegeven. In dit stadium kan niet duidelijk worden aangegeven of een ondervrucht van gras de voorkeur verdient boven het zaaien van rogge in de stoppel. Ten Holte (1991) beschrijft hoe de kans op concurrentie bij een ondervrucht tot een minimum beperkt kan blijven.

PAGV, CABO-DLO en SC-DLO zetten het onderzoek naar de effecten van wintergewassen op ROC Aver Heino, nog enkele jaren voort.

# 5. LITERATUUR


Aarts, H.F.M & N. Middelkoop (1990) De invloed van bodemeigenschappen en bemesting op de opbrengst van maïs en de emissies van ammoniak en nitraat. CABO-verslag nr. 131, CABO, Wageningen, 55 p.

Aufhammer, W., E. Kuebler & H.W. Becker (1991) Stickstoffaufnahme von und Stickstoffverlagerungspotential unter Maisbeständen. Mais-DMK 4/91, p. 30-32.

Berendonck, C. (1986) Zwischenfrüchtanbau und Untersaaten zu Mais, Mais-DMK 2/86, p. 24-26.

Boer, J. (1984) Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. PAGV-verslag nr. 16, PAGV, Lelystad, 117 p.

Buchner, W. (1987) Silomais mit grünem Fuss, Mais-DMK 2/87, p. 42-43.

Buchner, W. (1989) Maisanbau und Bodenschutz - ein Wiederspruch? Mais-DMK 1/89, p. 22-24.

Catalan, R.L. & B.H. Janssen (1990) Korte- en lange-termijneffecten van bemestingsmaatregelen op de stikstofmineralisatie uit organisch materiaal. Notitie t.b.v. Commissie Stikstof, 15 p.

Elers, B. & H.D. Hartmann (1988) Modellversuche zur Mineralisation von Gründüngungspflanzen. Landw. Forschung 41, p. 3-4.

Goossensen F.R. & P.C. Meeuwissen (eds.) (1990) Advies van de Commissie Stikstof, DLO, Wageningen, 93 p.

Gutser, R. & K. Vilsmeier (1989) Wieviel Stickstoff hinterlassen Zwischenfrüchte? DLG-Mitteilungen 2/1989, p. 66-68.

Hag, B.A. ten, M. van Leussen & H.A. te Velde (1977) Praktijkwaarnemingen omtrent dubbelteelt van voedergewas gevolgd door snijmaïs in Twente in 1976. PAGV--rapport 3, Lelystad, 35 p.

Holte, L. ten (1991) Gras onder maïs. Dossier Gewasbescherming 12, p. 42-43.

Holte, L. ten & H. van Keulen (1988) Effects of grass and legumes as a green manure crop on growth, yield and nitrogen response of sugar beet. In: Proceedings International Soil Tillage Research Organisation, 11th-15th July 1988, Edingburgh, Scotland, p. 897-902.

Janssen, B.H. (1984) A simple method for calculating decomposition and accumulation of young soil organic matter. Plant & Soil 76, p. 297-304.

Janssen, B.H. & H. van Reuler (1986) Het effect van de toediening van organisch materiaal aan de grond. In: Themadag 'Organische Stof in de Akkerbouw'. PAGV-themaboekje nr. 7, PAGV, Lelystad, p. 7-19.

Klimanek, E.M. (1990) Umsetzungverhalten der Wurzeln landwirtschaftlich genützter Pflanzenarten. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkunde, Berlin 34, p. 569-577.

Krabbenborg, A.J, J.B.N. Poelman & E.J. van Zuilen (1983) Standaardvochtkarakteristieken van zand- en veenkoloniale gronden. Rapport 1680, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 127 p.

Lande Cremer, L.C.N. De la (1986) Resteffecten, specifieke effecten, structuureffecten, nevenwerkingen, humus- en organische stofwerkingen van organische bemestingen. In: Themadag 'Organische Stof in de Akkerbouw'. PAGV-themaboekje nr. 7, PAGV, Lelystad, p. 32-43.

Landman, A. (1988) Geschiktheid van groenbemesters voor N-conservering na drijfmestaanwending. Ad Fundum 6, p. 16-23.

Munawar, A., R.L. Blevins, W.W. Frye & M.R. Saul (1990) Tillage and cover crop management for soil water conservation. Agron. J. 82, p. 773-777.

Nielsen, N.E. & H.E. Jensen (1985) Soil mineral nitrogen as affected by undersown catch crops. Proceedings of Symposium on Assessment of Nitrogen Fertilizer Requirements, IB, Haren, p. 101-110.

Oosterom, H.P. & J.H.A.M. Steenvoorden (1984) Drijfmestgiften op snijmaïspercelen (zandgrond) en de uitspoelingsverliezen naar het grondwater. ICW-nota 1499, ICW, Wageningen, 26 p. (met bijlagen).

Pehl, P. & O.A. Burckhardt (1957) Fünfjährige Erfahrungen mit früh schnittreifem Grünroggen. Z. für Acker- und Pfl.bau 103, p. 83-89.

Raimbault, B.A., T.J. Vynn & M. Tollenaar (1990) Corn response to rye cover crop management and spring tillage systems. Agron. J. 82, p. 1088-1093.

Renius, W. & Lütke Entrup, E. (1985) Zwischenfrüchtbau; zur Futtergewinnung und Gründüngung. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 196 p.

Schröder, J. (1987) Continuteelt van snijmaïs in combinatie met wintergewassen. De Buffer 33, p. 31-42.

Schröder, J. & Dilz, K. (1987) Cattle slurry and farmyard manure as fertilizers for forage maize. In: Animal manure on Grassland and Fodder Crops, p. 137-156. Eds.H.G. van der Meer et al. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, p. 137-156.

Schröder, J. & L.C.N. De la Lande Cremer (1989) Toedienen van drijfmest in maïs (vervolgonderzoek 1985-1987). PAGV-verslag nr. 85, PAGV, Lelystad, 52 p.

Schröder, J. & L. ten Holte (1992) Stikstofbenutting en -verliezen in maïsteeltsystemen. In: Van der Meer, H.G. & J.H.J Spiertz (eds.) Stikstofstromen in agro-ecosystemen, Agrobiologische Thema's 6, CABO-DLO, Wageningen, p. 71-85.

Schweiger, W. (1967) Ertrag und Entwicklungsverschiebung bei Futterroggen in Abhängigkeit von Saatzeit und Höhe der Stickstoffdüngung. Albrecht Thaer Archiv 11, p. 775-784.

Scott, T.W., J. Mt. Pleasant, R.F. Burt & D.J. Otis (1987) Contributions of ground cover, dry matter and nitrogen from intercrops and cover crops in a corn polyculture system. Agron. J. 79, p. 792-798.

Sluijs, P. van der (1985) Vochtlevering door de grond. In: Locher, W.P. & H. de Bakker (eds.): Bodemkunde van Nederland, deel 1, Algemene Bodemkunde, Malmberg, Den Bosch, p. 121-136

Steffens, G. & Vetter, H. (1984) Stickstoffverlagerung nach Gülledüngung mit und ohne Zwischenfrüchtanbau, Landw. Forschung Sonderheft 40, p. 355-362.

Stemann, G. & Lütke Entrup, N. (1991) Umweltgerechter Anbau von Mais ist kein Problem. Mais-DMK 2/91, p. 25-29.

Stokkermans, J.S.C. & E.C. Vos (1987) Handleiding voor bemonstering in het veld en uitvoering van laboratoriumwerkzaamheden voor de bepaling van bodemfysische karakteristieken. Interne Mededeling 78, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 31 p.

Trolldenier, G. (1989) Plant nutritional and soil factors in relation to microbial activity in the rhizosphere with particular emphasis on denitrification. Zeitschr. Pflanzenernähr. Bodenk. 152, p. 223-230.

Veerman, G.J. & J. Stolte (1991) Voorschriften bodemfysische bepalingsmethoden, versie 1.0. Interne Mededeling 120, Staring Centrum, Wageningen, p. 51-56.

Voermans, J.A.M. & H.J. Harkink (1975) Organisatorische aspecten van de teelt van maïs na een voorgewas. IMAG-publicatie 36, 51 p.

Wagger, M.G. (1989a) Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. Agron. J. 81, p. 236-241.

Wagger, M.G. (1989b) Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. Agron. J. 81, p. 533-538.

Wander, J. (1988) Zaaitijdstippen gras onder snijmaïs. Resultaten van het Landbouwkundig Onderzoek in Zuidwest-Nederland in 1987, p. 51-52.

Wander, J. (1989) Zaaitijdstippen gras onder snijmaïs. Resultaten van het Landbouwkundig Onderzoek in Zuidwest-Nederland in 1988, p. 61-63.

Wantulla, A. (1987) Möglichkeiten zur Verringerung des Nitrataustrags bei Gülleanwendung in einer Silomais-Monokultur durch Anbau von Zwischenfrüchten und den Einsatz von dicyandiamid. Dissertatie Rheinische Friedrich Wilhelms Universität, Bonn, 177 p.

Welbank, P.J.; Gibb, M.J.; Taylor, P.J. & Williams, E.D.(1974) Root growth of cereal crops. Rothamsted Report for 1973, part 2, p. 26-65.

