

Seriewerk

~~0175~~

NN 36654

---

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

---

# Themadag maïs

naar een evenwicht tussen milieu en economie

inhoudelijke redactie : ir. W. van Dijk  
ing. D.A. van der Schans  
ir. B.A. ten Hag

technische redactie : ing. H. Bosch

Themaboekje nr. 19  
november 1995

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0644 3754

PROEFSTATION  
**agv**  
LELYSTAD

Edelhertweg 1  
Postbus 430  
8200 AK Lelystad

Tel. 0320 - 291111  
Fax. 0320 - 230479

lsh 557262

Bibliothek TEELT  
Vakgroep Agronomie  
LU - Wageningen

---

# Inhoudsopgave

---

<b>Voorwoord</b> .....	<b>6</b>
<b>Praktijkonderzoek maïsteelt</b> .....	<b>7</b>
<i>ir. B.A. ten Hag (PAGV)</i>	
- Inleiding .....	7
- Organisatie praktijkonderzoek .....	7
- Programmering van het onderzoek .....	8
- Overzicht onderzoek voedergewassen PAGV/ROC's .....	10
- Huidige onderzoeksprogramma .....	11
<b>Maïs telen met minder verlies van mineralen</b> .....	<b>12</b>
<i>ir. J.J. Schröder (AB-DLO) en ir. W. van Dijk (PAGV)</i>	
- Schets van de problematiek .....	12
Inleiding .....	12
Wat is efficiënt? .....	12
Nitraatgehalte van het grondwater .....	12
Residuele stikstof .....	13
Mineralenoverschot .....	14
Recovery .....	19
Gewas-, perceels- en teeltkarakteristieken .....	19
Gewas .....	20
Perceel .....	20
Teelt .....	22
Samenvattend .....	23
- Maatregelen om de verliezen te beperken .....	23
Inleiding .....	23
Fijnregeling van de giften .....	23
Verbeteren van temporele afstemming .....	25
Toedieningstijdstip organische mest .....	25
Gebruik van groenbemester en wintergewassen .....	25
Gedeelde N-giften .....	28
Uitstel van de zaaitijd .....	29
Ruimtelijke afstemming .....	29
Efficiëntie-verschillen tussen rassen .....	31
Bedrijfsverband .....	33
- Aanbevelingen voor de praktijk .....	34
<b>Schone maïs met minder onkruidbestrijdingsmiddelen</b> .....	<b>38</b>
<i>dr.ir. R.Y. van der Weide, ing. D.A. van der Schans, drs. A.T. Krikke (PAGV)</i> <i>en ir. H. Liefjijn (IKC-RSP)</i>	
- Inleiding .....	38
- Mechanische bestrijding .....	39

Eggen voor opkomst .....	39
Eggen na opkomst .....	40
Schoffelen .....	40
Opbrengst .....	40
Strategie .....	41
- Aangepast doseren .....	41
Benodigde dosering .....	41
Remming onkruidontwikkeling .....	44
- Economie en milieu .....	44
- Ervaringen in de praktijk .....	45
Mechanisch .....	45
Aangepast doseren .....	46
Pleksgewijs ingrijpen .....	46
- Aanbevelingen voor de praktijk .....	47
Preventie .....	47
Bestrijding .....	47
<b>Maïsteelt op droogtegevoelige gronden .....</b>	<b>49</b>
<i>ing. D.A. van der Schans (PAGV), H. Everts (PR) en ing. F. Verstraten (IKC-RSP)</i>	
- Inleiding .....	49
- Droogte en voedergewassen .....	49
Neerslagtekort en bodemvochtvoorraad bij maïs .....	50
Gewasreactie maïs op droogte .....	50
Reacties overige voedergewassen op droogte .....	52
Relatie waterverbruik - gewasproductie .....	52
Reactie en herstel bij droogte .....	54
Strategie bij gewaskeuze .....	54
- Droogterisico's beperken .....	56
Bodemkundige maatregelen .....	56
Teeltmaatregelen .....	57
- Voedergewassen en droogte in bedrijfsverband .....	57
- Aanbevelingen voor de praktijk .....	59
<b>Belang van vruchtwisseling bij maïs .....</b>	<b>61</b>
<i>ir. W. van Dijk (PAGV), ir. J.J. Schröder (AB-DLO), ing. J.M.A. Nijssen (PR)</i> <i>en H. Everts (PR)</i>	
- Inleiding .....	61
- Opbrengsteffecten .....	61
Maïs in akkerbouwrotaties .....	62
Wisselbouw .....	62
- Bodempathogenen .....	64
Wortelverbruining .....	64
Aaltjes .....	66
Overige plagen en ziekten .....	67
Fysische bodemvruchtbaarheid .....	67
- Onkruidbeheersing .....	68
- Rendabiliteit wisselbouw .....	68

Uitgangspunten .....	69
Economie .....	70
- Milieukundige effecten .....	72
Inzet gewasbeschermingsmiddelen .....	72
Beperking nutriënten-emissies .....	72
- Aanbevelingen voor de praktijk .....	74
<b>Met (snij)maïs naast gras een milieuvriendelijker rantsoen voor de koe?</b>	<b>76</b>
<i>ing. W.J. Bruins, IKC Landbouw-RSP</i>	
- Inleiding .....	76
- Stikstof- en fosforbalans gemiddelde melkkoe .....	76
- Verbetering benutting van stikstof en fosfor nodig .....	77
- Verbetering stikstofbenutting .....	77
- Bijvoeren in de zomer .....	78
- Verbetering verteerbaarheid .....	78
- Effect verminderde stikstofuitscheiding op ammoniak-emissie .....	79
- MKS en CCM .....	80
- Verbetering fosforbenutting .....	80
- Aanbevelingen voor de praktijk .....	81
<b>Wat kost (milieuvriendelijke) maïsteelt melkveehouder?</b>	<b>83</b>
<i>ir. F. Mandersloot en ir. I.W. Hageman (PR)</i>	
- Inleiding .....	83
- Gangbare teelt .....	83
Uitgangspunten .....	83
Gevolgen maïsteelt op bedrijfsniveau .....	84
Invloed rasverschillen snijmaïs .....	86
Grondsoort en beregening .....	87
Resultaten andere studies .....	89
- Teeltmaatregelen ten behoeve van milieu .....	89
Varianten gericht op verlagen N-uitspoeling .....	89
Onkruidbestrijding .....	92
- Aanbevelingen voor de praktijk .....	92
Relevante publikaties .....	94

---

## Woord vooraf

---

Maïs is met ruim 230.000 ha het grootste gewas, dat bijna 30% van het bouwland inneemt. Het gewas wordt vooral akkerbouwmatig geteeld op rundveehouderijbedrijven, maar neemt ook op veel akkerbouwbedrijven een belangrijke plaats in.

De maïsteelt heeft sinds de opkomst na 1970, nu 25 jaar geleden, een sterke ontwikkeling doorgemaakt. Door teeltonderzoek en veredeling is maïs in korte tijd uitgegroeid tot een belangrijk, bedrijfszeker, hoog productief voedergewas dat eenvoudig te telen was en tolerant was voor hoge mestgiften.

Het werd echter ook steeds duidelijker dat de gangbare teeltwijze verbonden was met emissies van nutriënten en herbiciden waaraan in het kader van het milieubeleid steeds strengere voorwaarden worden gesteld.

In het PAGV-onderzoek heeft optimalisatie van de maïsteelt een belangrijke plaats. Enerzijds in het directe gewasgerichte teelten rassenonderzoek, maar anderzijds ook in het meer indirecte gewasoverschrijdende vakgerichte onderzoek. Daarbij ligt de nadruk de laatste jaren op optimalisatie van de teelt binnen de milieu-randvoorwaarden. Bij dit onderzoek wordt nauw samengewerkt met het PR, dat in de gewaskolom ook een belangrijke onderzoekstaak heeft (conservering, voeding, bedrijfsverband).

Daarnaast wordt in veel projecten samengewerkt met DLO-instituten als AB, ID en SC. Deze samenwerking weerspiegelt zich ook in het programma van deze dag, waaraan naast medewerkers van het PAGV ook het PR, AB-DLO en IKC Landbouw/RSP bijdragen.

Doel van deze themadag is om de resultaten van het maïsonderzoek over optimalisatie van de teelt binnen de veranderende randvoorwaarden met betrekking tot mestgebruik, onkruidbestrijding, beregening en dergelijke op de rij te zetten en te presenteren. Daarbij willen we een beeld schetsen van hoe bedrijfs- en milieubelangen in evenwicht kunnen worden gebracht.

Graag wil ik dankzeggen aan de onderzoekers die deze themadag hebben voorbereid. Die dank geldt ook voor alle anderen die betrokken zijn bij de uitvoering van het onderzoek.

Ik spreek de hoop uit dat de resultaten van het gepresenteerde onderzoek via acties van telers en loonwerkers zullen leiden tot verdere optimalisatie van de maïsteelt als belangrijk voedergewas.

De directeur PAGV,

*ir. A.J. Riemens*

---

# Praktijkonderzoek maïsteelt

*ir. B.A. ten Hag, PAGV*

---

## Inleiding

Akkerbouwmatig geteelde voedergewassen vormen naast gras (ruim 1 miljoen ha) een belangrijk aandeel in de rundveevoeding. Daarbij gaat het hoofdzakelijk om maïs (ruim 230.000 ha), waarvan een klein deel (circa 10.000 ha) als korrelmaïs, CCM (Corn Cob Mix) of MKS (maïskolvensilage) wordt geoogst. Voederbieten (circa 2500 ha) en luzerne (circa 6000 ha) en heleplant-silage van granen spelen een bescheiden rol.

Deze voedergewassen nemen globaal 30% van het bouwlandareaal en 20% van het areaal grasland/voedergewassen in. Ruim 60% van het maïsareaal ligt op rundveehouderijbedrijven; de rest op akkerbouw-, diervederdelings- en gemengde bedrijven. Een aanzienlijk deel van de maïs wordt dus verhandeld.

Het succes van de maïsteelt had ondermeer te maken met de relatief stabiele hoge opbrengst en kwaliteit, de eenvoudige teelt die volledig aan loonwerkers kon worden uitbesteed en de tolerantie voor continue teelt en hoge giften dierlijke mest. De keerzijde was dat de maïsteelt een milieu-onvriendelijk imago heeft gekregen, omdat de gangbare teeltwijze vaak gepaard ging met emissies van nutriënten en herbiciden.

Het praktijkonderzoek heeft sinds de opkomst van de teelt, nu 25 jaar geleden, een belangrijke bijdrage geleverd in de ontwikkeling van een oogstzekere, productieve maïsteelt. De laatste 10 jaren heeft dit onderzoek zich voornamelijk gericht op de mogelijkheden in te spelen op de toenemende milieu-eisen, met andere woorden op het ontwikkelen van een meer duurzame maïsteelt.

## Organisatie praktijkonderzoek

Het praktijkonderzoek wordt uitgevoerd door sectorgerichte proefstations, elk met een aantal regionale onderzoekcentra (ROC's). Het gaat hierbij om toegepast onderzoek waarvan de resultaten direct toepasbaar zijn voor de teler. Het praktijkonderzoek over de teelt van maïs en andere voedergewassen wordt uitgevoerd door het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV). Voor wat betreft de conservering en voedingsaspecten is dit een taak voor het Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR). Bij dit praktijkonderzoek aan voedergewassen wordt overigens, waar dat gewenst is, nauw samengewerkt tussen PAGV en PR. Dit is enerzijds het geval bij onderzoeksvragen waarbij zowel de teelt als de conservering/voeding een rol spelen, bijvoorbeeld bij het onderzoek naar het optimale oogstregime bij luzerne. Anderzijds is dit het geval bij onderzoeksprojecten waarin naast voedergewassen ook grasland een rol speelt, zoals bij het onderzoek naar wisselbouw maïs-gras en bij het onderzoek naar de gewaskeuze en -teelt bij beregeningsbeperkingen.