Bijlage 1a. Toedieningstijdstip, hoeveelheid en samenstelling van de gebruikte runderdrijfmest.

| jaar | toedie-nings-tijdstip | mestgift ($m^3$ /ha) | gehalte in verse materiaal: in % | | | | | | in ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | o.s. | N-tot. | NH4-N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | MgO | B |
| 1988 | 18 april | 45,3 | 6,9 | 0,49 | 0,24 | 0,20 | 0,66 | 0,13 | 3,3 |
| 1989 | 21 april | 45,1 | 6,9 | 0,51 | 0,27 | 0,18 | 0,69 | - | - |
| 1990 | 19 april | 35,9 | 8,2 | 0,50 | 0,24 | 0,20 | 0,69 | - | - |

Bijlage 1b.Bemestingswaarde van de toegediende runderdrijfmest.

| jaar | kg per ha: | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | org. stof | N-totaal | NH4-N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | MgO | B |
| 1988 | 3130 | 220 | 109 | 91 | 299 | 59 | 0.15 |
| 1989 | 3110 | 230 | 122 | 81 | 311 | - | - |
| 1990 | 2950 | 180 | 86 | 72 | 248 | - | - |

Bijlage 2a. Teeltuitvoering snijmaïs: 1988-1990.

| jaar | 1988 | 1989 | 1990 |
|---|---|---|---|
| ras | LG2080 | LG2080 | LG2080 |
| zaaidatum | 25 april | 2 mei | 26 april |
| planten per ha | 99.000 | 119.000 | 120.000 |
| datum kunstmest | 20 mei | 5 mei | 2 mei |
| methode en datum van onkruidbestrijding | 3 l Bandur per ha op 2 mei; 2 kg Lentagran per ha op 9 juni; schoffelen op 29 juni en handwerk op 8 juli | 4 l Bandur per ha op 9 mei; 2 kg Lentagran per ha op 22 mei; schoffelen op 12 juni (gras) en op 19 juni (overig) | 4 l Bandur per ha op 3 mei; 2,5 l Basagran per ha op 28 juni; schoffelen op 12 juni |
| oogstdatum | 22 september | 14 september | 25 september |

Bijlage 2b. Teeltuitvoering gras (ondervrucht): 1988-1990

| jaar | 1988 | 1989 | 1990 |
|---|---|---|---|
| ras | 30% Agresso/ 70% Combita | 30% Agresso/ 70% Combita | 0% Agresso/ 100% Combita |
| datum zaaien | 15 juni | 12 juni | 13 juni |
| zaaidichtheid (kg/ha) | 30 | 30 | 60 |
| datum eindoogst | 4 april | 5 april | 3 april |
| datum scheuren | 6 april | 6 april | 4 april |

Bijlage 2c. Teeltuitvoering winterrogge (stoppelvrucht): 1988-1990

| jaar | 1988 | 1989 | 1990 |
|---|---|---|---|
| ras | Admiraal | Admiraal | Admiraal |
| datum zaaien | 27 september | 22 september | 28 september |
| zaaidichtheid (kg/ha) | 200 | 200 | 200 |
| datum eindoogst | 20 april 1989 | 5 april 1990 | 3 april 1991 |
| datum scheuren | n.v.t. | 6 april 1990 | 4 april 1991 |

Bijlage 3a. Weersgegevens Heino 1988-1991: Gemiddelde temperatuur (°C)

| maand | decade | 1988-1989 | 1989-1990 | 1990-1991 | normaal* |
|---|---|---|---|---|---|
| april | I | 6,7 | 6,2 | 6,5 | 6,8 |
| | II | 10,3 | 8,4 | 8,0 | 8,2 |
| | III | 6,8 | 5,8 | 10,6 | 8,9 |
| mei | I | 13,6 | 12,4 | '16,0 | 11,3 |
| | II | 15,6 | 13,6 | 11,1 | 12,3 |
| | III | 14,0 | 15,7 | 11,2 | 12,8 |
| juni | I | 13,1 | 10,7 | 14,2 | 14,7 |
| | II | 15,4 | 17,7 | 13,7 | 15,2 |
| | III | 15,5 | 17,0 | 16,5 | 15,8 |
| juli | I | 16,0 | 19,0 | 14,2 | 16,6 |
| | II | 15,5 | 15,2 | 15,4 | 16,5 |
| | III | 16,8 | 18,7 | 18,0 | 16,6 |
| augustus | I | 16,9 | 15,9 | 18,7 | 17,0 |
| | II | 16,9 | 18,4 | 17,9 | 16,6 |
| | III | 15,1 | 15,6 | 17,4 | 15,8 |
| september | I | 15,1 | 13,8 | 14,0 | 15,1 |
| | II | 14,1 | 17,2 | 12,6 | 13,9 |
| | III | 13,5 | 15,1 | 11,0 | 13,0 |
| oktober | I | 10,5 | 10,9 | 12,6 | 12,0 |
| | II | 11,2 | 11,7 | 15,2 | 9,9 |
| | III | 10,0 | 13,4 | 8,5 | 9,1 |
| november | I | 4,5 | 8,0 | 5,9 | 7,1 |
| | II | 8,3 | 4,2 | 9,1 | 5,6 |
| | III | 5,2 | 2,3 | 2,1 | 4,8 |
| december | I | 3,9 | 1,2 | 2,7 | 4,0 |
| | II | 6,2 | 6,1 | 1,8 | 3,1 |
| | III | 7,8 | 4,9 | 5,5 | 2,6 |
| januari | I | 5,4 | 2,4 | 6,6 | 1,5 |
| | II | 5,0 | 5,2 | 1,6 | 1,9 |
| | III | 2,8 | 7,5 | 1,0 | 2,5 |
| februari | I | 4,2 | 7,5 | -6,3 | 2,4 |
| | II | 6,3 | 5,5 | -2,6 | 1,5 |
| | III | 5,2 | 9,5 | 5,2 | 3,1 |
| maart | I | 7,6 | 6,4 | 7,3 | 3,7 |
| | II | 6,4 | 9,3 | 10,3 | 4,8 |
| | III | 9,2 | 7,6 | 6,4 | 5,9 |

* Langjarig gemiddelde (1951-1980).

Bijlage 3b. Weersgegevens Heino 1988-1991: Neerslag (mm).

| maand | decade | 1988-1989 | 1989-1990 | 1990-1991 | normaal* |
|---|---|---|---|---|---|
| april | I | 2,3 | 15,3 | 5,1 | 20,6 |
| | II | 2,1 | 22,4 | 29,2 | 15,8 |
| | III | 0,3 | 13,1 | 12,8 | 15,8 |
| mei | I | 14,6 | 0,0 | 6,2 | 16,8 |
| | II | 1,1 | 5,1 | 20,1 | 18,8 |
| | III | 33,8 | 1,5 | 0,0 | 18,6 |
| juni | I | 26,0 | 34,9 | 35,3 | 18,3 |
| | II | 0,8 | 0,0 | 6,4 | 24,9 |
| | III | 1,8 | 26,9 | 36,7 | 26,3 |
| juli | I | 64,9 | 23,8 | 35,4 | 24,1 |
| | II | 50,6 | 0,5 | 5,4 | 26,6 |
| | III | 61,1 | 34,1 | 12,6 | 26,1 |
| augustus | I | 5,6 | 30,0 | 5,5 | 26,2 |
| | II | 13,6 | 4,0 | 34,5 | 30,5 |
| | III | 67,4 | 31,2 | 2,9 | 31,5 |
| september | I | 9,8 | 7,7 | 55,3 | 21,1 |
| | II | 24,4 | 23,9 | 23,0 | 23,3 |
| | III | 22,5 | 14,8 | 34,5 | 21,4 |
| oktober | I | 50,1 | 24,0 | 17,5 | 22,0 |
| | II | 1,4 | 9,3 | 1,5 | 23,0 |
| | III | 13,2 | 29,3 | 24,1 | 23,9 |
| november | I | 5,4 | 8,4 | 14,1 | 25,6 |
| | II | 21,4 | 1,5 | 79,1 | 22,8 |
| | III | 4,2 | 6,2 | 22,9 | 26,2 |
| december | I | 51,7 | 1,5 | 4,2 | 27,2 |
| | II | 46,1 | 47,3 | 20,1 | 26,6 |
| | III | 4,8 | 16,6 | 40,9 | 24,2 |
| januari | I | 15,0 | 1,9 | 31,8 | 23,4 |
| | II | 5,8 | 11,7 | 5,2 | 19,4 |
| | III | 2,0 | 29,6 | 2,8 | 23,8 |
| februari | I | 3,6 | 22,1 | 0,9 | 21,1 |
| | II | 26,5 | 43,1 | 12,4 | 18,3 |
| | III | 16,5 | 8,7 | 3,6 | 10,9 |
| maart | I | 33,3 | 42,4 | 8,0 | 11,3 |
| | II | 28,1 | 2,7 | 6,0 | 18,4 |
| | III | 23,1 | 14,0 | 3,1 | 21,6 |

* Langjarig gemiddelde (1951-1980).