Daarnaast wordt in verschillende projecten samengewerkt met het fundamentele onderzoek op de DLO-instituten dat in tegenstelling tot het praktijkonderzoek sterk discipline- of te wel vakgericht is.

Het PAGV-onderzoek aan voedergewassen wordt vanuit drie afdelingen verricht, namelijk:

- Teeltonderzoek Akkerbouw. Hierbij gaat het om gewasgericht teeltoptimalisatie-onderzoek. Voor de voedergewassen is dit vooral toegespitst op maïs en de laatste jaren in beperkte mate ook op luzerne

ne. Maar ook over andere voedergewassen is expertise aanwezig. Binnen het gewas maïs krijgt naast snijmaïs ook korrelmaïs/CCM en suikermaïs aandacht.

- Cultuur- en Gebruikswaarde Onderzoek. Hierbij gaat het om rassenonderzoek (onder andere opbrengst, voederwaarde) aan snijmaïs, korrelmaïs/CCM, luzerne, voederbieten en stoppelgewassen.
- Technisch Onderzoek in Bedrijfsverband. Hierbij gaat het om disciplinegericht gewasoverschrijdend onderzoek over onder andere beheersing bodempathogenen, onkruidbestrijdingsstrategieën, bodemvruchtbaarheid, vochtvoorziening, bedrijfssystemen-onderzoek. Waar nodig is maïs in dit onderzoek opgenomen; de resultaten zijn echter altijd vertaalbaar naar de maïsteelt.
- Daarnaast worden op ROC's-akkerbouw, weliswaar in nauwe samenwerking met het PAGV, ook eigen regionale projecten uitgevoerd. Zo is op ROC Wijnandsrade onderzoek over erosiebeperkende teeltmaatregelen verricht en wordt nu, met medefinanciering van de provincie Limburg, onderzoek gedaan naar teeltsystemen gericht op beperking van de stikstofuitspoeling op löss.

De vele proeven in het kader van het praktijkonderzoek over de teelt van voedergewassen worden vooral uitgevoerd op de ROC's in de teeltgebieden, namelijk op de ROC's-rundveehouderij te Heino en Cranendonck en de ROC's-akkerbouw te Vrededepeel, Wijnandsrade, Kooyenburg en het PAGV-proefbedrijf in Lelystad. Waar nodig worden incidenteel ook andere proefboerderijen ingeschakeld.

De financiering van het praktijkonderzoek geschiedt op 50/50-basis, dat wil zeggen 50% door de overheid en 50% door het bedrijfsleven (Landbouwschap). Aan deze bedrijfslevenbijdrage betalen alle telers via een ha-heffing mee. Daarnaast is er bij sommige projecten ook additionele financiering door bijvoorbeeld provincies, EG,

FOMA.

Het praktijkonderzoek voor de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt is momenteel sterk in beweging als gevolg van de sterke bezuiniging op het budget (30%) en de herstructurering naar een meer centrale besturing. Dit zal leiden tot een inkrimping met name ook van het aantal ROC's. In de maïsteeltgebieden blijven evenwel akkerbouw-ROC's in zuidoost-Nederland en noordoost-Nederland.

## Programmering van het onderzoek

De betrokkenheid van de doelgroep, de telers, bij de sturing van het onderzoek krijgt langs twee wegen gestalte:

- \* Via de PAC's (Programma Advies Commissies) per gewasgroep waarin alle geledingen uit de gewaskolom vertegenwoordigd zijn. Voor maïsteelt is dit de werkgroep maïs/voedergewassen van het Nederlands Graan Centrum. Overigens wordt momenteel gewerkt aan een concentratie van de PAC's in één PAC-Akkerbouw. Op basis van de meerjarenvisies van deze PAC's en richtinggevendeleideleidsnota's van bedrijfsleven en overheid worden de hoofdaandachtspunten voor de langere termijn bepaald. Op dit moment spitst het PAGV-ROC-onderzoek zich toe op negen speerpunten. In de meeste speerpunten krijgt maïs belangrijke aandacht (zie overzicht).
- \* Via de regionale- en landelijke programmeringscommissies voor de akkerbouw. Voor de akkerbouw zijn er vijf regionale programmeringscommissies (RPC). Hierin zijn per commissie zes telers, twee vertegenwoordigers namens toeleverende/afzethandel, één DLV-er, één PAGV-er en de regionale onderzoeker vertegenwoordigd. Deze RPC's adviseren over gewenste capaciteitsverschuivingen tussen speerpunten, inventariseren de on-



derzoeksvragen vanuit de regio en geven jaarlijks een pré-advies over alle voorstellen die vanuit de praktijk, de ROC's en het PAGV worden ingediend. De voorstellen vanuit de praktijk komen veelal via studieclubs, verenigingen voor bedrijfsvoorlichting en voorlichters. Voor de voedergewassen worden daarbij ook de voorstellen die via het rundveehouderij-circuit worden geïnventariseerd, meegenomen.

Omdat het onderzoek over voedergewassen zowel op ROC's-akkerbouw als ROC's-rundveehouderij speelt, vindt jaarlijks een Centraal Gesprek Voedergewassen plaats. Daarbij bespreken de regionale en landelijke onderzoekers uit beide circuits en het IKC alle ingediende voorstellen. Vervolgens geven ze een advies over de prioriteit c.q. aanpak voor de programmeringscommissies.

Op basis van de pré-adviezen van de RPC's geeft de Landelijke Programmerings Commissie (LPC) een eindadvies/prioriteit. In de LPC zijn per RPC twee vertegenwoordigers, DLV, IKC en PAGV aanwezig. De voorstellen die prioriteit hebben gekregen, werkt vervolgens het PAGV in samenwerking met ROC's uit in een projectaanpak en een begroting. Uiteindelijk stelt het PAV-bestuur het werkprogramma vast.

De praktijk kan dus via de ROC's (akkerbouw en rundveehouderij) onderzoeksvorstellen indienen; dit moet wel voor 1 april. Jaarlijks komen voor voedergewassen zo'n 20 à 30 voorstellen binnen. Niet alle voorstellen komen in onderzoek; deels zijn het meer voorlichtingsvragen (worden doorgegeven aan DLV), loopt er al onderzoek over de vraag of heeft de vraag geen hoge prioriteit. De indieners krijgen via de regionale onderzoekers terugkoppeling over wat er over het voorstel is afgesproken.

## Overzicht onderzoek voedergewassen PAGV/ROC's

1. Kwaliteitsverbetering/marktdifferentiatie	
- optimalisatie maairegime luzerne (in samenwerking met PR)	Cr
- zaaimethode (deltazaai) en plantgetal maïs	V
- korrelmaïsteelt voor de zetmeelindustrie (in samenwerking met NIKO, AVEBE, SIO).	V
2. Cultuur- en Gebruikswaarde Onderzoek	
- rassenonderzoek snijmaïs	KB, Hn, VP, Cr, Le
- rassenonderzoek korrelmaïs/CCM/MKS	VP, Hn, Le
- rassenonderzoek luzerne/voederbiet/stoppelgewassen.	niet in 1996
3. Vruchtwisseling/bodempathogenen	
- maïs-gras-vruchtwisseling (in samenwerking met PR, AB-DLO, LUW)	Cr
- vermeerdering/schade Pratylenchus-aaltjes.	KB, VP
4. Reductie gebruik/emissie gewasbeschermingsmiddelen	
- vermindering herbicidegebruik	
* ontwikkeling aangepaste doseringssystemen in combinatie met mechanische bestrijding	Hn, Cr, VP, Kp
* lange termijn effecten onkruidbestrijdingsstrategieën	Hn, Cr
* preventieve maatregelen (zaaitijd/vals zaaibed)	Hn
- detectiemethode, schadedrempels, bestrijding ritnaalden.	Hn
5. Optimalisering gebruik en vermindering emissie nutriënten	
- optimalisering gebruik dierlijke mest bij maïs	
* plaatsing mest (ondiepe en rijtoediening)	Hn
* verliesarme toediening op klei (in samenwerking met AB-DLO en SC-DLO)	Bo
* P-werking dierlijke mest in relatie tot toepassingsmethode	Hn, Cr
- N-rijenbemesting bij maïs (in samenwerking met AB-DLO)	V
- beperking N-uitspoeling door wintergewassen (in samenwerking met AB-DLO, SC-DLO)	V
- omvang en beperking N-verliezen op löss	Wr
- mineralisatie uit gewasresten	
* N-nawerking gescheurd grasland en luzerne (in samenwerking met PR en AB-DLO)	Cr
* N-nawerking maïsstro	Vp, Le
- lange-termijn-effecten van verlaagde mestgiften bij maïs	Hn, Wr
- interactie ras en N-benutting	Vp
- N-benutting in relatie tot wortelgroei (in samenwerking met CPRO-DLO)	V
- invloed pH bij luzerne	Kp
6. Waterbenutting	
- keuze en teelt van voedergewassen/gras bij suboptimale vochtvoorziening (in samenwerking met PR, AB-DLO, SC-DLO)	Cr, Hn
- efficiëntie inzet beregening (deskstudie).	
7. Bedrijfssystemen	
- ontwikkeling geïntegreerde teeltstrategie voor maïs op klei (in samenwerking met PR)	Le
- ontwikkeling geïntegreerde bedrijfssystemen voor ZO-zandgebied	Vp
- erosie-beperkende teeltsystemen voor maïs.	Wr

Wr = Wijnandsrade, Vp = Vredepeel, Kb= Kooyenburg, Kp= Kompas, Le = PAGV-proefbedrijf, Bo = Bouwing, Cr = Cranendonck, Hn = Heino, V = in verslagfase.

## Huidige onderzoeksprogramma

Het onderzoek over de teelt van maïs is de laatste jaren sterk gericht op mogelijkheden zo goed mogelijk in te spelen op de toenemende randvoorwaarden die het milieu-beleid oplegt (overzicht).

- \* Zo is de overheidsdoelstelling voor het fosfaatgehalte in drink- en oppervlaktewater respectievelijk 0,4 (streefwaarde voor zandgrond) en 0,15 mg P per liter. Hiertoe zijn beperkingen opgelegd aan de hoeveelheden mest die mogen worden toegediend; op dit moment 110 kg  $P_2O_5$  per ha op maïsland. Het beleid richt zich nu op evenwichtsbemesting met minimale verliesnormen. Dit vereist voor de gewasgroei een maximale benutting van de toegestane fosfaatgift.
- \* Het nitraatgehalte in grondwater op twee meter beneden de grondwaterstand mag volgens normen van de EU niet hoger zijn dan 50 mg per liter. De doelstelling voor oppervlaktewater is maximaal 2,2 mg N per liter in 2000. Hiertoe zijn naast beperking van de mestgift uitrijverboden (september tot februari) ingesteld. Op dit punt zijn vele mogelijkheden voor verbetering van de stikstofbenutting onderzocht en nog in onderzoek.
- \* Reductiedoelstelling voor ammoniakemissie met 70% in de periode 2000-2005 ten opzichte van 1980 en met 90% in 2015. Hiertoe is het gebruik van emissie-arme toedieningstechnieken van mest verplicht gesteld.
- \* In het kader van het Meerjarenplan Gewasbescherming is een reductie van het herbicidengebruik met 30% in 1995 en 50% in het jaar 2000 voorzien. In tegenstelling tot veel andere gewassen is ech-

ter bij maïs ten opzichte van 1984-1988 juist sprake van een duidelijk stijgend gebruik. Juist op dit punt wordt een grote onderzoeksinspanning verricht om bestrijdingsstrategieën te ontwikkelen met een geringere herbicide-inzet, hetgeen goed mogelijk blijkt.

- \* In verband met de verlaging van de grondwaterstand door het toenemend watergebruik (verdrogingsproblematiek) worden in enkele provincies voor grasland beregeningsbeperkingen ingesteld. Voor droogtegevoelige gronden heeft dit gevolgen voor de opbrengst. Nagegaan wordt in hoeverre door de keuze en teeltwijze van voedergewassen de gevolgen voor de ruwvoerproductie beperkt kunnen worden.
- \* Op de hellingen in Zuid-Limburg zijn maatregelen verplicht om de risico's voor watererosie te beperken. Hiertoe is onderzoek naar erosie-beperkende teeltsystemen gedaan, waarbij op onderdelen een verdere optimalisering is gewenst.

Het onderzoek is erop gericht om de teelt binnen deze milieurandvoorwaarden te optimaliseren. In de volgende artikelen wordt de stand van zaken daaromtrent weergegeven. Daarnaast wordt ingegaan op de mogelijkheden voor verbetering van de N-benutting door de koe middels het bijvoeren van maïsproducten naast gras. Tenslotte is in een economische evaluatie nagegaan in hoeverre de gewenste maatregelen van invloed zijn op het bedrijfsresultaat.

Te verwachten is dat deze onderzoeksvelden ook in de komende jaren nog veel aandacht zullen vragen.

---

# Maïs telen met minder verlies van mineralen

ir. J.J. Schröder (AB-DLO) en ir. W. van Dijk (PAGV)

---

## Schets van de problematiek

### Inleiding

Maïs bevindt zich in de eigenaardige positie dat pleitbezorgers van de teelt verwijzen naar de efficiëntie van het gewas, terwijl critici juist de inefficiëntie benadrukken. De situatie is gecompliceerd, want beiden hebben gelijk. Met iedere kg stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) die het gewas opneemt kan inderdaad veel voer respectievelijk melk geproduceerd worden. In die zin is het gewas efficiënt. Voordat aangeboden nutriënten vanuit de bodem door het gewas zijn opgenomen kan er echter veel misgaan. Dat deel van de weg van bodem naar produkt, verloopt dikwijls minder efficiënt en vormt het onderwerp van deze bijdrage. Achtereenvolgens zal worden ingegaan op criteria voor de opname-efficiëntie (paragraaf 'wat is efficiënt?'), gewas-, perceels- en teeltkarakteristieken die een rol spelen bij de opname (paragraaf 'gewas-, perceels- en teeltkarakteristieken'), maatregelen om de verliezen van nutriënten te verkleinen en hun benutting te verbeteren (paragraaf 'maatregelen om verliezen te beperken') en, tot slot, een aantal aanbevelingen voor de praktijk (paragraaf 'aanbevelingen voor de praktijk').

## Wat is efficiënt?

Er zijn diverse criteria in omloop om de efficiëntie waarmee een gewas nutriënten opneemt te beoordelen. Daarbij kan gedacht worden aan het nitraatgehalte van het grondwater onder maïspcelen, de hoeveelheid minerale bodem-N die na de oogst van het gewas achterblijft ('residuele N'), het verschil tussen aangevoerde en afgevoerde nutriënten ('nutriëntenoverschot') en de fractie van de aangevoerde nutriënten die door het gewas wordt opgenomen ('recovery').

### Nitraatgehalte van het grondwater

Metingen van het nitraatgehalte van het bovenste grondwater laten zien dat de concentratiedoelstelling (11.3 mg nitraat-N per liter) onder maïsland sterker overschreden wordt dan onder grasland of het overige bouwland (tabel 1). Ongetwijfeld hangt dit samen met het feit dat op maïsland lange tijd mestgiften zijn toegestaan die de gewasonttrekking overschreden en deze mest nog steeds N nalevert. Ook bij de gebruiksnorm die op het ogenblik van kracht is, kan met rundveedrijfmest meer werkzame N (en ook P, K en effectieve organische stof) worden aangevoerd dan geadviseerd wordt voor een optimale groei

Tabel 1. Nitraatgehalte (mg nitraat-N per liter) in het bovenste grondwater (Steenvoorden en Van Duijvenbooden, 1991) in relatie tot het bodemgebruik.

grondgebruik	provincie:	
	Gelderland	Limburg
maïsland	112	44
grasland	26	20
overig bouwland	27	39

**Tabel 2.** Aanvoer van totaal-N, werkzame N, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en effectieve organische stof (kg per ha) met rundveedrijfmest (RDM) en varkensdrijfmest (VDM) bij een gebruiksnorm van 110 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha en de afvoer met het geoogste produkt (kg per ha)

		volume (m <sup>3</sup> )	N-totaal	N-werkz.*	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	effectieve org. stof
aanvoer	RDM	65	310	185	110	420	1950 - 2250 **
	VDM	24	185	130	110	180	500 - 560
afvoer	produkt***		190	-	70	230	
afbraak	bodem		-	-	-	-	1500

\* bij injectie of intensief inwerken in april

\*\* bij een organischestof-gehalte van 60-70%

\*\*\* bij 13,5 ton drogestof per ha

(tabel 2). Omdat op sommige percelen bovendien onnodig met kunstmest-N wordt aangevuld en er geen controle plaatsvindt van de wijze waarop de op bedrijfsniveau geproduceerde mest over de diverse percelen verdeeld wordt, is het denkbaar dat de in het grondwater gevonden nitraatgehalten behalve met het verleden, ook met de huidige maïsteeltpraktijk te maken hebben.

### Residuele stikstof

Proeven geven aan dat maïs ook bij giften volgens advies, na de oogst veel minerale N in het profiel achterlaat (tabel 3). Deze N, 'residuele N' genaamd, geeft een indicatie van verliezen die in de daarop volgende winter kunnen optreden. Gewassen nemen gedurende het winterhalfjaar niet of nauwelijks N op waardoor residuele N, afhankelijk van de grondsoort en het neerslagoverschot, voor een deel zal uit- en afspoelen.

Uit meerjarige proeven blijkt dan ook dat de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar geen enkele relatie vertoont met de hoeveelheid residuele N in de voorafgaande herfst. Met name op kleigrond bestaat er onzekerheid over de mate waarin het verlies gedurende de winter moet worden geboekt op de posten denitrificatie dan wel uitspoeling. Precieze kennis daarover is belangrijk omdat nitraat-N bij denitrificatie grotendeels wordt omgezet in gasvormige N, een onschuldig bestanddeel van onze atmosfeer. In tegenstelling tot kleigrond staat voor zandbouwland vast dat N-verliezen gedurende de winter voor een groot deel aan uitspoeling zijn toe te schrijven (Schröder en Dilz, 1987; Schröder et al., 1993b; Van Dijk et al., 1995a). Ter bepaling van de gedachte: bij een grondwatervoeding van 300 mm per jaar, kan grondwater bij een inspoeling van 34 kg N per ha niet langer aan de doelstelling van 11,3 mg nitraat-N per liter voldoen. Dat

**Tabel 3.** Residuele N (0-60 cm, kg per ha) bij snijmaïs na bemesting volgens advies.

bron	grondsoort	residuele N
Schröder et al., 1993b	zand	48
Schröder et al., 1995b	zand	93
Van Dijk et al., 1995a	zand	76
Van der Schans et al., 1995	zand	92
	klei	35

betekent dat op droge zandgronden, waar tijdens het transport van nitraat naar het grondwater geen denitrificatie optreedt, niet meer dan 34 kg N per ha de bouwvoor mag verlaten. Op nattere zandgrond, waar circa de helft de nitraat kan denitrificeren, zou een kleine 70 kg N per ha mogen uitspoelen uit de bouwvoor om de inspoeling in het grondwater niet meer dan 34 kg N per ha te laten bedragen.

De ernst van het probleem bij maïs wordt duidelijker bij vergelijking met andere akkerbouwgewassen (figuur 1). De grote variatie waarmee metingen van de residuele N omgeven zijn, wordt soms als bewijs gehanteerd dat het N-aanbod en residuele N geen verband met elkaar houden. Toch is zo'n verband in proeven vrijwel altijd gevonden en bleek de resterende variatie voor een deel terug te voeren op de naverwerking van mestgiften in het verleden (òók een kwestie van N-aanbod), op weersomstandigheden tijdens de zomer (minder residuele N na een natte zomer) en op de plaats van bemonstering (meer residuele N tussen de rij dan onder de rij). Als met deze factoren rekening wordt gehouden, is residuele N wel degelijk een indicator waarmee het nutriëntenbeheer kan worden geëvalueerd. Figuur 2 geeft een aantal voorbeelden van het verband tussen N-aanbod en residuele N.

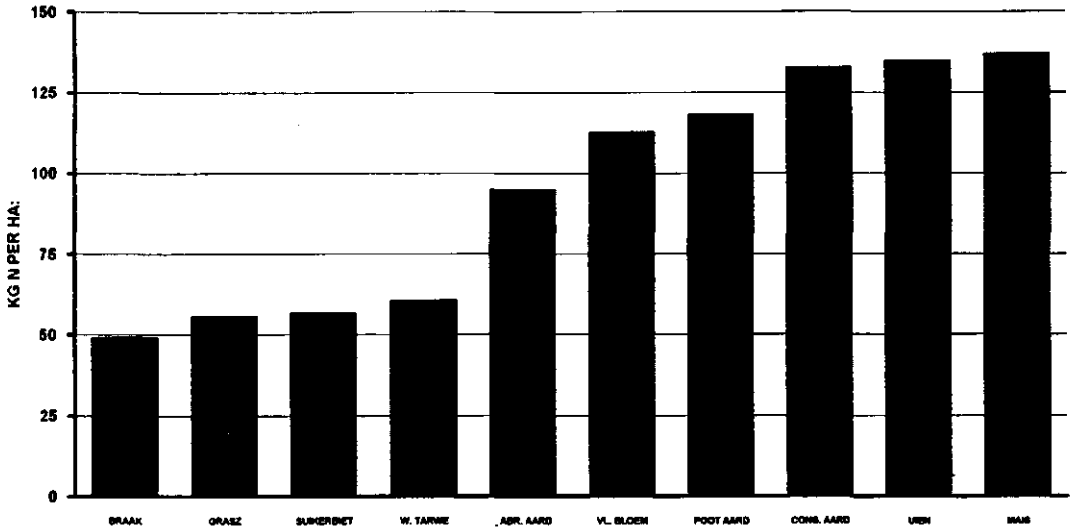
De Commissie Stikstof (Goossens en Meeuwissen, 1990) concludeerde dat in eerste instantie naar een hoeveelheid residuele N van maximaal 70 kg per ha (0-100 cm) gestreefd zou moeten worden om grondwater op regionale schaal aan de EG-richtlijn voor drinkwater (11,3 mg nitraat-N per liter) te laten voldoen. Op termijn zou dit moeten worden aangescherpt tot 45 kg N per ha. Uit tabel 3 blijkt dat alleen de bovenste 60 cm van het profiel vaak al meer dan 70 kg N per ha bevat. Om de teelt van maïs beter in overeenstemming te brengen met milieukundige

eisen, zijn aanpassingen van de bemestingstrategie nodig. Daarop wordt in de paragrafen 'maatregelen om verliezen te beperken' en 'aanbevelingen voor de praktijk' ingegaan.