Bijlage 4. Drogestofgehalte (%) en drogestofopbrengst (t/ha) van snijmaïs.

| object | 1988 | | 1989 | | 1990 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ds-% | ds-opbr. | ds-% | ds-opbr. | ds-% | ds-opbr. |
| braak N1 | 30,7 | 14,94 | 30,5 | 13,61 | 31,7 | 11,87 |
| braak N2 | 30,5 | 15,24 | 29,1 | 16,96 | 32,4 | 14,13 |
| braak N3 | 30,8 | 15,39 | 29,5 | 17,28 | 32,8 | 14,20 |
| braak N4 | 31,2 | 15,49 | 29,5 | 17,50 | 31,5 | 13,52 |
| braak N5 | 31,8 | 14,99 | 28,9 | 16,50 | 33,2 | 14,01 |
| rogge N1 | | | 30,3 | 14,55 | 33,6 | 14,05 |
| rogge N2 | | | 28,8 | 17,23 | 32,6 | 14,82 |
| rogge N3 | | | 28,6 | 16,92 | 33,5 | 14,81 |
| rogge N4 | | | 28,5 | 17,47 | 32,5 | 14,39 |
| rogge N5 | | | 29,1 | 16,88 | 31,9 | 13,91 |
| gras N1 | 31,1 | 14,18 | 29,8 | 14,75 | 31,9 | 12,00 |
| gras N2 | 30,4 | 14,18 | 28,6 | 17,76 | 31,9 | 14,35 |
| gras N3 | 30,9 | 14,85 | 28,9 | 17,14 | 30,8 | 13,11 |
| gras N4 | 31,2 | 14,43 | 28,5 | 17,33 | 32,1 | 13,98 |
| gras N5 | 31,2 | 14,80 | 28,8 | 17,53 | 32,7 | 14,05 |
| LSD (P<0,05) | | 1,30 | | 1,21 | | 1,37 |
| LSD (P<0,10) | | 1,01 | | 0,98 | | 1,12 |

Bijlage 5. N-gehalte (%) en N-opbrengst (kg N/ha) van snijmaïs.

| object | 1988 | | 1989 | | 1990 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N-% | N-opbr. | N-% | N-opbr. | N-% | N-opbr. |
| braak N1 | 1,08 | 161 | 0,88 | 120 | 1,05 | 125 |
| braak N2 | 1,24 | 189 | 1,16 | 197 | 1,30 | 184 |
| braak N3 | 1,26 | 194 | 1,11 | 192 | 1,30 | 185 |
| braak N4 | 1,25 | 194 | 1,18 | 207 | 1,36 | 184 |
| braak N5 | 1,20 | 180 | 1,25 | 206 | 1,24 | 174 |
| rogge N1 | | | 0,92 | 134 | 1,11 | 156 |
| rogge N2 | | | 1,21 | 208 | 1,31 | 194 |
| rogge N3 | | | 1,15 | 195 | 1,28 | 190 |
| rogge N4 | | | 1,20 | 210 | 1,32 | 190 |
| rogge N5 | | | 1,13 | 191 | 1,35 | 188 |
| gras N1 | 1,04 | 147 | 0,97 | 143 | 1,08 | 130 |
| gras N2 | 1,18 | 167 | 1,16 | 206 | 1,27 | 182 |
| gras N3 | 1,27 | 189 | 1,27 | 218 | 1,35 | 177 |
| gras N4 | 1,21 | 175 | 1,23 | 213 | 1,34 | 187 |
| gras N5 | 1,26 | 186 | 1,23 | 216 | 1,28 | 180 |

Bijlage 6. *Fosfor- en kaliumgehalte (% van drogestof) en de voederwaarde (VEM per kg drogestof) van snijmais.*

| grootheid: | P | | | K | | | voederwaarde | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| jaar: | 1988 | 1989 | 1990 | 1988 | 1989 | 1990 | 1988 | 1989 | 1990 |
| object | | | | | | | | | |
| BN1 | 0,21 | 0,14 | 0,11 | 1,30 | 1,25 | 1,21 | 908 | 913 | 924 |
| BN2 | 0,21 | 0,16 | 0,13 | 1,24 | 1,30 | 1,21 | 912 | 911 | 941 |
| BN3 | 0,21 | 0,13 | 0,13 | 1,23 | 1,30 | 1,17 | 936 | 915 | 955 |
| BN4 | 0,21 | 0,15 | 0,12 | 1,29 | 1,12 | 1,24 | 930 | 947 | 947 |
| BN5 | 0,20 | 0,14 | 0,15 | 1,45 | 1,20 | 1,14 | 877 | 923 | 926 |
| RN1 | - | 0,16 | 0,14 | - | 1,12 | 1,22 | - | 932 | 933 |
| RN2 | - | 0,15 | 0,14 | - | 1,25 | 1,25 | - | 925 | 952 |
| RN3 | - | 0,14 | 0,12 | - | 1,25 | 1,19 | - | 918 | 968 |
| RN4 | - | 0,16 | 0,13 | - | 1,20 | 1,23 | - | 929 | 953 |
| RN5 | - | 0,15 | 0,13 | - | 1,22 | 1,23 | - | 919 | 957 |
| GN1 | 0,20 | 0,14 | 0,14 | 1,29 | 1,20 | 1,21 | 902 | 921 | 944 |
| GN2 | 0,22 | 0,13 | 0,13 | 1,30 | 1,27 | 1,22 | 912 | 916 | 962 |
| GN3 | 0,24 | 0,15 | 0,14 | 1,11 | 1,19 | 1,23 | 924 | 940 | 952 |
| GN4 | 0,22 | 0,15 | 0,14 | 1,15 | 1,36 | 1,27 | 919 | 913 | 954 |
| GN5 | 0,23 | 0,15 | 0,13 | 1,26 | 1,27 | 1,22 | 933 | 935 | 927 |

Bijlage 7. Drogestofopbrengst (t/ha), N-gehalte (%), N-opbrengst (kg N/ha) en C/N-quotient van rogge en gras.

| jaar | oogst-datum | ob-jekt | oogst-wijze** | rogge: ds-opbr. | rogge: N-% | rogge: N-opbr. | rogge: C/N* | gras: ds. opbr. | gras: N% | gras: N-opbr. | gras: C/N* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1988 | 8 -12 | N1 | R | | | | | 1,82 | 2,58 | 47 | 19 |
| | | N2 | R | | | | | 1,91 | 2,72 | 52 | 18 |
| | | N5 | R | | | | | 2,49 | 2,69 | 67 | 19 |
| 1989 | 10 - 3 | N1 | R | 1,04 | 3,17 | 33 | 16 | 2,24 | 2,99 | 67 | 17 |
| | | N2 | R | 1,20 | 3,50 | 42 | 14 | 2,69 | 2,97 | 80 | 17 |
| | | N5 | R | 1,16 | 3,53 | 41 | 14 | 2,51 | 2,91 | 73 | 17 |
| | 4 - 4 | N1 | R en M | 1,38 | 2,54 | 35 | 20 | 1,85 | 1,95 | 36 | 26 |
| | | N2 | R en M | 1,64 | 2,74 | 45 | 18 | 2,02 | 2,08 | 42 | 24 |
| | | N5 | R en M | 1,63 | 2,58 | 42 | 19 | 2,24 | 2,10 | 47 | 24 |
| | 20 - 4 | N1 | M | 1,89 | 2,12 | 40 | 24 | | | | |
| | | N2 | M | 2,06 | 2,18 | 45 | 23 | | | | |
| | | N5 | M | 1,84 | 2,23 | 41 | 22 | | | | |
| | 20 -12 | N1 | R | 1,54 | 3,57 | 55 | 14 | 1,76 | 2,44 | 43 | 20 |
| | | N2 | R | 1,88 | 3,24 | 61 | 15 | 2,28 | 2,54 | 58 | 20 |
| | | N5 | R | 1,68 | 3,45 | 58 | 14 | 2,82 | 3,48 | 98 | 14 |
| 1990 | 5 - 4 | N1 | M | 1,48 | 2,09 | 31 | 24 | 1,54 | 1,92 | 28 | 28 |
| | | N2 | M | 2,00 | 2,50 | 50 | 20 | 2,00 | 2,00 | 40 | 25 |
| | | N3 | M | 1,90 | 2,53 | 48 | 20 | 1,68 | 2,02 | 34 | 25 |
| | | N4 | M | 2,20 | 2,59 | 57 | 19 | 1,74 | 1,90 | 33 | 26 |
| | | N5 | M | 2,15 | 2,56 | 55 | 20 | 2,02 | 2,08 | 42 | 24 |
| | 13 -12 | N1 | R | 1,11 | 3,29 | 37 | 15 | 1,54 | 2,43 | 37 | 21 |
| | | N2 | R | 1,20 | 3,89 | 47 | 13 | 2,35 | 3,38 | 79 | 15 |
| | | N5 | R | 1,09 | 4,13 | 45 | 12 | 2,61 | 3,51 | 92 | 14 |
| 1991 | 3 - 4 | N1 | M | 0,56 | 1,79 | 10 | 28 | 0,74 | 1,83 | 14 | 26 |
| | | N2 | M | 1,00 | 1,87 | 19 | 26 | 0,98 | 1,79 | 18 | 27 |
| | | N3 | M | 0,97 | 1,91 | 19 | 26 | 1,15 | 1,75 | 20 | 29 |
| | | N4 | M | 0,90 | 2,17 | 20 | 23 | 1,07 | 1,92 | 21 | 25 |
| | | N5 | M | 0,95 | 1,81 | 17 | 28 | 1,20 | 1,80 | 22 | 27 |

* C-opbrengst werd geschat op 500 g per kg drogestof

** R = proefplek geoogst met raampje en spinaziemes, M = proefstrook geoogst met maaimachine met messenbalk.

LSD's (tds/ha) voor ds-opbrengst bij proefstrookoogst:

| datum | P<0,05 | P<0,10 |
|---|---|---|
| 4 april 1989 | 0,63 | 0,49 |
| 5 april 1990 | 1,27 | 0,89 |
| 3 april 1991 | 0,50 | 0,40 |

Bijlage 8a. Hoeveelheid minerale N in de bodem (kg N/ha) in 1988.

| object | laag (cm) | datum: | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 april | 22 juni | 23 september | 8 december |
| braak N1 | 0-30 | 5 | 54 | 37 | 21 |
| | 0-60 | 8 | 103 | 55 | 56 |
| | 0-90 | | | | |
| braak N2 | 0-30 | 5 | 162 | 58 | 21 |
| | 0-60 | 8 | 240 | 113 | 72 |
| braak N5 | 0-30 | 5 | 244 | 88 | 18 |
| | 0-60 | 8 | 374 | 192 | 67 |
| | 0-90 | | | | |
| rogge N1 | 0-30 | | | | 14 |
| | 0-60 | | | | 31 |
| rogge N2 | 0-30 | | | | 20 |
| | 0-60 | | | | 35 |
| rogge N5 | 0-30 | | | | 15 |
| | 0-60 | | | | 27 |
| gras N1 | 0-30 | 5 | 54 | 30 | 13 |
| | 0-60 | 8 | 103 | 46 | 25 |
| | 0-90 | | | | |
| gras N2 | 0-30 | 5 | 162 | 49 | 12 |
| | 0-60 | 8 | 240 | 95 | 25 |
| gras N5 | 0-30 | 5 | 244 | 68 | 12 |
| | 0-60 | 8 | 374 | 138 | 31 |
| | 0-90 | | | | |

Bijlage 8b. Hoeveelheid minerale N in de bodem (kg N/ha) in 1989.

| object | laag (cm) | datum: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 10 maart | 20 april | 12 juni | 18 september | 20 december |
| braak N1 | 0-30 | 31 | 17 | 52 | 27 | 22 |
| | 0-60 | 68 | 25 | 91 | 39 | 57 |
| | 0-90 | | | | 53 | 94 |
| braak N2 | 0-30 | 29 | 18 | 209 | 92 | 35 |
| | 0-60 | 67 | 41 | 270 | 116 | 107 |
| braak N5 | 0-30 | 30 | 18 | 242 | 160 | 41 |
| | 0-60 | 64 | 43 | 313 | 211 | 150 |
| | 0-90 | | | | 236 | 269 |
| rogge N1 | 0-30 | 20 | 10 | 72 | 31 | 9 |
| | 0-60 | 41 | 21 | 110 | 41 | 20 |
| rogge N2 | 0-30 | 19 | 11 | 147 | 87 | 16 |
| | 0-60 | 36 | 18 | 205 | 111 | 56 |
| rogge N5 | 0-30 | 18 | 11 | 198 | 154 | 20 |
| | 0-60 | 33 | 18 | 275 | 191 | 61 |
| gras N1 | 0-30 | 18 | 25 | 77 | 26 | 11 |
| | 0-60 | 34 | 43 | 115 | 35 | 25 |
| | 0-90 | | | | 43 | 41 |
| gras N2 | 0-30 | 16 | 25 | 141 | 119 | 19 |
| | 0-60 | 31 | 38 | 189 | 148 | 57 |
| gras N5 | 0-30 | 16 | 28 | 181 | 268 | 35 |
| | 0-60 | 29 | 39 | 260 | 325 | 112 |
| | 0-90 | | | | 351 | 196 |

Bijlage 8c. Hoeveelheid minerale N in de bodem (kg N/ha) in 1990 en (voorjaar) 1991.

| object | laag (cm) | datum: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 april | 11 juni | 25 september | 13 december | 3 april |
| braak N1 | 0-30 | 37 | 65 | 31 | 18 | 21 |
| | 0-60 | 61 | 112 | 48 | 38 | 36 |
| | 0-90 | 89 | 134 | 66 | 76 | 52 |
| braak N2 | 0-30 | 44 | 174 | 47 | 20 | 21 |
| | 0-60 | 75 | 238 | 116 | 46 | 37 |
| braak N5 | 0-30 | 42 | 245 | 78 | 20 | 21 |
| | 0-60 | 75 | 334 | 159 | 46 | 37 |
| | 0-90 | 114 | 371 | 228 | 121 | 56 |
| rogge N1 | 0-30 | 42 | 92 | 35 | 16 | 8 |
| | 0-60 | 63 | 141 | 55 | 24 | 14 |
| rogge N2 | 0-30 | 74 | 266 | 90 | 13 | 9 |
| | 0-60 | 100 | 353 | 166 | 23 | 15 |
| rogge N5 | 0-30 | 65 | 315 | 121 | 17 | 8 |
| | 0-60 | 88 | 437 | 264 | 33 | 16 |
| gras N1 | 0-30 | 31 | 76 | 27 | 13 | 8 |
| | 0-60 | 48 | 116 | 45 | 21 | 13 |
| | 0-90 | 63 | 133 | 59 | 32 | 19 |
| gras N2 | 0-30 | 48 | 201 | 56 | 17 | 8 |
| | 0-60 | 69 | 290 | 133 | 33 | 14 |
| gras N5 | 0-30 | 40 | 328 | 85 | 19 | 9 |
| | 0-60 | 60 | 449 | 170 | 37 | 16 |
| | 0-90 | 87 | 490 | 210 | 101 | 23 |

Bijlage 9. Verandering in de hoeveelheid minerale N (0-60 cm, kg N/ha) tussen voorjaar en voorzomer onder aftrek van gegeven kunstmest-N en NH4-N in organische mest.

| periode | object | NminT2 | -(NminT1 | +NKM | +NDM) | =NVT2T1* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 -4 -88 tot | B N1 | 103 | 8 | 20 | 0 | 75 |
| 22 -6 -88 | B N2 | 240 | 8 | 20 | 109 | 103 |
| | B N5 | 374 | 8 | 140 | 109 | 117 |
| 20 -4 -89 tot | B N1 | 91 | 25 | 20 | 0 | 46 |
| 12 -6 -89 | B N2 | 270 | 41 | 20 | 122 | 87 |
| | B N5 | 313 | 43 | 140 | 122 | 8 |
| | R N1 | 110 | 21 | 20 | 0 | 69 |
| | R N2 | 205 | 18 | 20 | 122 | 45 |
| | R N5 | 275 | 18 | 140 | 122 | -5 |
| | G N1 | 115 | 43 | 20 | 0 | 52 |
| | G N2 | 189 | 38 | 20 | 122 | 9 |
| | G N5 | 260 | 39 | 140 | 122 | -41 |
| 5 -4 -90 tot | B N1 | 112 | 61 | 20 | 0 | 31 |
| 11 -6 -90 | B N2 | 238 | 75 | 20 | 86 | 57 |
| | B N5 | 334 | 75 | 140 | 86 | 33 |
| | R N1 | 141 | 63 | 20 | 0 | 58 |
| | R N2 | 353 | 100 | 20 | 86 | 147 |
| | R N5 | 437 | 88 | 140 | 86 | 123 |
| | G N1 | 116 | 48 | 20 | 0 | 48 |
| | G N2 | 290 | 69 | 20 | 86 | 115 |
| | G N5 | 449 | 60 | 140 | 86 | 163 |

* NminTn = minerale bodem-N op tijdstip Tn

NKM = kunstmest-N

NDM = NH4-N in organische mest

NVTn'Tm = verandering in minerale bodem-N tussen tijdstip Tn en Tm

Bijlage 10. Verandering in de hoeveelheid minerale N (0-60 cm, kg N/ha) tussen voorjaar en herfst onder aftrek van gegeven kunstmest-N en NH4-N in organische mest.

| periode | | object | (NminT3 | +NOG) | -(NminT1 | +NKM | +NDM) | =NVT3T1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 - 4 -88 | tot | B N1 | 55 | 161 | 8 | 20 | 0 | 188 |
| 23 - 9 -88 | | B N2 | 113 | 189 | 8 | 20 | 109 | 165 |
| | | B N5 | 192 | 180 | 8 | 140 | 109 | 115 |
| | | G N1 | 46 | 147 | 8 | 20 | 0 | 165 |
| | | G N2 | 95 | 167 | 8 | 20 | 109 | 125 |
| | | G N5 | 138 | 186 | 8 | 140 | 109 | 67 |
| 20 - 4 -89 | tot | B N1 | 39 | 120 | 25 | 20 | 0 | 114 |
| 18 - 9 -89 | | B N2 | 116 | 197 | 41 | 20 | 122 | 130 |
| | | B N5 | 211 | 206 | 43 | 140 | 122 | 112 |
| | | R N1 | 41 | 134 | 21 | 20 | 0 | 134 |
| | | R N2 | 111 | 208 | 18 | 20 | 122 | 159 |
| | | R N5 | 191 | 191 | 18 | 140 | 122 | 102 |
| | | G N1 | 35 | 143 | 43 | 20 | 0 | 115 |
| | | G N2 | 148 | 206 | 38 | 20 | 122 | 174 |
| | | G N5 | 325 | 216 | 39 | 140 | 122 | 240 |
| 5 - 4 -90 | tot | B N1 | 48 | 125 | 61 | 20 | 0 | 92 |
| 25 - 9 -90 | | B N2 | 116 | 184 | 75 | 20 | 86 | 119 |
| | | B N5 | 159 | 174 | 75 | 140 | 86 | 32 |
| | | R N1 | 55 | 156 | 63 | 20 | 0 | 128 |
| | | R N2 | 166 | 194 | 100 | 20 | 86 | 154 |
| | | R N5 | 264 | 188 | 88 | 140 | 86 | 138 |
| | | G N1 | 45 | 130 | 48 | 20 | 0 | 107 |
| | | G N2 | 133 | 182 | 69 | 20 | 86 | 140 |
| | | G N5 | 170 | 180 | 60 | 140 | 86 | 64 |

* NminTn = minerale bodem-N op tijdstip Tn
NOG = N-opname door bovengrondse delen van gewas
NKM = kunstmest-N
NDM = NH4-N in organische mest
NVTnTm = verandering in minerale bodem-N tussen tijdstip Tn en Tm