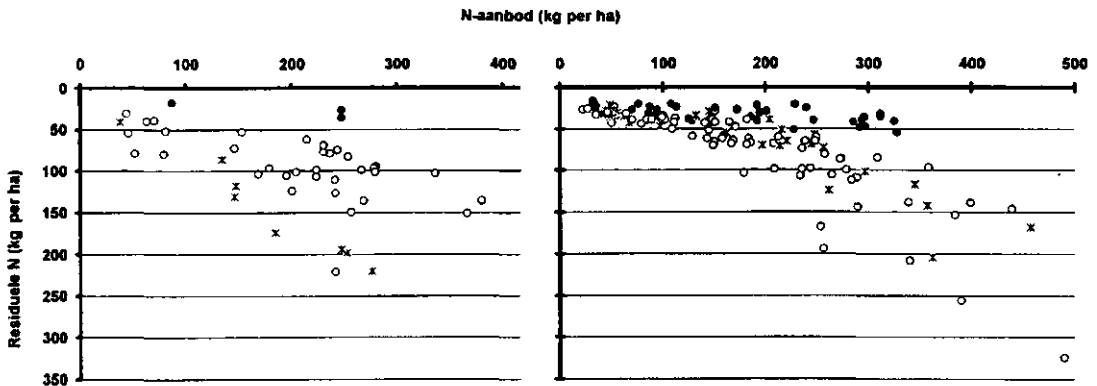
### *Mineralenoverschot*

#### Stikstof

In het kader van de mineralenboekhouding zijn nutriëntenbalansen in zwang geraakt. Invulling van een dergelijke balans voor maïs laat zien dat overschotten waarmee de teelt van maïs gepaard gaat sterk afhangen van de gekozen bemesting (tabel 4). Overschotten zijn het geringst bij gebruik van kunstmest, omdat kunstmest efficiënter gebruikt kan worden dan dierlijke mest. Dierlijke meststoffen zijn voor zover het N betreft namelijk meer dan kunstmeststoffen met een aantal onvermijdelijke verliezen behept. Organische mest bevat naast gebonden N dikwijls ammoniakale N waarvan een deel, ook bij onmiddellijk inwerken of injectie, vervluchtigt. Op kleigrond wordt organische mest vooralsnog in het najaar uitgebracht teneinde structuurschade (en daarmee een verminderde N-afvoer door de gewassen) te voorkomen. Dit heeft tot gevolg dat een deel van de minerale N in de mest gedurende de winter aan afspoelings-, uitspoelings- en denitrificatieverliezen blootstaat. Ook bij voorjaarstoediening van organische mest, echter, is slechts een deel van de aanvoer daadwerkelijk voor het gewas beschikbaar. Een deel van de mest is namelijk moeilijk afbreekbaar en komt pas aan het einde van het groeiseizoen (Lammers, 1983; Wadman en Ehlert, 1989) of op langere termijn (Dilz et al., 1990; Whitmore en Schröder, 1995) beschikbaar. Bovendien kan de toediening van verse organische mest denitrificatieverliezen vergroten. Dit komt omdat verterende organische stof een grote aanspraak maakt op zuurstof in de bodem. Hierin wordt voorzien door de afbraak van nitraat in gasvormige N en



Figuur 1. Residuele N (0-100 cm, kg per ha) bij diverse akkerbouwgewassen (gemiddelde 1990-1993; Schröder et al., 1994a).



Figuur 2. Residuele N (0-60 cm, kg per ha) in relatie tot het N-aanbod (● = nat jaar, ○ = normaal jaar, × = droog jaar; Schröder et al., 1993b; -, 1995b).

Tabel 4. N-balans voor snijmaïs, het overschot van N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en K<sub>2</sub>O (kg per ha) in relatie tot de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gebruiksnorm, de mestsoort en het toedieningstijdstip van de mest (met kunstmest-N-aanvulling als nodig volgens advies).

gebruiksnorm (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	90	90	90	90	110	110	110	110
mestsoort <sup>1</sup>	RDM	RDM	VDM	VDM	RDM	RDM	VDM	VDM
tijdstip <sup>2</sup>	v	n	v	n	v	n	v	n
<b>N:</b>								
aanvoer:								
zaaizaad	1	1	1	1	1	1	1	1
depositie	40	40	40	40	40	40	40	40
org. mest	254	254	152	152	311	311	186	186
kunstmest	3	104	56	125	0	93	34	118
TOTAAL	298	399	249	318	352	444	261	345
afvoer	189	189	189	189	189	189	189	189
overschot	109	210	60	129	163	255	72	156
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:</b>								
overschot	24	24	24	24	44	44	44	44
<b>K<sub>2</sub>O:</b>								
overschot	101	101	-95	-95	178	178	-62	-62

<sup>1</sup> RDM= rundveedrijfmest met een N-werking van 60 en 20% in, respectievelijk voor- en najaar en een N-totaal/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> verhouding van 48/17; VDM=varkensdrijfmest met een N-werking van 65 en 20% in, respectievelijk voor- en najaar en een N-totaal/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> verhouding van 76/45.

<sup>2</sup> v=voorjaar; n=najaar

zuurstof (Guenzi et al., 1978). Eén en ander heeft tot gevolg dat de N-werkingscoëfficiënt van dunne mestsoorten, ook bij voorjaarstoediening en onmiddellijk inwerken, in de regel niet hoger is dan maximaal 50-70%.

Bij jarenlang gebruik van organische mest (van dierlijke oorsprong of in de vorm van gewasresten) kan de benutbaarheid toenemen door een geaccumuleerde nawerking. Een benutbaarheid als die van kunstmest-N zal echter nooit helemaal bereikt worden om de hiervoor beschreven redenen.

Via de fosfaat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-gebruiksnorm voor dierlijke mest, heeft ook de dosering en de mestsoort invloed op het overschot. Bij een lage gebruiksnorm of bij gebruik van P-rijke mest (zoals varkensdrijfmest) is de gebruiksruijme eerder opgevuld. Daardoor is een grotere aanvulling met kunstmest-N nodig en dientengevolge is het N-overschot geringer. Ook het toedieningstijdstip

van mest heeft een zeer groot effect op het N-overschot. Bij toediening van RDM in het najaar in plaats van het voorjaar neemt het overschot, bij een P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gebruiksnorm van 110 kg per ha, met circa 100 kg N per ha toe.

Ook de afvoorzijde van de balans heeft uiteraard invloed op het overschot: als de opbrengst 1 ton drogestof per ha hoger is, is het overschot 14 kg N, 5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 18 kg kali (K<sub>2</sub>O) per ha lager. De teelt van CCM en MKS gaat met grotere overschotten gepaard dan die van snijmaïs omdat maar een deel van het gewas wordt afgevoerd en slechts een deel (naar schatting 50%) van de N die in stro achterblijft in mindering gebracht kan worden op de bemesting van een volgend gewas.

Hoewel er consensus bestaat over het feit dat overmatige N-giften in de vorm van kunstmest of organische mest, het N-over-



schot en de N-verliezen onnodig vergroten, lijkt er een soort blinde vlek te zijn voor het feit dat sub-optimale N-giften het N-overschot en de -verliezen kunnen verlagen. Ook in de N-deskstudie (Van Eck, 1995) wordt hierop, met uitzondering van grasland, niet ingegaan. Suboptimale N-bemesting lijkt echter een zeer doeltreffende maatregel om het N-overschot te verlagen omdat de marginale benutting van N bij maïs gering is. Dit betekent dat 'de laatste kg N' wellicht economisch verdedigbaar is, maar dat daarvan maar een klein deel door het gewas wordt opgenomen en in nuttig produkt wordt omgezet. Dit wordt geïllustreerd in tabel 5. Op de economische gevolgen van deze maatregel wordt ingegaan door Mandersloot en Hageman (1995).

Genoemde verkenningen zijn wel met onzekerheden omgeven omdat de langetermijneffecten van een suboptimale bemesting op de opbrengst en N-afvoer onzeker zijn (zie bijvoorbeeld Motavalli et al., 1992). Om die reden verdienen de N-balansen van bedrijven die recent op een lager bemestingsniveau zijn overgestapt, blijvende aandacht omdat die mogelijk profiteren van 'oude kracht'. In balansen wordt daar ingeteerd op de voorraad. Daarvan is in elk geval sprake bij het meest

restrictieve scenario in tabel 5. Alleen bij voldoende compensatie door middel van voorvruchten met een positieve N-balans ontstaat in dat geval een duurzaam teeltsysteem.

Met kortlopende proeven (in de orde van 2 tot 10 jaar) is vaak lastig te detecteren of bodemvoorraden wijzigen en een voorgestelde strategie duurzaam is. Dit komt omdat alleen de bouwvoor al 4000-8000 kg organisch gebonden N per ha kan bevatten. Rekenmodellen kunnen uiterst behulpzaam zijn bij het verkennen van de langetermijn-gevolgen van een bepaalde bemestingsstrategie (Wolf et al., 1989; Bradbury et al., 1993; Whitmore en Schröder, 1995).

In de N-deskstudie (Van Eck, 1995) is geconcludeerd dat kwaliteitsdoelstellingen voor grond- en oppervlaktewater op zandbouwland en kleibouwland niet gehaald zullen worden als het N-overschot (inclusief de aanvoer met depositie en biologische binding), meer dan respectievelijk 10-115 en 35-200 kg per ha bedraagt. De vermelde spreiding hangt af van de grondwaterstand (met name van belang op zandbouwland) en de arbitraire keuze of de norm voor oppervlaktewater (met name

Tabel 5. Effect van een reductie van de N-gift met 40 of 80 kg N per ha op de N-balans en de relatieve opbrengst van snijmaïs (naar Schröder et al., 1993a).

		scenario:		
		optimaal	optimaal - 40	optimaal - 80
aanvoer:	zaaizaad	1	1	1
	depositie	40	40	40
	kunstmest	180	140	100
	TOTAAL	221	181	141
afvoer	absoluut	189	174	153
	(relatief)	(100)	(92)	(81)
overschot		32	7	-12
opbrengst	(relatief)	(100)	(98)	(93)

van belang op kleibouwland) al in de kavel-sloot of pas in het afwateringskanaal bereikt dient te zijn. Beide aspecten beïnvloeden namelijk in welke mate op denitrificatie gerekend mag worden.

De gepresenteerde balansen geven aan dat de N-overschotten op maïspercelen het milieukundige toelaatbare overschot in veel gevallen overtreffen. Op zandbouwland ontstaat vooral een probleem bij een diepere grondwaterstand, op kleibouwland vooral bij gebruik van dierlijke mest in de herfst. Of op bedrijfsniveau aan normen voldaan wordt, hangt uiteraard mede af van de mate waarin het bouwplan gewassen met een gering N-overschot bevat.

#### Fosfor

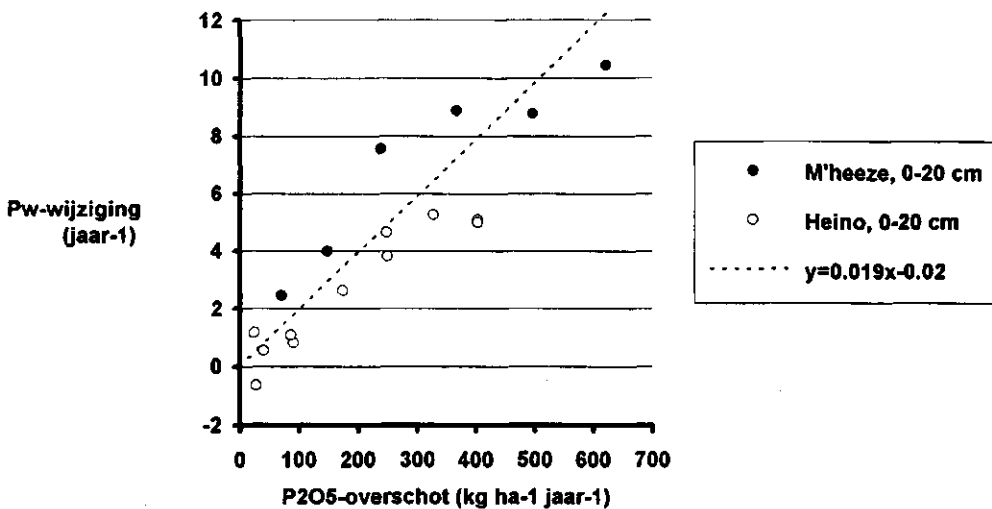
In tegenstelling tot N is voor P lange tijd gedacht dat aangevoerde P op termijn volledig benut zou kunnen worden en de gift gelijk zou kunnen zijn aan de afvoer. Dit idee werd bevestigd in meerjarige maïsproeven op zandgrond waarin de P-toestand (uitgedrukt als Pw) ongeveer gelijk bleef bij een P-overschot van nul (figuur 3). In die proeven kan een rol gespeeld hebben dat de pH in de loop van de tijd langzaam daalde zodat het geconstateerde verlies van P-totaal niet tot uiting kwam in de Pw-cijfers. In de P-desk studie is geconcludeerd dat P-verliezen onvermijdelijk zijn. Daarbij is benadrukt dat verliezen groter zijn naarmate de P-toestand hoger is. Bij Pw's niet hoger dan 45 ('ruim voldoende') werd op proefbedrijven een onvermijdbaar

verlies van 0-27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha waargenomen. Op basis van proefveldgegevens werd het onvermijdbaar verlies bij een Pw van 35 op 25-30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha geschat. Als we deze gegevens koppelen aan het huidige P-advies voor maïs, waarin een P-gift rendabel wordt geacht tot Pw's van 55, dan zal de toestand waarbij geadviseerd wordt niet meer dan de onttrekking te geven (Pw 45) niet gehandhaafd kunnen blijven. Pas bij een Pw van circa 30 ('voldoende') is het verschil tussen de adviesgift en de onttrekking voldoende om een onvermijdbaar verlies van 25-30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha te compenseren. Dit betekent dat bij een toegestaan gebruik van 110 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha uit organische mest en kunstmest samen (vergelijkbaar met de huidige gebruiksnorm voor dierlijke mest), Pw's zich naar een niveau van 30-35 ('voldoende-ruim voldoende') zullen bewegen (tabel 6).

In de P-deskstudie (Oenema en Van Dijk, 1994) is evenwel geconcludeerd dat milieukwaliteitsdoelstellingen niet gehaald worden bij een P-verlies van meer dan 1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. Meer nog dan bij N, bestaat er bij P dus een groot verschil tussen wat milieukundig wenselijk en landbouwkundig onvermijdelijk wordt geacht. Dit vraagt om de ontwikkeling van teelttechnieken die het verlies van P kunnen verkleinen. Ongetwijfeld zal daarbij niet vastgehouden kunnen worden aan het handhaven van de hoge P-toestanden die zo kenmerkend voor maïspercelen zijn.

**Tabel 6.** Fosfaatadviesgift, onttrekking, geschat verlies (Oenema en Van Dijk, 1994) en balansoverschot (adviesgift - onttrekking - verlies) in kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha en de benutting (%) in relatie tot de P-toestand (Pw).

P-toestand		adviesgift	onttrekking	verlies	overschot	benutting
45	ruim voldoende	70	70	30	-30	100
40	ruim voldoende	85	70	30	-15	82
35	ruim voldoende	105	70	30	5	67
30	voldoende	120	70	30	20	56
25	voldoende	135	70	<30	35	52



Figuur 3. Wijziging van de P-toestand (Pw, mg per liter) in relatie tot het P-overschot (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha) in meerjarige proeven in Heino (Pw circa 70) en Maarheeze (Pw circa 50) (Schröder, 1985a; -, 1985b).

### Recovery

De fractie van de aanvoer die door het gewas wordt opgenomen, doorgaans recovery genaamd, wordt in de meeste gevallen berekend door het verschil in opname tussen bemeste maïs en onbemeste maïs uit te drukken als percentage van de aangevoerde hoeveelheid meststof. De recovery van kunstmest-N ligt bij optimaal bemeste maïs met 40-60% beduidend lager dan bij granen, bieten of gemaaid grasland waar recoveries van 60-80% normaal zijn. Die lagere N-recovery is niet toe te schrijven aan de vastlegging van N in wortels en stoppels. In deze gewasresten blijft niet meer dan 15-25 kg N per ha achter. Maïs heeft met aardappelen en een aantal groenten gemeen dat de N-recovery stijgt bij suboptimale N-giften. Dit verschijnsel is mogelijk terug te voeren op de bontheid van de bodem (De Willigen et al., 1992), de ongelijkmatige verdeling van wortels door

de bodem (mede als gevolg van de rijenafstand van 75 cm (Greenwood et al., 1989) en wijzigingen van het bewortelingspatroon bij een suboptimale N-voorziening (Schröder et al., 1994). Daarnaast speelt mogelijk ook een rol dat bij het vaststellen van optimale N-giften soms berekeningsmethoden gebruikt worden die tot onnodig hoge N-giften leiden (Cerrato en Blackmer, 1990). Dat heeft per definitie lage recoveries tot gevolg.

### Gewas-, perceels- en teeltkarakteristieken

Uit het voorgaande blijkt dat bij het telen van maïs in de toekomst 'creatief gewoerd' moet worden met een (omwille van milieudoelstellingen) te beperken hoeveelheid nutriënten. Daartoe zijn de afgelopen jaren verschillende gereedschappen beproefd. Om te begrijpen waarom sommige bemestingswijzen wel, en andere niet effec-

tief zijn, is het nuttig om allereerst op een aantal gewas-, perceels- en teelteigenschappen in te gaan.

### Gewas

Vergeleken met andere gewassen verloopt de begingroei van maïs traag. Dit heeft in de eerste plaats te maken met de gevoeligheid voor koude. In combinatie met een hoge lichtintensiteit kan koude tot schade aan het fotosyntheseapparaat leiden. Dit komt tot uiting in een sterke vergeling die in de regel niets met N-gebrek te maken heeft. In tegenstelling tot de vergeling als gevolg van N-gebrek, zijn het niet de oudste maar de jongste bladeren aan de plant die verkleuren. Een tweede reden voor de trage begingroei vormt de lage plantdichtheid waardoor in het begin veel licht onbenut blijft.

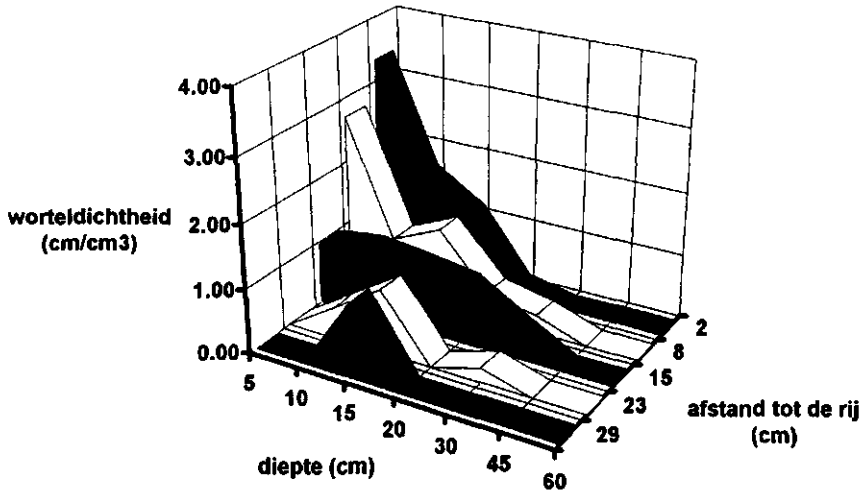
Hoewel de N-opname vooruitloopt op de drogestofproductie, is bij zaai rond 1 mei, begin juni niet meer dan 10-30 kg N per ha in het gewas aanwezig. Half juli bedraagt de N-opname 95-125 kg en medio augustus 150-200 kg per ha. Daarna vindt alleen drogestofaccumulatie plaats, maar ligt de N-opname nagenoeg stil. De mineralisatie van bodem-N gaat echter gewoon door. Bij een dagelijkse netto-mineralisatie van 0.5-1 kg N per ha (Schröder et al., 1993b; -, 1995b), kan op die wijze tot begin oktober ruim 20-40 kg N per ha in het profiel ophopen. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld bieten waarbij de N-opname tot aan de oogst doorgaat. Deze ophoping is aanzienlijk en vormt samen met de in paragraaf 'recovery' genoemde redenen voor de lage recovery, een verklaring voor de dikwijls grote hoeveelheid residuele N. Tegelijkertijd stelt het relatief late oogsttijdstip van maïs grenzen aan de mogelijkheid om alle residuele N met groenbemesters te onderscheppen. In paragraaf 'gebruik van groenbemester en wintergewassen' wordt daar nader op ingegaan.

Ook ondergronds is sprake van een 'open'

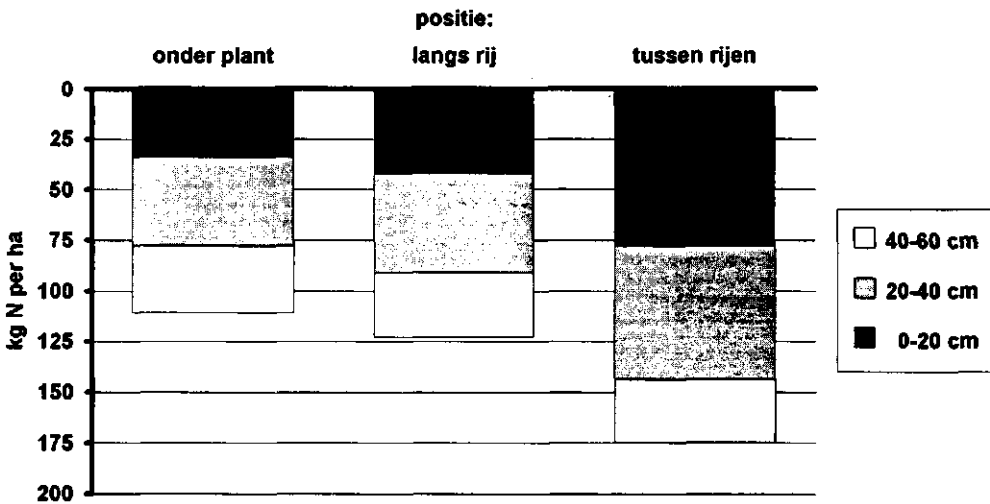
gewas. Bodemcompartimenten tussen de gewasrijen en op grotere diepte blijven aanvankelijk namelijk onbeworteld (figuur 4). Zo duurt het gemiddeld tot 6 weken na zaaien alvorens de eerste wortels uit twee naburige rijen elkaar ontmoeten. In een koud voorjaar groeien wortels minder snel en zijn bovendien minder geneigd diepere bodemlagen te exploreren. Nutriënten worden vooral in het begin met name opgenomen uit het gebied vlak onder de plant. De horizontale concentratiegradiënt die als gevolg hiervan ontstaat wordt zelfs bij een bewegelijk element als N niet altijd onmiddellijk door massastroming en diffusie genivelleerd (figuur 5). Droogte kan daarbij een rol spelen (De Willigen, 1994). In het begin van het groeiseizoen is het totale wortelstelsel klein in verhouding tot de opname. De eisen die gesteld worden aan de snelheid waarmee N per eenheid wortellengte kan worden opgenomen zijn op dat moment dan ook veel groter dan later in de tijd (figuur 6).