Bijlage 11. Verandering in hoeveelheid minerale N (0-60 cm, kg N/ha) tussen herfst en voorjaar

| periode | | object | (NminT1 | +NOG) | -NminT3 | +NUIT | =NVT1T3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 - 9 -88 | tot | B N1 | 25 | 0 | 55 | 80 | 50 |
| 20 - 4 -89 | ** | B N2 | 41 | 0 | 113 | 135 | 63 |
| | | B N5 | 43 | 0 | 192 | 321 | 172 |
| | | R N1 | 21 | 40 | 55 | 26 | 32 |
| | | R N2 | 18 | 45 | 113 | 109 | 59 |
| | | R N5 | 18 | 41 | 192 | 169 | 36 |
| | | G N1** | 43 | 36 | 46 | 15 | 48 |
| | | G N2** | 38 | 42 | 95 | 66 | 51 |
| | | G N5** | 39 | 47 | 138 | 137 | 85 |
| 18 - 9 -89 | tot | B N1 | 61 | 0 | 39 | 50 | 72 |
| 5 - 4 -90 | | B N2 | 75 | 0 | 116 | 77 | 36 |
| | | B N5 | 75 | 0 | 211 | 163 | 27 |
| | | R N1 | 63 | 31 | 41 | 2 | 55 |
| | | R N2 | 100 | 50 | 111 | 3 | 42 |
| | | R N5 | 88 | 55 | 191 | 9 | -39 |
| | | G N1 | 48 | 28 | 35 | 2 | 43 |
| | | G N2 | 69 | 40 | 148 | 15 | -24 |
| | | F N5 | 60 | 42 | 325 | 60 | -163 |
| 25 - 9 -90 | tot | B N1 | 36 | 0 | 48 | 43 | 31 |
| 3 - 4 -91 | | B N2 | 37 | 0 | 116 | 104 | 25 |
| | | B N5 | 37 | 0 | 159 | 372 | 250 |
| | | R N1 | 14 | 10 | 55 | 17 | -14 |
| | | R N2 | 15 | 19 | 166 | 79 | -53 |
| | | R N5 | 16 | 17 | 264 | 163 | -68 |
| | | G N1 | 13 | 14 | 45 | 1 | -17 |
| | | G N2 | 14 | 18 | 133 | 22 | -79 |
| | | G N5 | 16 | 22 | 170 | 105 | -27 |

* NminTn = minerale bodem-N op tijdstip Tn
NOG = N-opname door bovengrondse delen van gewas
NUIT = berekende N-afvoer door uitspoeling
NV'TnTm = verandering in minerale bodem-N tussen tijdstip Tn en Tm

** bij gras is NOG op monster 4-4-1989 gebaseerd

Bijlage 12. Veranderingen in de chemische bodemvruchtbaarheid op verschillende diepten onder invloed van dierlijke mest en wintergewassen (1988-1991)

| datum | laag (cm) | object | grootheid: | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | pH-KC1 | org. stof | Pw | K-HC1 | MgO | K-tot. | N-tot. | P-tot. | B wt. |
| 6 - 4 -88 | 0 -20 | B | 4,6 | 3,1 | 95 | 8 | 71 | 0,035 | 0,107 | 143 | 0,14 |
| 3 - 4 -91 | 0 -20 | B N1 | 6,2 | 3,0 | 74 | 9 | 93 | 0,033 | 0,100 | 167 | 0,17 |
| | | B N2 | 6,1 | 3,3 | 72 | 8 | 97 | 0,033 | 0,100 | 161 | 0,21 |
| | | R N1 | 5,9 | 3,0 | 76 | 8 | 97 | 0,030 | 0,093 | 152 | 0,16 |
| | | R N2 | 5,8 | 3,2 | 78 | 8 | 98 | 0,031 | 0,103 | 165 | 0,19 |
| | | G N1 | 6,4 | 3,2 | 61 | 8 | 92 | 0,034 | 0,093 | 154 | 0,17 |
| | | G N2 | 5,9 | 3,4 | 69 | 8 | 96 | 0,036 | 0,105 | 161 | 0,25 |
| 6 - 4 -88 | 20 -40 | B | 4,7 | 3,0 | 66 | 8 | 86 | 0,034 | 0,093 | 125 | 0,16 |
| 3 - 4 -91 | 20 -40 | B N1 | 6,1 | 2,7 | 45 | 7 | 81 | 0,029 | 0,072 | 106 | 0,01 |
| | | B N2 | 5,4 | 2,9 | 46 | 7 | 89 | 0,026 | 0,079 | 107 | 0,18 |
| | | R N1 | 5,4 | 2,8 | 42 | 7 | 92 | 0,029 | 0,073 | 97 | 0,13 |
| | | R N2 | 5,6 | 3,5 | 47 | 8 | 109 | 0,027 | 0,079 | 107 | 0,17 |
| | | G N1 | 5,6 | 2,9 | 33 | 5 | 92 | 0,029 | 0,069 | 92 | 0,15 |
| | | G N2 | 5,5 | 2,9 | 33 | 5 | 96 | 0,029 | 0,076 | 83 | 0,13 |
| 6 - 4 -88 | 40 -60 | B | 4,7 | 2,3 | 8 | 8 | 77 | 0,031 | 0,048 | 30 | 0,10 |
| 3 - 4 -91 | 40 -60 | B N1 | 4,9 | 1,6 | 10 | 4 | 46 | 0,024 | 0,027 | 21 | 0,05 |
| | | B N2 | 4,7 | 2,3 | 9 | 4 | 58 | 0,028 | 0,042 | 24 | 0,08 |
| | | R N1 | 4,7 | 2,0 | 9 | 5 | 64 | 0,026 | 0,037 | 23 | 0,04 |
| | | R N2 | 4,7 | 2,6 | 7 | 4 | 69 | 0,027 | 0,045 | 23 | 0,07 |
| | | G N1 | 4,8 | 2,0 | 11 | 4 | 73 | 0,027 | 0,034 | 26 | 0,06 |
| | | G N2 | 4,7 | 2,2 | 9 | 4 | 71 | 0,026 | 0,036 | 25 | 0,06 |
| 6 - 4 -88 | 60 -80 | B | 4,7 | 0,3 | 4 | 7 | 39 | 0,035 | 0,024 | 19 | 0,07 |
| 3 - 4 -91 | 60 -80 | B N1 | 4,9 | 1,0 | 9 | 4 | 34 | 0,029 | 0,013 | 21 | 0,03 |
| | | B N2 | 4,6 | 1,4 | 7 | 6 | 44 | 0,028 | 0,020 | 15 | 0,03 |
| | | R N1 | 4,7 | 1,1 | 7 | 7 | 44 | 0,030 | 0,018 | 16 | 0,03 |
| | | R N2 | 4,7 | 1,4 | 7 | 4 | 50 | 0,027 | 0,023 | 19 | 0,02 |
| | | G N1 | 4,8 | 1,0 | 7 | 5 | 41 | 0,031 | 0,013 | 16 | 0,03 |
| | | G N2 | 4,7 | 1,7 | 10 | 5 | 57 | 0,030 | 0,027 | 28 | 0,05 |

Bijlage 13a. Uitgangspunten bij de berekening van het milieukundige nut van wintergewassen

- Maïs wordt uitsluitend met dierlijke mest en eventueel groenbemesters bemest;

- wintergewassen na maïs nemen in een gemiddelde winter in boven- en ondergrondse delen tesamen 40 kg N/ha op;

- na de oogst van maïs mag 40 kg/ha meer minerale bodem-N achterblijven als de teelt van een wintergewas volgt;

- van de aangeboden dierlijke en plantaardige organische mest-N neemt maïs een derde op, een derde gaat door denitrificatie verloren en een derde blijft als minerale bodem-N na de oogst achter;

- bij een beschikbaarheid van 80 kg N-totaal/ha (zonder wintergewas) wordt net aan een fiktieve milieukundige "norm" voldaan;

- zaad en inzaai van wintergewassen kost ƒ 200,-- (goedkoop scenario) tot ƒ 300,-- (duur scenario)/ha;

- bij inzaai van een wintergewas dient 14 dagen eerder geoogst te worden; daartoe dienen zogenaamde zeer vroege maïsrassen gekozen te worden waarbij 50 (goedkoop scenario) tot 75 (duur scenario) kg drogestof/ha per groeidag gemist wordt;

- snijmaïssilage kost ƒ 0,30 per kg drogestof; stikstof in dierlijke mest kost ƒ 1,00 per kg N-totaal; een geslaagd maïsgewas brengt 13000 kg drogestof/ha op;

Bijlage 13b. Karakteristiek en kosten van 3 teeltsystemen

| teeltsysteem | B | WGG | WGD |
|---|---|---|---|
| geen/wel wintergewas | geen | wel | wel |
| goedkoop/duur scenario | | goedkoop | duur |
| uitspoelingsnivo | norm | norm | norm |
| bodem-N na oogst (kg N/ha) | norm | norm+40 | norm+40 |
| beschikbare N voor maïs (kg N-tot./ha) | 80 | 200 | 200 |
| waarvan uit wintergewas (kg/ha) | 0 | 40 | 40 |
| | | | |
| bemestingkosten (*f*/ha) | 80 | 160 | 160 |
| extra zaad- en inzaai (*f*/ha) | 0 | 200 | 300 |
| derving a.g.v. vroege oogst (*f*/ha) | 0 | 210 | 315 |
| TOTALE KOSTEN (*f*/ha) | 80 | 570 | 775 |
| | | | |
| benodigde extra opbrengst (*f*/ha) | | 490 | 695 |
| idem (kg drogestof per ha) | | 1633 | 2316 |
| idem (%) | | 13 | 18 |
| idem (kg drogestof per kg N) | | 41 | 58 |

## Nog verkrijgbare PAGV-uitgaven [1)]

**Verslagen**

5. De invloed van het rooitijdstip op de stikstofbehoefte van drie suikerbietenrassen. Ing. Th. Huiskamp, september 1982 ..... *f* 10,-
6. De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs. Ir. C.A.A.A. Maenhout et al,januari 1983 ..... *f* 10,-
7. Epipré-evaluatieverslag 1982. Ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, december 1982 ..... *f* 10,-
8. Onderzoek naar verschillen in opbrengst en kwaliteit van consumptie-aardappelen in het zuidwesten van Nederland. Ir. C.B. Bus, ing. K.W. Bosma (CA-Barendrecht) en ir. D.W. de Hoop (LEI), februari 1983 ..... *f* 10,-
10. Epipré-instructieboekje 1983. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, april 1983 ..... *f* 10,-
13. Het effect van de intensiteit van de zaadbedbereiding op het kiembed en de opkomst, opbrengst en kwaliteit van suikerbieten. Ing. Th. Huiskamp, september 1983 ..... *f* 10,-
14. Verslag van een driejarig onderzoek naar de optimale stikstofgift voor bruine bonen. G.J. Boom, september 1983 ..... *f* 10,-
15. Epipré-evaluatieverslag 1983. Ing. H Drenth en ir. K Reinink, januari 1984 ..... *f* 10,-
16. Factoranlyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984. ..... *f* 10,-
18. Rendabiliteit van continuteelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV 1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984 ..... *f* 10,-
19. Biologie en ecologie van kleefkruid (Galium aparine). Ir. W.G.M. van den Brand, april 1984 ..... *f* 10,-
20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha-pootgoed. Ing.J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984 ..... *f* 10,-
21. Epipré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984 ..... *f* 10,-
22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in Zuidwest-Nederland. 1978-1982. Ing. J. Alblas,april 1984 ..... *f* 10,-
23. Resultaten kalibouwplanproeven op zeeklei. Ir. J Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984 ..... *f* 10,-
24. Oogstplanning van bloemkool in "de Streek". Ir. R. Booij, oktober 1984 ..... *f* 10,-
25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin "Noord-Limburg". Ing. D van der Schans en ir. A.J. Hellings, oktober 1984 ..... *f* 10,-
26. Kalibemesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosh en het Land van Altena. Ing. J. Alblas, november 1984 ..... *f* 10,-
27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J.A. Schoneveld, november 1984 ..... *f* 10,-
28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985 ..... *f* 10,-
30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972 - 1982. Ir. J.J.Schröder, maart 1985 ..... *f* 10,-
31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheze 1974 - 1984 Ir. J.J. Schröder, maart 1985 ..... *f* 10,-
32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad 1976 - 1980. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 .. *f* 10,-
33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985 ..... *f* 10,-
35. Biologie en ecologie van zware nachtschade (*Solanum nigrum*). Ir. W.G.M. van den Brand, maart 1985 ..... *f* 10,-
36. Epipré 1985 instructieboekje. Ir. K. Reinink, april 1985 ..... *f* 10,-

[1)] Een volledig overzicht van de PAGV-uitgaven wordt op uw aanvraag graag toegezonden.

37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmaïs. Ir.C.L.M. de Visser en Ir. H.F.M. Aarts, april 1985 ..... f 10,-
38. Zuiveringsslib in de akkerbouw. Ir. S de Haan en ing. J. Lubbers (IB), Ing. A. de Jong (PAGV), maart 1985 ..... f 10,-
39. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van Engels en Italiaans raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985 ..... f 20,-
40. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van uien en sjalotten. Ir. C.L.M. de Visser juni 1985 ..... f 10,-
42. Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt, juli 1985 ..... f 10,-
43. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van aardappelen. Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 ..... f 10,-
44. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van erwten, stambonen en veldbonen. Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 ..... f 10,-
45. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van wortelen. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 ..... f 10,-
46. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van winterkoolzaad. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 ..... f 10,-
47. Biologie en ecologie van melganzevoet (Chenopodium album). Ir. W.G.M. van den Brand, december 1985 ..... f 10,-
48. Verslag inventarisatie graanziekten 1985. Ing. H.P. Versluis, december 1985 ..... f 10,-
49. Natriumbemesting en natriumbehoefte van suikerbieten. Dr.ir. J. Temme en dr. J.G.H. Stassen, december 1985 ..... f 10,-
50. Epipré instructieboekje 1986. Ing. W. Stol, april 1986 ..... f 10,-
51. Studiedag kluitplanten. Ir. R. Booij en N.J. Snoek, juli 1986 ..... f 10,-
52. Biologie en ecologie van hanepoot (Echinochla crus-gali). Ir. W.G M. van den Brand, juli 1986 ..... f 10,-
53. Opkomstperiodiciteit bij 40 eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele hiermee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. Ir. W.G.M. van den Brand, oktober 1986 .. f 10,-
54. De teelt van wintertarwe als dekvrucht voor veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 ..... f 10,-
56. De invloed van het maaien van de tarwestoppel op ondergezaaide veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 ..... f 10,-
57. Benutting afvalwarmte bij vollegrondsteelten. Ing. J.A. Schoneveld, november 1986 .. f 10,-
59. Het bestrijden van verstuiven op landbouwgronden. Dr. ir. A. Darwinkel, november 1986 f 10,-
60. Stikstofbemesting van wintertarwe. Ir. K. Reinink, december 1986 ..... f 10,-
63. De invloed van teeltmaatregelen bij winterkoolzaad op de zaadproduktie in Noord-Nederland. S. Vreeke, maart 1987 ..... f 10,-
66. Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen. Ing. J.K. Ridder, mei 1987 ..... f 10,-
69. Biologie en ecologie van vogelmuur (Stellaria media). Ir. W.G.M. van den Brand, september 1987 ..... f 10,-
70. Ontwikkeling van een biotoets voor het noordelijk wortelknobbelaaltje (Meloidogyne hapla). Ing. A.A.W. Zondervan, november 1987 ..... f 10,-
71. Het EPIPRE-adviesmodel, een kritische analyse. Werkgroep EPIPRE, december 1987 f 10,-
72. Teeltechnische en economische aspecten bij de teelt van kleine witte kool.Ing. C.A.Ph. van Wijk, ir. C.F.G. Kramer, ing. G. Schroën en ir. R. Booij, januari 1988 ..... f 10,-
73. Het optimale oogsttijdstip van snijmaïs. Ing. H.M.G. van der Werf, april 1988 ..... f 10,-
74. Ontwikkelen van teeltbegeleidingssystemen voor aardappelen en suikerbieten. Ir. C.L.M. de Visser e.a., mei 1988 ..... f 10,-
75. Bedrijfseconomische aspecten van de grondontsmetting in rotaties met consumptieaardappelen, suikerbieten en wintertarwe op het proefveld te Westmaas (1981 t/m 1986). Ing. H. Preuter, mei 1988 ..... f 10,-

78. Bijzaaien en overzaaien van snijmaïs. Ing. H.M.G. van der Werf en H. Hoek, december 1988 ..... f 10,-
80. Economische aspecten van de plantdichtheid bij witlof. Ir. C.F.G. Kramer, februari 1989 ..... f 10,-
81. Stikstofbemesting van ijssla. Dr. ir. J.H.G. Slangen (LU), ir. H.H.H. Titulear (PAGV), ir. H. Niers (IB) en dr. ir. J. van der Boon (IB), februari 1989 ..... f 10,-
84. Oppervlakkige grondbewerking in het gewas maïs. Ing. H.M.G. van der Werf (PAGV), J.J. Klooster (IMAG) en ing. D.A. van der Schans (PAGV), mei 1989 ..... f 10,-
85. Toedienen van drijfmest in maïs (vervolgonderzoek 1985-1987). Ir. J. Schröder (PAGV) en ir. L.C.N. de la Lande Cremer (IB), mei 1989 ..... f 10,-
86. Teelt van fabrieksaardappelen op bedden ten opzichte van op ruggen. Ing. J.K. Ridder, juli 1989 ..... f 10,-
91. Overzaaien van suikerbieten. Dr. ir. A.L. Smit, oktober 1989 ..... f 10,-
92. Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven in de Veenkoloniën. Drs. S. Cuperus, oktober 1989 ..... f 10,-
93. Wortelverbruining bij snijmaïs. Ir. J. Schröder, A.G.M. Ebskamp en K. Scholte, oktober 1989 ..... f 10,-
94. Noodzaak van roestbestrijding in Engels raai- en veldbeemgras. Ir. G.H. Horeman, november 1989 ..... f 10,-
95. Stikstofbemesting van peen. Dr. ir. J.H.G.Slangen, ir. H.H.H. Titulear, ir. H. Niers en dr.ir. J. van der Boon, januari 1990 ..... f 10,-
96. De teelt van Bintje fritesaardappelen op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, januari 1990 f 10,-
97. Epipré-adviesmodel. Ing. H. Drenth en ing. W. Stol, maart 1990 ..... f 10,-
98. Zuiveringslib in de akkerbouw. Ing. A. de Jong, april 1990 ..... f 10,-
99. Aardpeer een potentieel nieuw gewas - teeltonderzoek 1986-1989. Ing. H. Morrenhof en ir. C. Bus, mei 1990 ..... f 10,-
100. Teeltvervroeging bij suikerbieten. Dr.ir. A.L. Smit, mei 1990 ..... f 10,-
101. Teeltsystemen parthenocarpe augurken.J.T.K. Poll, ing. F.M.L. Kanters, ir. C.F.G. Kramer en ing. J. Jeurissen, mei 1990 ..... f 10,-
102. Stikstofbemesting bij spruitkool. Ing. J.J. Neuvel, mei 1990 ..... f 10,-
103. Minerale olie, insekticiden en bladluisdruk bij de teelt van pootaardappelen in relatie tot de verspreiding van het aardappelvirus $y^n$. Ir. C.B. Bus, mei 1990 ..... f 10,-
104. Het effect van een grondbehandeling met pencycuron (Moncereen) tegen Rhizoctonia op de opbrengst van zetmeelaardappelen. Ing. J.K. Ridder, juni 1990 ..... f 10,-
105. Jaarverslag 1988 proefproject Borgerswold. Ing. J. Boerma, juni 1990 ..... f 10,-
106. Stikstofdeling bij snijmaïs. Ir. J. Schröder, juli 1990 ..... f 10,-
107. Langdurige bewaring van kroten in een geventileerde kuil en in een mechanisch gekoelde cel in seizoen 1986/1987, 1987/1988 en 1988/1989. Ing. M.H. Zwart- Roodzant,juli 1990 f 10,-
108. Optimale plantgetal van snijmaïs en van korrelmaïs. Ir. J.J. Schröder, juli 1990 ..... f 10,-
109. (Stikstof)bemesting van witte kool. Ir. H.H.H. Titulaer, december 1990 ..... f 10,-
110. Voorvruchteffecten bij inpassing van vollegrondsgroente in een akkerbouwrotatie. Ing. Th. Huiskamp, december 1990 ..... f 10,-
111. Teelt van bakwaardig tarwe in Nederland. Dr. ir. A. Darwinkel, december 1990 ..... f 10,-
112. Schietgevoeligheid van knolselderij. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, december 1990 ..... f 10,-
113. Populatie-ontwikkeling van het bietecysteaaltje in de optredende schade bij continu teelt van suikerbieten in combinatie met grondontsmetting. Ir. J.G. Lamers, december 1990 f 10,-
114. Onderzoek naar het effect van systematische nematiciden bij koolgewassen. C. de Moel, december 1990 ..... f 10,-
115. Rhizomanie-onderzoek 1987-1989. Ir. Y. Hofmeester, december 1990 ..... f 10,-
116. Bladrandkeverbestrijding door middel van zaadcoating bij veldbonen. A. Ester, december 1990 ..... f 10,-
117. Gewasdag mais, december 1990 ..... f 10,-