### Perceel

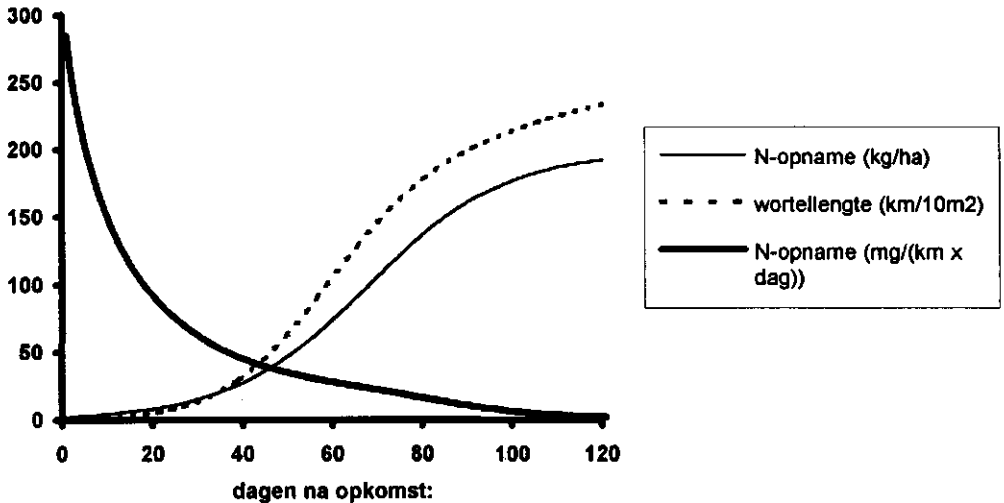
Maïs wordt voor het merendeel verbouwd op zandgrond in Oost- en Zuid-Nederland. Dit betekent dat we te maken hebben met gronden die gevoelig zijn voor uitspoeling maar ook voor verdroging. Verdroging reduceert de gewasverdamping en daarmee de productie, maar heeft ook een ongunstig effect op de transportmogelijkheden van nutriënten naar de plantenwortels toe (De Willigen, 1994). Verder hebben zandgronden een groot N-naleveringsvermogen. Dit is voor een deel het gevolg van N-immisatie vanuit de veerijke omgeving, voor een deel 'echte' nalevering die voor een belangrijk voortvloeit uit de eerder gegeven extreem hoge mestgiften. Whitmore en Schröder (1995) maakten een schatting van de mestgiften die de afgelopen 20 jaar gemiddeld op maïspercelen zijn toegediend. Ze concludeerden dat, ook over 10 jaar nog, 45-60 kg N per ha meer minerali-



Figuur 4. Bewortelingsdichtheid (cm per cm<sup>3</sup>) van maïs circa 7 weken na opkomst in relatie tot de diepte en zijdelingse positie (Schröder et al., 1994b).



Figuur 5. Verdeling van minerale bodem-N (kg per ha) onder maïs circa 7 weken na opkomst in relatie tot de diepte en zijdelingse positie (Schröder et al., 1995a).



**Figuur 6.** Stikstofopname (kg per ha), wortellengte (km per 10 m<sup>2</sup>) en dagelijkse N-opname per eenheid wortellengte (mg per km per dag) bij maïs in de loop van het groeiseizoen.

seert dan wanneer deze percelen alleen met kunstmest-N bemest waren geweest. In de bemestingsrichtlijn wordt aan dit aspect recht gedaan door een verhoging van de N-gift met 25 kg per ha te adviseren voor percelen waarop niet regelmatig organische mest wordt toegediend.

### Teelt

De teelt van maïs wordt grotendeels in loonwerk uitgevoerd. Om klant en gewas op tijd te bedienen wordt daarbij voor zware machines met een hoge capaciteit gekozen. Afhankelijk van de gebruikte banden, het weer en de bodemomstandigheden, kan dit tot bodemverdichting en gewaschade leiden. De teeltuitvoering in loonwerk staat dan ook niet altijd borg voor het scheppen van optimale groeiomstandigheden, fijnregeling van bemesting en een zo hoog mogelijke benutting van nutriënten. In regio's waar maïs geteeld wordt is dierlijke mest in ruime mate voorhanden. Om tot een evenwichtiger mineralenbalans te ko-

men verdient het de voorkeur maïs zoveel mogelijk te bemesten met de op het bedrijf aanwezige dierlijke mest. Al eerder werd aangegeven dat het gebruik van dierlijke mest het nutriëntenbeheer lastiger maakt. Maïs wordt voor een groot deel in continueelt geteeld. Van Dijk et al. (1995b) gaan in op de voor- en nadelen hiervan. Daarbij wordt ook aandacht geschonken aan de gevolgen van continueelt en vruchtwisseling voor het aanbod en de onttrekking van nutriënten. Continueelt oefent verder invloed uit op de nutriëntenhuishouding door het beperken van de mogelijkheden voor de teelt van nagewassen en de jarenlange ophoping van organische mest op één en hetzelfde perceel. Voorts is het bij continueelt met sommige mestsoorten lastig om het ene element op een gewenst niveau te doseren zonder verrijking of uitmeining van een ander element of een ongewenste wijziging van het organischestof-gehalte. Bij vruchtwisseling bestaan hiervoor betere mogelijkheden. Zo kan het op peil brengen van de P of K-toestand met drijfmest beter

plaatsvinden op kunstweides met weinig gevaar voor uitspoeling dan op maïsland waar dat gevaar sterker aanwezig is. Op kleigrond, waar dierlijke mest bij voorkeur in het najaar wordt toegediend, biedt de voorvrucht graan aanmerkelijk betere kansen voor een groenbemester dan de voorvrucht maïs. Beperking van N-verliezen, met behulp van een groenbemester, een probleem op zichzelf, heeft op kleigrond dan ook weinig kans van slagen na maïs.

## Samenvattend

Uit het voorgaande blijkt dat de teelt van maïs gepaard gaat met grote nutriëntenverliezen. Dit is voor een deel terug te voeren op het overmatig gebruik van dierlijke mest in het verleden. De milieukundige en landbouwkundige gevolgen hiervan blijven ook bij een restrictieve bemesting nog lang zichtbaar. Naast deze historische verklaring voor de grote verliezen, zijn ook de huidige omstandigheden waaronder maïs geteeld wordt hiervoor verantwoordelijk. Deze omstandigheden hebben betrekking op gewas-, perceels- en teeltkarakteristieken. Bemestingstrategieën dienen hierop te worden afgestemd.

## Maatregelen om de verliezen te beperken

### Inleiding

Om het conflict tussen economie en milieu te verkleinen kunnen maatregelen op bedrijfs- en perceelsniveau worden genomen. Al eerder is aangegeven dat een reductie van de N-gift een zeer doeltreffende maatregel is om het N-overschot te beperken, zelfs als dit tot enige opbrengstderving leidt. Dat laatste moet uiteraard zoveel mogelijk worden voorkomen door de (beperkte) hoeveelheid meststoffen zo efficiënt mogelijk te gebruiken en lekken in het

bedrijfsysteem, waar mogelijk, te dichten. Hiervoor bestaan diverse gereedschappen die nog niet alle benut worden. Voor een deel is dat het gevolg van ontbrekende kennis. In een aantal gevallen echter is de kennis voorhanden maar worden de maatregelen vooralsnog te duur gevonden.

### Fijnregeling van de giften

In plaats van standaardgiften zou gestreefd moeten worden naar jaars- en perceelspecifieke giften. In dat kader zijn er ook voor maïs N-bemestingsrichtlijnen opgesteld die rekening houden met de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar. In de richtlijnen is een verfijning aangebracht op basis van de regelmaat waarmee in het verleden organische mest is toegediend (tabel 7). De richtlijn komt goed overeen met buitenlandse adviezen (Schröder et al., 1995b) en de bevindingen in Nederlands onderzoek van recente datum (Schröder et al., 1993b; Van der Schans et al., 1995; Van Dijk et al., 1995a). De richtlijn heeft behalve op een vroege voorjaarsbemonstering ook betrekking op een bemonstering na opkomst. Dit is geen impliciet pleidooi om de N-bemesting (deels) uit te stellen (paragraaf 'gedeelde N-giften'). Wel biedt het houvast om na een extreem nat voorjaar, tot een aanvulling over te gaan. Verder geeft het inzicht in het mineraliserend vermogen van een perceel op basis waarvan de bemesting in volgende jaren kan worden aangepast. Het zou aantrekkelijk zijn om op voorhand een schatting van de mineralisatie te maken. Mogelijk kunnen de resultaten van recent onderzoek op grasland (Hassink, 1995), ook voor bouwland toepasbaar gemaakt worden. Zelfs dan resteert het probleem dat bij aanvang van de teelt niet kan worden aangegeven wat er per saldo van de gemineraliseerde N over zal blijven. In een nat voorjaar kan N op maïsland namelijk naar onbewortelde lagen spoelen.

**Tabel 7. N-bemestingsrichtlijn voor maïs (kg per ha).**

regiem: overige kenmerken:	veel mest veehouderij, continueelt		weinig mest akkerbouw, vruchtwisseling	
bemonsteringstijdstip	maart-april	eind mei	maart-april	eind mei
bemonsteringdiepte (cm)	0-30	0-60	0-30	0-60
	180 - Nmin	210 - Nmin	205 - Nmin	210 - Nmin

In buitenlandse adviezen wordt soms rekening gehouden met de opbrengstverwachting redenerend dat de N-behoefte geringer is bij lagere opbrengsten. Diverse studies geven aan dat deze benadering de plank kan misslaan als niet tevens rekening wordt gehouden met de efficiëntie waarmee een gewas N uit de bodem opneemt (Vanotti en Bundy, 1994a; -,1994b) of de N-nalevering van een perceel (Stecker et al., 1995). Lage opbrengsten zijn soms namelijk gekoppeld aan lage efficiënties en een geringe nalevering. Zo worden podzolgronden in vergelijking met esgronden gekenmerkt door een geringere N-nalevering, grotere kansen op een ondiepe worteling en daardoor lagere opname-efficiëntie en grotere kansen op een stagnerende vraag naar N als gevolg van droogtestress. Om die reden is de opbrengstverwachting niet langer onderdeel van de N-bemestingsrichtlijn voor maïs.

In de ecologische landbouw is bijsturen op basis van meting van de hoeveelheid minerale N lastig omdat meststoffen (organische mest, vlinderbloemigen) vaak ruim van tevoren worden aangeboden. Dat betekent dat al in een vroeg stadium nauwkeurige schattingen van het N-leverend vermogen moeten worden gemaakt. Dit houdt niet in dat een regelmatige bepaling van de hoeveelheid minerale bodem-N op ecologische bedrijven zinloos is. Daarmee kan immers beoordeeld worden in hoeverre de bedrijfsvoering in volgende teelten moet worden aangepast.

In het kader van fijnregeling dienen op ecologische bedrijven ook beslissingen te

worden genomen over de mate waarin met organische mest dan wel met vlinderbloemigen in de N-behoefte moet worden voorzien (Vereijken, 1994). Zonder kunstmest kan de gewasbehoefte namelijk onmogelijk alleen met organische mest worden gedekt. De verhouding van N,  $P_2O_5$  en  $K_2O$  in snijmaïs bedraagt namelijk ongeveer 3:1:4, terwijl die in organische mest hooguit 1,5:1:3 is (en wel bij voorjaarstoediening van rundveedrijfmest). Bij gebruik van andere mestsoorten, bij najaarstoediening van organische mest of bij P- en K-toestanden die om afbouw vragen, wordt de noodzaak om met vlinderbloemigen in de N-behoefte te voorzien nog groter. Als aan dit soort overwegingen voorbijgegaan wordt, kan dit op ecologische bedrijven tot een ongewenste verrijking van de bodem met P en K leiden.

De P-toestand van bouwland is de afgelopen 20 jaar gestegen omdat het overschot kennelijk groter was dan de onvermijdelijk geachte verliezen. In het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk zandgebied heeft tweederde deel van de percelen op het ogenblik een waardering hoger dan Pw 45 (Neutel, 1994). Het routinematig toepassen van een rijenbemesting met kunstmest is dan ook niet langer op zijn plaats.

In het bemestingsadvies wordt de P-gift daarom terecht afhankelijk gesteld van de P-toestand. Ook als de toestand aanleiding tot bemesting geeft, ligt het voor de hand om eerst na te gaan in hoeverre daarin met dierlijke mest kan worden voorzien en pas daarna aanvullend kunstmest te gebruiken.



Alleen als dierlijke mest effectief kan worden aangewend op andere gewassen, is een rijenbemesting met kunstmest-P te overwegen.

## Verbeteren van temporele afstemming

### *Toedieningstijdstip organische mest*

Op gronden waar de hoofdgrondbewerking in het voorjaar kan plaatsvinden dient de toediening van organische mest tot na de winter te worden uitgesteld. Dit komt de benutting van N ten goede en verkleint de uitspoelingsverliezen (Schröder et al., 1993b). Op zandgronden is dan ook wetenschappelijk voorgeschreven dat organische mest niet tussen 1 september en 1 februari mag worden toegediend. Bij laatgezaaide gewassen is het echter twijfelachtig of toediening in februari of begin maart voldoende garantie biedt voor een hoge benutting. In het voorjaar kan N tot in juni inspoelen naar onbewortelde lagen. Dit is gebleken uit balansstudies die lieten zien dat meer N zoekraakte naarmate de balans op een geringere profieldiepte werd betrokken. Dat verklaart wellicht mede waarom maïs in proeven soms positief reageerde op een gedeeltelijk uitstel van de mestgift tot enkele weken na opkomst (Schröder et al., 1995b). Vanwege onder meer de praktische uitvoerbaarheid en tijdigheidsaspecten (paragraaf 'gedeelde N-giften') wordt deze bemestingswijze overigens niet geadviseerd. Wel lijkt het raadzaam om mest zo mogelijk vlak voor het zaaien toe te dienen en niet al weken tevoren.

Op kleigrond is men huiverig voor voorjaarstoediening van organische mest en verkiest men najaarstoediening. In lopend onderzoek wordt bevestigd dat aan voorjaarstoediening op kleigrond risico's van structuurschade verbonden zijn. De eerste resultaten van een proef met maïs op rivierklei geven aan dat de benutting van N

door voorjaarstoediening niet verbeterd wordt (tabel 8). Daarbij kan een rol gespeeld hebben dat het voorjaar van 1994 extreem nat was. Als voorjaars- en najaarstoediening van dierlijke mest op kleibouland met evengrote verliezen gepaard gaan, kan dit betekenen dat snijmaïstelende melkveehouders hun dierlijke mest bij voorkeur op grasland dienen uit te rijden en hun maïs beter met kunstmest kunnen bemesten.

### *Gebruik van groenbemester en wintergewassen*

Uit onderzoeksgegevens van Hengsdijk (1992) en Postma (1995) blijkt dat de N-recovery van mest die in het najaar wordt toegediend vaak niet hoger is dan 20%. Toevoeging van nitrificatieremmers heeft geen of slechts een gering effect (Van Enckevoort, 1988) en ook toevoeging van stro of het gebruik van groenbemers draagt maar in beperkte mate bij aan een verbetering van de benutting (Hengsdijk, 1992; Postma, 1995). Dit wordt bevestigd door onderzoeksgegevens van Schröder en Ten Holte (1995). Zij vonden dat tijdig gezaaide grasgroenbemers weliswaar in staat waren om circa 70% van de minerale N die in het najaar is toegediend, op te nemen, maar dat van de N die in de bovengrondse delen van de groenbemester was opgeslagen (gemiddeld 96 kg per ha) door onbemeste suikerbieten en aardappel gemiddeld niet meer dan respectievelijk 40 en 30% werd opgenomen. Vermoedelijk speelt het te vroege destructietijdstip (op kleigrond gewoonlijk november) daarbij een belangrijk rol (Thorup-Kristensen, 1994). De N-rijkdom van het materiaal en de heersende temperaturen kunnen niet voorkomen dat een groot deel van de groenbemester-N voortijdig mineraliseert en verloren gaat.

De benutting van groenbemester-N kan hoger zijn wanneer het materiaal niet mine-

**Tabel 8.** Effecten van het uitstel van de hoofdgrondbewerking en de toediening van organische mest (RDM) van herfst naar voorjaar op de N-benutting ('recovery') en het N-overschot bij maïs op kleigrond (ongepubliceerde gegevens van Ten Holte; De Bouwing, 1994).

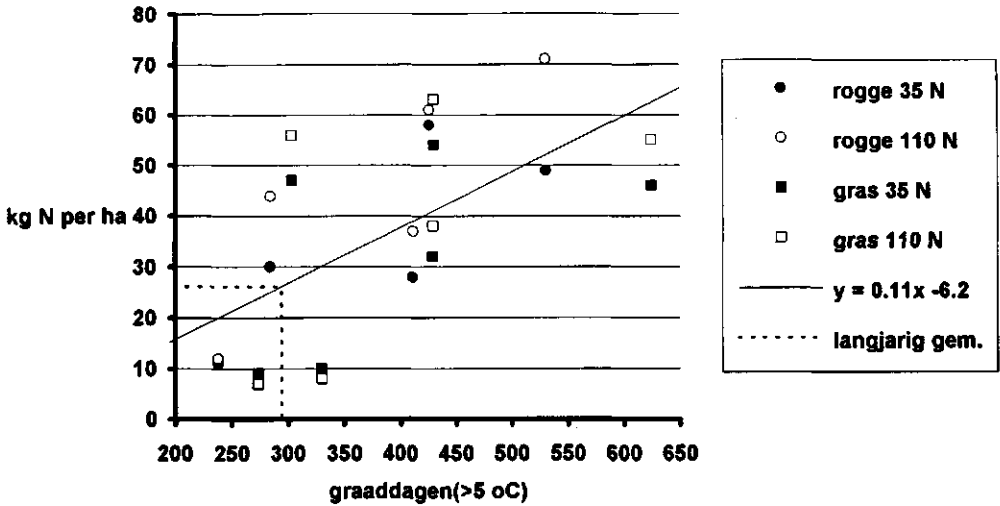
tijdstip van: ploegen	mesttoediening	RDM (kg N per ha)*	kunstmest (kg N per ha)	N-benutting (%)	N-overschot (kg N per ha)
herfst	-	0	150	41	-14
herfst	herfst	151	0	0	50
herfst	voorjaar	172	0	5	61
voorjaar	-	0	150	18	27
voorjaar	herfst	151	0	7	44
voorjaar	voorjaar	172	0	4	69

\* op basis van N-totaal

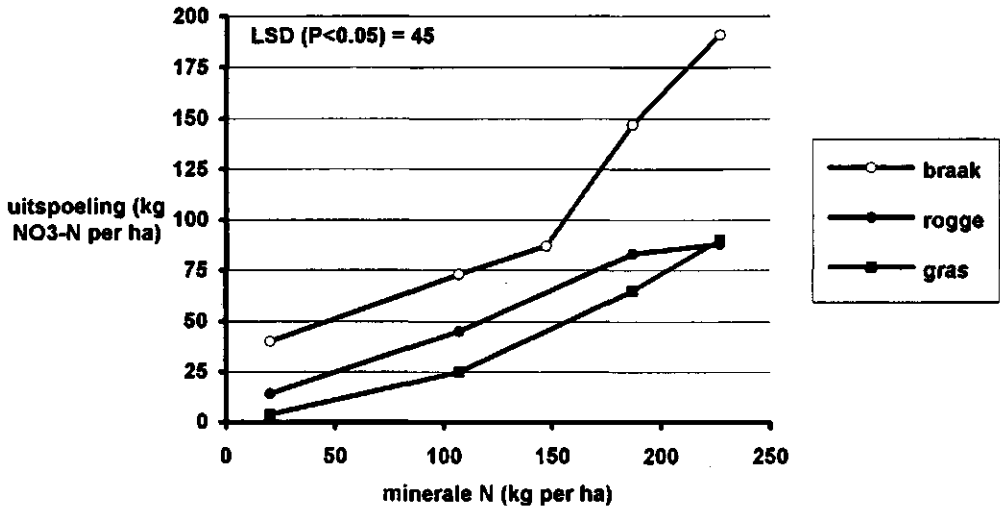
raliseert gedurende de winter. Zo vonden Van Dijk et al. (1995a) dat maïs gemiddeld 70 en 50% van de N uit respectievelijk, ondergeploegde rogge en Italiaans raigras opnam. Deze proef vond plaats op zandgrond waar het tijdstip van de hoofdgrondbewerking toelaat dat groenbemesters gedurende de winter intact blijven. In een dergelijk geval is het gebruikelijk om de groenbemester wintergewas te noemen. Overigens kan het te lang intact laten van wintergewassen eveneens een negatief effect hebben op de N-beschikbaarheid voor volggewassen (Scott et al., 1987; Waggener, 1989a; -, 1989b; Wyland et al., 1995). Dit is toe te schrijven aan het feit dat C-N ratio's in het voorjaar snel kunnen toenemen waardoor de mineralisatie wordt vertraagd. Om deze reden wordt geadviseerd om wintergewassen niet later dan in maart te scheuren. Ook wordt daarmee voorkomen dat teveel vocht aan het profiel onttrokken wordt hetgeen de produktie en onttrekking van een volgend maïsgewas kan reduceren. Uit het voorgaande blijkt dat de N-onderschepping door een groenbemester niet zonder meer synoniem is met N-overdracht naar een volgende seizoen en dat wintergewassen een weloverwogen management vragen.

Na een laatriumend gewas als maïs zijn de mogelijkheden om N te onderscheppen met een nagewas beperkter dan na bijvoorbeeld granen. Figuur 7 laat zien dat de

N-opname in een groenbemester na maïs maar in beperkte mate door het N-aanbod bepaald wordt en veel sterker door de temperatuur. In milde winters kan tot 80 kg N per ha in de bovengrondse delen worden vastgelegd. In een gemiddelde winter blijft dit beperkt tot 30 kg per ha. Inclusief de vastlegging in wortels en stoppels bedraagt de totale opname 40 kg N per ha. Uit figuur 8 blijkt dat wintergewassen een gunstig effect op de nitraatuitpoeling kunnen hebben, maar dat daar wel grenzen aan zijn. De uitspoeling onder matig bemeste maïs zonder wintergewas was geringer dan die onder overbemeste maïs met wintergewas. De teelt van een wintergewas is daarmee geen excuus om niet tevens de N-aanvoer te beperken. In dat kader is het absoluut nodig om bij het vaststellen van de mestgift rekening te houden met de N-nalevering uit een voorafgaand wintergewas. Als dit niet gebeurt dan kan het onderploegen van een wintergewas leiden tot een grotere hoeveelheid residuele N na het volgend maïsgewas (tabel 9) en zijn verliezen dus slechts uitgesteld. Een volgend wintergewas zal in een gemiddelde winter immers niet en de 'gebruikelijke' hoeveelheid residuele N, en de extra hoeveelheid N kunnen opnemen. Op korte termijn kan de teelt van een wintergewas ook zonder overdracht van N naar het volgende seizoen, de uitspoeling van nitraat verlagen. Er bestaan aanwijzingen dat dit niet per se



Figuur 7. De N-opname (kg per ha) in de bovengrondse delen van wintergewassen na maïs in relatie tot de temperatuursom tussen het oogsttijdstip van maïs en het tijdstip van onderwerken (Van Dijk et al., 1995).