118. Graszaadstengelgalmuggen in veldbeemdgras. Ir. G.H. Horeman, december 1990 ... f 10,-
119. Inventarisatie van ziekten en plagen in veldbeemdgras. Ir. G.H. Horeman, december 1990 ... f 10,-
120. Biotoets voetziekten in erwten . Ir. P.J. Oyarzun, maart 1991 ... f 10,-
121. Opbrengstvariabiliteit bij erwten en veldbonen. Ing. D.A. van der Schans en ir. W. van den Berg, april 1991 ... f 10,-
122. De bepaling van de opbrengst van een perceel snijmaïs bij de oogst. Ing. H.M.G. van der Werf MSc, ir W. van den Berg en ing. A.J. Muller, april 1991 ... f 10,-
123. Optimalisering toedieningstechniek dierlijke mest. Ing. G.J. van Dongen, ing. D.T. Baumann en ing. L.M. Lumkes, april 1991 ... f 10,-
124. Beïnvloeding van het drogestofgehalte, opbrengstniveau en bewaarbaarheid van uien door teeltmethoden. Ir. C.L.M. de Visser, april 1991 ... f 10,-
125. Onderzoek naar groeistofschade bij witlof (Cichorium intybus L. var. foliosum) in de seizoenen 1986/1987 t/m 1988/1989. Ir. G. van Kruistum en ing. C. van der Wel,mei 1991 f 10,-
126. Teelonderzoek teunisbloem in Nederland. Ing. J. Wander, ing. H.P. Versluis en ir. P.M. Spoorenberg, mei 1991 ... f 10,-
127. Rendabiliteit van verminderde bodembelasting. Ing. S.R.M. Janssens, juli 1991. ... f 10,-
128. Effect van de hoogte en een deling van de stikstofbemesting op de opbrengst en kwaliteit van zomergerst. Ing. R.D. Timmer, J.G.N. Wander en ir. I.D.C. Duijnhouwer, december 1991. ... f 10,-
129. Bepaling van de informatiebehoeften van agrarische ondernemers. Ir. P.W.J. Raven, ing. H. Drenth, ing. S.R.M. Janssens en drs. A.T. Krikke ... f 10,-
130. Landbouwtechnische -,economische, bedrijfskundige - en milieu - aspecten bij het toedienen en direct inwerken van dierlijke organische mest in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Ing. G.J. van Dongen, september 1991 ... f 10,-
131. Teeltaspecten van wintergerst voor opbrengst en kwaliteit. Dr. ir. A. Darwinkel, september 1991. ... f 10,-
132. Groei, ontwikkeling en opbrengst van witte kool in relatie tot het tijdstip van planten. Dr.ir. A.P. Everaarts en C.P. de Moel, september 1991 ... f 10,-
133. Information modelling for arable farming. Integrale vertaling van verslag 67 (Het globale informatiemodel Open Teelten), oktober 1991 ... f 10,-
134. Het verloop van wegrotten van moederknollen bij pootaardappelen. Ing. J.K. Ridder en ir. C.B. Bus, december 1991. ... f 10,-
135. Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven op Trichodorusgevoelige grond. Ing. A. Bos en drs. A.T. Krikke, december 1991 ... f 10,-
136. Kwantitatieve aspecten van de verdelingsnauwkeurigheid van meststoffen. Ing. D.T. Baumann, december 1991. ... f 10,-
137. Vergelijking van het bewaren van fijne peen op het veld, onder stro en in de natte koeling. Ing. J.A. Schoneveld, december 1991 ... f 10,-
138. Jaarverslag 1989 proefproject Borgerswold. Ing. J. Boerma, januari 1992 ... f 10,-
139. De invloed van de intensiteit van het bouwplan op pootaardappelen, suikerbieten en wintertarwe (vruchtwisselingsproefveld) FH82). Ing. H.W.G. Floot, ir. J.G. Lamers en ir. W. van den Berg, januari 1992 ... f 10,-
140. De invloed van pootgoedbehandeling op het aantal stengels en knollen bij aardappelen. Ir. C.B. Bus, april 1992 ... f 10,-
141. Analyse van het gebruik en de acceptatie van teeltbegeleidingssystemen in de praktijk. Ing. A. Grunefeld en ir. W.A. Dekkers, februari 1992 ... f 10,-
142. Bestudering van het groeiverloop van zaaiuien en bouw van een groeimodel. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1992 ... f 25,-
143. Teeltfrequentie-effecten bij erwten, veldbonen, bruine bonen, snijmaïs, vlas en zaaiuien Ing. Th. Huiskamp en ir. J.G. Lamers, oktober 1992. ... f 10,-

144. Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw/opzet en eerste resultaten. ..... Ir. F.G. Wijnands, ing. S.R.M. Janssens, ing. P.v.Asperen en ing. K.B.v.Bon, okt. 1992 .. ƒ 10,-
145. Voorjaarstoediening van dunne dierlijke mest op kleigronden. ing. G.J.M. van Dongen en ing. J. Alblas, oktober 1992 ..... ƒ 10,-
146. Bedrijfssystemenonderzoek Borgerswold. *Invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1991.* Ing. J. Boerma en ir. Y. Hofmeester, november 1992 ..... ƒ 10,-
147. Koolvliegbestrijding met behulp van zaadcoating met insecticiden in bloem- en spruitkool. ..... ƒ 10,-
148. Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmais. . Ir. J. Schröder, L. ten Holte, Ir. W. van Dijk, ing. W.J. de Groot, ing. W.A. de Boer en ir. E.J. Jansen, november 1992 ..... ƒ 10,-
149. Najaarstoediening van dierlijke mest op kleigronden. Ir. H. Hengsdijk, november 1992 ƒ 10,-

**Publikaties**

6. Witloftreksystemen, een vergelijking van produktie, arbeidsbehoefte, en financieel restaat. Ing M. v.d. Ham, ir. G.van Kruistum en ing. J.A. Schoneveld (IMAG), januari 1980 ƒ 6,50
7. Virusziekten in pootaardappelen. Ing. A. Schepers en ir. C.B. Bus, februari 1980 ..... ƒ 3,50
11. 15 jaar "De Schreef". Ing. O. Hoekstra, februari 1981 ..... ƒ 12,50
12. Continuteelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten. Ir. J.G.Lamers, februari 1981 ..... ƒ 10,-
17. Volgteelt van stamslabonen na doperwten. Ing. L.M. Lumkes en ir. U.D. Perdok, oktober 1981 ..... ƒ 10,-
19. Jaarverslag 1981, mei 1982 ..... ƒ 15,-
21. Werkplan 1983, februari 1983 ..... ƒ 10,-
22. Jaarverslag 1982, juli 1983 ..... ƒ 15,-
23. Kwantitatieve informatie 1983 - 1984, september 1983 ..... ƒ 20,-
24. Werkplan 1984, februari 1984 ..... ƒ 10,-
25. Jaarverslag 1983, juni 1984 ..... ƒ 10,-
26. Kwantitatieve informatie 1984 - 1985, september 1984 ..... ƒ 20,-
27. Jaarverslag 1984, februari 1985 ..... ƒ 10,-
28. Werkplan 1985, februari 1985 ..... ƒ 10,-
29. Kwantitatieve informatie 1985 - 1986, september 1985 ..... ƒ 20,-
30. Effecten van grote drijfmestgiften bij de teelt van snijmaïs. Ir. J.J. Schröder, september 1985 ..... ƒ 10,-
31. Werkplan 1986, maart 1986 ..... ƒ 10,-
32. Jaarverslag 1985, april 1986 ..... ƒ 15,-
33. Kwantitatieve informatie 1986 - 1987, september 1986 ..... ƒ 20,-
34. Werkplan 1987, maart 1987 ..... ƒ 10,-
35. Jaarverslag 1986, april 1987 ..... ƒ 15,-
36. Informatiemodel 'Open Teelten'-bedrijf, juni 1987 ..... ƒ 10,-
37. Kwantitatieve informatie 1987 - 1988, augustus 1987 ..... ƒ 20,-
38. Jaarboek 1986, november 1987 ..... ƒ 30,-
39. Werkplan 1988, maart 1988 ..... ƒ 10,-
40. Jaarverslag 1987, april 1988 ..... ƒ 15,-
41. Kwantitatieve Informatie 1988 - 1989, augustus 1988 ..... ƒ 20,-
42. Optimalisering van de stikstofvoeding van consumptie-aardappelen. Ir. C.D. van Loon en J.F. Houwing, januari 1989 ..... ƒ 20,-
43. Jaarboek 1987/'88, februari 1989 ..... ƒ 35,-
44. Bouwplan en vruchtopvolging. Ir. T.G.F.M. Aerts en ir. W.A.M. Kromwijk, maart 1989 ... ƒ 20,-
45. Werkplan 1989, april 1989 ..... ƒ 10,-
46. Jaarverslag 1988, april 1989 ..... ƒ 15,-

47. Handboek voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond, augustus 1989 ... f 35,-
48. Kwantitatieve informatie 1989 - 1990. Ing. W.P. Noordam en ir. L.A.J. van de Wiel, oktober 1989 ... f 20,-
49. Jaarboek 1988/'89, oktober 1989 ... f 35,-
50. Geïntegreerde akkerbouw naar de praktijk, maart 1990. Dr. P. Vereijken en ir. F.G. Wijnands ... f 15,-
51. Werkplan 1990, april 1990 ... f 10,-
52. Jaarverslag 1989, juni 1990 ... f 15,-
53. Kwantitatieve informatie 1990 - 1991, september 1990 ... f 25,-
54. Jaarboek 1989/1990, december 1990 ... f 35,-
55. Werkplan 1991, februari 1991 ... f 15,-
56. Jaarverslag 1990, mei 1991 ... f 15,-
57. Kwantitatieve Informatie 1991 -1992, september 1991 ... f 25,-
58. Jaarboek 1990/1991, oktober 1991 ... f 35,-
59. Bedrijfshygiëne in de praktijk. Ir. Y. Hofmeester ... f 15,-
60. Werkplan 1992, februari 1992 ... f 10,-
61. Jaarverslag 1991, april 1992 ... f 15,-
62. Verspreiding van onkruiden en planteziekten met dierlijke mest - een risico-analyse .. Ir. A.G. Elema en dr. ir. Scheepens, augustus 1992 ... f 15,-
63. Kwantitative Informatie 1992-1993, september 1992 ... f 30,-
64. Jaarboek 1991/1992, oktober 1992 ... f 45,-

**Themaboekjes**

2. Vruchtwisseling, februari 1981 ... f 7,50
3. Consumptie-aardappelen, december 1982 ... f 10,-
4. Snijmaïs, maart 1984 ... f 10,-
5. Zomergerst, november 1985 ... f 10,-
6. Kwaliteitszorg bij de teelt van witlof, december 1985 ... f 10,-
7. Organische stof in de akkerbouw, februari 1986 ... f 10,-
8. Geïntegreerde bedrijfssystemen, november 1988 ... f 15,-
9. Vruchtwisseling, november 1989 ... f 15,-
10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw, maart 1990 ... f 15,-
11. Bewaring van vollegrondsgroenten, december 1990 ... f 15,-
12. Bodemgebonden plagen en ziekten van aardappelen, november 1991. ... f 15,-

**OBS - uitgaven**

1. Verslag over 1980 (mei 1983) ... f 25,-
2. Verslag over 1981 (december 1983) ... f 25,-
3. Verslag over 1982 (mei 1984) ... f 25,-
4. Verslag over 1983 (augustus 1985) ... f 20,-
5. Verslag over 1984 (augustus 1986) ... f 20,-
6. Verslag over 1985 (mei 1988) ... f 20,-
7. Verslag over 1986 (april 1991) ... f 15,-
8. Verslag over 1987 (december 1991) ... f 15,-
9. Verslag over 1988 (februari 1992) ... f 15,-

**Teelthandleidingen**

1. Blauwmaanzaad, april 1977 ... f 5,-
2. Zaaiuien, maart 1985 ... f 10,-

4. Bleekselderij, september 1977 ..... ƒ 5,-
11. Prei, december 1985 ..... ƒ 10,-
12. Witlof, augustus 1989 ..... ƒ 20,-
13. Voederbieten, april 1983 ..... ƒ 10,-
14. Doperwten, augustus 1983 ..... ƒ 10,-
15. Bestrijding van onkruiden in suikerbieten (incl. de gids "Akker-onkruiden en hun kiemplanten ƒ 15,-"), maart 1985 ..... ƒ 12,50
16. Knolvenkel, maart 1984 ..... ƒ 10,-
17. Sluitkool, mei 1985 ..... ƒ 10,-
18. Bloemkool, oktober 1985 ..... ƒ 10,-
19. Sla, oktober 1985 ..... ƒ 10,-
21. Suikerbieten, december 1986 ..... ƒ 15,-
22. Andijvie, augustus 1987 ..... ƒ 10,-
23. Wintertarwe, september 1987 ..... ƒ 15,-
24. Kroten, juli 1988 ..... ƒ 15,-
25. Luzerne, september 1988 ..... ƒ 15,-
26. Graszaad, oktober 1988 ..... ƒ 15,-
27. Stamslabonen, november 1988 ..... ƒ 15,-
28. Teelt van droge erwten, maart 1989 ..... ƒ 15,-
29. Teelt van augurken, november 1990 ..... ƒ 15,-
30. Teelt van knolselderij, november 1990 ..... ƒ 15,-
31. Teelt van spruitkool, november 1990 ..... ƒ 15,-
32. Teelt van rabarber, februari 1991 ..... ƒ 15,-
33. Teelt van tuinbonen, maart 1991 ..... ƒ 15,-
34. Teelt van vlas, april 1991 ..... ƒ 15,-
35. Teelt van triticale, april 1991 ..... ƒ 10,-
36. Teelt van peen, juni 1991 ..... ƒ 20,-
37. Teelt van schorseneren, oktober 1991 ..... ƒ 15,-
38. Teelt van spinazie, november 1991 ..... ƒ 15,-
39. Teelt van plantuien, november 1991 ..... ƒ 15,-
40. Teelt van radicchio, november 1991 ..... ƒ 10,-
41. Teelt van winterrogge, december 1991 ..... ƒ 10,-
42. Teelt van witte asperge, december 1991 ..... ƒ 15,-
43. Teelt van boerenkool, maart 1992 ..... ƒ 15,-
44. Teelt van rammenas, april 1992 ..... ƒ 15,-
45. Teelt van zomergerst, juni 1992 ..... ƒ 20,-
46. Teelt van peterselie en bladselderij, oktober 1992 ..... ƒ 10,-
47. Teelt van groene asperges, november 1992 ..... ƒ 15,-

**Korte teeltbeschrijvingen**

1. Teunisbloemen, maart 1986 ..... ƒ 5,-
3. Paksoi en amsoi, augustus 1986 ..... ƒ 5,-
4. Bosui, december 1986 ..... ƒ 5,-
7. Courgette en pompoen, december 1988 ..... ƒ 5,-
8. Chinese kool, november 1989 ..... ƒ 10,-

**Niet opgenomen in de reeks**

- Bouwboek (inhoud + ringband; voor het bijhouden van uiteenlopende bedrijfsadministratie), januari 1988 ..... ƒ 35,-
- Phoma bij aardappelen. Ing. A. Schepers en ir. C.D. van Loon, maart 1988 ..... ƒ 5,-

**losse bestellingen**
U kunt losse exemplaren bestellen door het per titel vermelde bedrag over te maken op postgiro-rekening nr. 22.49.700 van het PAGV, Lelystad, met vermelding van de uitgave(n) die u wilt ontvangen.

**PAGV-jaarabonnementen**
U kunt kiezen uit de volgende abonnementen:
- **akkerbouw-praktijk:**
  bevat op de praktijk gerichte akkerbouw- en algemene informatie
- **akkerbouw-totaal:**
  bevat naast de op de praktijk gerichte informatie ook gedetailleerde onderzoekinformatie m.b.t. akkerbouw
- **vollegrondsgroente-praktijk:**
  bevat op de praktijk gerichte vollegrondsgroente- en algemene informatie
- **vollegrondsgroente-totaal:**
  bevat naast de op de praktijk gerichte informatie ook gedetailleerde onderzoekinformatie m.b.t. de vollegrondsgroenteteelt
- **totaal-praktijk:**
  bevat op de praktijk gerichte informatie, zowel voor de akkerbouw als voor de vollegrondsgroenteteelt
- **totaal-verslagen:**
  bevat indirect wel praktijkgerichte informatie, maar bestaat in principe uit gedetailleerd onderzoek-informatie, zowel voor de akkerbouw als voor de vollegrondsgroenteteelt
- **totaal-PAGV:**
  bevat alle PAGV-uitgaven.

Onderstaand schema laat zien welke PAGV-uitgaven u ontvangt bij een bepaald abonnement:

| PAGV-uitgaven | akkerbouw-praktijk | akkerbouw-totaal | vollegrondgr.-praktijk | vollegrondsgr.-totaal | totaal-praktijk | totaal-verslagen | totaal-PAGV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Werkplan | x | x | x | x | x | x | x |
| Jaarverslag | x | x | x | x | x | x | x |
| Jaarboek | x | x | x | x | x | | x |
| Kwantitatieve Informatie | x | x | x | x | x | | x |
| publikaties akkerbouw | x | x | | | x | | x |
| publikaties vollegrondsgroenteteelt | | | x | x | x | | x |
| publikaties algemeen | x | x | x | x | x | | x |
| teelthandleidingen akkerbouw | x | x | | | x | | x |
| teelthandl. vollegrondsgroenteteelt | | | x | x | x | | x |
| verslagen akkerbouw | | x | | | | x | x |
| verslagen vollegrondsgroenteteelt | | | | x | | x | x |
| verslagen algemeen | | x | | x | | x | x |
| prijs per jaar | *f*100,- | *f*175,- | *f*75,- | *f*125,- | *f*150,- | *f*100,- | *f*250,- |

U wordt abonnee door het per abonnement vermelde bedrag over te maken op postgirorekening-nummer 22.49.700 van het PAGV te Lelystad, met vermelding van het betreffende abonnement.
U ontvangt dan zonder verdere kosten alle betreffende uitgaven in het betreffende kalenderjaar.

N.B. Uw abonnement wordt automatisch verlengd voor een volgend jaar. Wijziging/opzegging van het abonnement is schriftelijk mogelijk tot 1 november van het abonnementjaar.