Figuur 8. De nitraatuitspoeling (kg nitraat-N per ha) gedurende de winter onder maïsland op 100 cm diepte in relatie tot de teelt van wintergewassen en de N-gift op het voorgaande maïsgevoel (Van Dijk et al., 1995a).

**Tabel 9.** Residuele stikstof (0-60 cm, kg per ha) bij continue snijmaïs (gemiddelde 1989-1994) in relatie tot de teelt van wintergewassen (Van Dijk et al., 1995a).

winterbehandeling	N-gift (kg minerale N per ha)	residuele N
braak	20	36 a*
	94	74 bc
	214	117 de
rogge	20	39 ab
	94	82 cd
	214	136 e
Italiaans raaigras	20	33 a
	94	85 cd
	214	142 e

\* ongelijke letters duiden op significante verschillen ( $P < 0,05$ ) in F-test

alleen een gevolg is van een tijdelijke opslag als organisch gebonden N, maar dat de aanwezigheid van een gewas als zodanig, de denitrificatie kan vergroten (Scaglia et al., 1985; Vos et al., 1994).

#### *Gedeelde N-giften*

Volledig of gedeeltelijk uitstel van N-giften tot na opkomst van het gewas, kan de temporele afstemming tussen aanbod en behoefte in beginsel verder verbeteren. Bovendien kan de gift op die manier beter worden afgestemd op perceels- en jaarspecifieke omstandigheden. Zoals aangegeven kan de hoeveelheid minerale bodem-N eind mei hiervoor als criterium worden gebruikt. Gewasanalyse (N-totaal-, nitraat-, of chlorophylgehalte) lijkt hiervoor minder geschikt. Binnen een perceel bestaat er weliswaar een redelijk verband tussen het gehalte in het gewas en de opbrengst, maar de verschillen tussen bepalingstijdstippen, percelen en jaren zijn groot. Het gewasstadium, de vochtvoorziening, de lichtintensiteit en rasverschillen spelen daarbij een rol. Gewasanalyses lijken daarom geschikter voor het detecteren van ernstige N-tekorten dan voor de fijnregeling van de bemesting.

Hoewel het op het eerste gezicht aantrek-

kelijk lijkt om N pas dan aan te bieden wanneer maïsplanten deze in versterkte mate gaan opnemen, geven de talloze proeven op dit gebied aan dat dit alleen een aantrekkelijke werkwijze is bij een sterk beperkte bewortelingsdiepte gecombineerd met een zeer hoge voorjaarsneerslag (Schröder et al., 1995a). Hiervan is in Nederland over het algemeen geen sprake. In dat geval weegt het eerder bepleite belang van een tijdige hoge N-beschikbaarheid zwaarder. Uitstel van de N-gift heeft voorts als nadeel dat een toediening in het gewas hoge eisen stelt aan machine, bodem en weer om het gewas, en in het bijzonder de wortels, niet te beschadigen. Bij gebruik van dierlijke mest is dit gevaar nog groter vanwege de zwaardere apparatuur en de noodzaak tot inwerken. Bij niet- of ondiep ingewerkte kunstmest-N moet er voldoende neerslag vallen om N en wortels met elkaar in contact te brengen. Uitgestelde N-giften kunnen onder droge weersomstandigheden dan ook leiden tot een grotere hoeveelheid residuele N (Russelle et al., 1981; Jokela en Randall, 1989).

Een ander nadeel is dat late giften, om bladverbranding te voorkomen, in het gebied tussen de rijen moeten worden toegediend. Vanuit een benuttingsoogpunt is dat

de minst geschikte, want minst doorwortel- de plaats. Optimalisering van het tijdstip en optimalisering van de plaats zijn daarmee min of meer strijdige doelen.

#### *Uitstel van de zaaitijd*

In het algemeen wordt geadviseerd om maïs zo vroeg mogelijk te zaaien. Dit komt de opbrengst en een tijdige oogst ten goede. Als gevolg hiervan zijn gewassen in een jong stadium vaak blootgesteld aan koude en natte weersomstandigheden en is de N-opnamesnelheid aanvankelijk gering. Uitstel van het zaaitijdstip (en daarmee van het toedieningsmoment van meststoffen) zou een bijzondere vorm van een betere temporele afstemming kunnen bieden. Gewassen zouden dan immers beter in staat zijn om aangeboden N te benutten omdat deze minder bloot staat aan verliezen, temeer omdat wortels de bodem sneller doorgroeien naarmate de bodemtemperatuur hoger is. Bovendien valt niet uit te sluiten dat het N-opnamepatroon bij uitgestelde zaai beter aansluit bij het mineralisatiepatroon van de bodem (Smit, 1994) zodat met een geringere N-gift kan worden volstaan. Onderzoek hiernaar vertoont tegenstrijdige resultaten.

In tegenstelling tot Schröder et al. (1995a) vonden Van der Schans et al. (1995) dat maïs bij verlate zaai geen geringere N-behoefte had. Wellicht is het interessant om hier in de toekomst nader onderzoek aan te doen omdat uitstel van de zaai mogelijk ook de P-benutting verbetert en zo de behoefte aan een hoge P-toestand beperkt. Verder kan een verlate zaai bijdragen aan de bestrijding van onkruiden door het scheppen van ruimte voor de aanleg van een vals zaaibed en een vlottere onderdrukking van onkruiden. Wel moeten deze aspecten worden afgewogen tegen negatieve effecten op de nutriëntenbenutting zoals een verhoogde kans op droogtestress en een verlate oogst.

#### Ruimtelijke afstemming

De geringe beweeglijkheid van P verklaart waarom de groei van planten vaak positief reageert op de toediening van P naast de rij (Arnold en Ten Hag, 1982). Gewassen waarvan de zijdelingse beworteling aanvankelijk beperkt is, reageren soms ook gunstig op de plaatsing van N. Dit komt vanzelfsprekend alleen tot uiting bij een beperkt aanbod. Bij maïs bestaan hierover vrij veel gegevens (tabel 10). Kunstmeststoffen zijn vanuit een technisch oogpunt aanmerkelijk eenvoudiger als rijenbemesting toe te dienen dan organische mest. Om na te gaan of ook organische mest niet toch als rijenbemesting kan worden gegeven, heeft de afgelopen twee jaar onderzoek plaatsgevonden bij maïs (Schröder et al., 1995a). Alleen bij lage mestgiften en een beperkte P-voorziening had rijenbemesting een gunstig effect op de opbrengst. Hoewel deze resultaten meer op een P- dan op een N-effect wijzen, had rijenbemesting ook een gunstig effect op de N-benutting. De gangbare teeltwijze van maïs (dat wil zeggen breedwerpig gegeven organische mest in combinatie met een rijenbemesting met kunstmest-P) ging gepaard met een relatief gering N-overschot, maar een ruim P-overschot. Afzien van de kunstmest-P verlaagde het P-overschot maar verhoogde het N-overschot (als gevolg van een geringere N-afvoer). Werd organische mest in plaats van breedwerpig als rijenbemesting gegeven, dan werd een deel van de opbrengstderiving teniet gedaan en was het N-overschot vergelijkbaar met dat van de gangbare teeltwijze. De N-recovery van de mest verbeterde eveneens (tabel 11). Dit gunstige effect van een verbeterde P-voorziening op de N-benutting werd ook door Schlegel en Havlin (1995) gevonden.

Het onderzoek naar de effecten van rijenbemesting met dierlijke mest werd noodgedwongen uitgevoerd in twee werkgangen: eerst werd mest geïnjecteerd met een sleuafstand van 75 cm en vervolgens werd

**Tabel 10.** Effecten van de plaatsing van stikstof op de relatieve drogestofopbrengst van snijmaïs.

bron	N-gift (kg per ha)	plaats:			
		geheel breedwerpig	deels breed- werpig, deels bij de rij	geheel bij de rij	tussen de rij
Schröder, 1991	80	94	99	-	-
	120	97	99	-	-
	160	100	101	-	-
Maidl, 1990	120	95	97-102	-	-
	180	100	98-99	-	-
Schröder et al., 1995a	120 *	94	-	93	90
	240 *	100	-	101	94
Maddux et al., 1991	168	100	-	108	-
Sawyer et al., 1991	293 **	-	-	109	100
Van Dijk (ongepubliceerd)	60	86	-	96	-
	90	91	-	94	-
	120	92	-	100	-
	200	100	-	102	-

\* als dierlijke mest met ruime P-voorziening

\*\* als dierlijke mest

**Tabel 11.** Relatieve drogestofopbrengst van maïs, de benutting van mest (recovery, %) en het overschot van N (kg N per ha) en fosfaat (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha) in relatie tot de wijze van mesttoediening bij een beperkte P-voorziening (Schröder et al., 1995a).

mestgift (m <sup>3</sup> per ha)	P-kunstmest* (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per ha)	toedie- ningswijze	relatieve drogestof- opbrengst	benutting	overschot:	
					N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
25	30	breedwerpig	100	26	-33	20
25	0	breedwerpig	89	23	-18	-5
25	0	rijenbemesting	97	37	-33	-7

\*als rijenbemesting met kunstmest

maïs gezaaid vlak naast deze sleuven. Inmiddels onderzoekt machinefabrikant Vredo of de rijenbemesting met dierlijke mest en de zaai van maïs in één werkgang kunnen worden uitgevoerd.

Onlangs is meerjarig onderzoek afgesloten waarin werd nagegaan of een betere verdeling van planten, evenals rijenbemesting, zou kunnen leiden tot een grotere benut-

ting van N (Van der Schans et al., 1995). Daartoe werd een vergelijking gemaakt tussen maïs bij een rijenafstand van 75 cm en 37,5 cm. Hoewel de maïs al in een vroeg stadium sterk op N reageerde, werd noch op zandgrond, noch op kleigrond een duidelijk effect op de N-opname gevonden (tabel 12). Ook de opbrengst reageerde niet op de gewijzigde plantverdeling. Kennelijk vergroot halvering van de

**Tabel 12.** N-opbrengst van snijmaïs (kg per ha) in relatie tot de N-gift en rijenafstand op klei- en zandgrond (Van der Schans et al., 1995).

grondsoort rijenafstand		zand		klei	
		75 cm	37,5 cm	75 cm	37,5 cm
N-gift (kg per ha)	0	102	111	87	91
	40	121	124	114	116
	80	142	137	137	148
	120	156	156	174	173
	200	173	166	208	209

rijafstand de aanvoermogelijkheden maar in beperkte mate of waren andere factoren dan de N-voorziening groeibepkend.

In de praktijk wordt mest veelal voor het ploegen toegediend en vervolgens diep weggeploegd, waardoor het soms lang duurt alvorens maïs kan beschikken over de in de mest aanwezige nutriënten. Door mest niet voor maar pas na het ploegen toe te dienen kan mogelijk een betere verticale afstemming tussen wortels en aangeboden meststoffen ontstaan. Onderzoek hiernaar vertoont echter tegenstrijdige resultaten. Meerjarig onderzoek op een leemhoudende zandgrond in Heino wees uit dat de ondiepe toediening van mest na het ploegen in geen enkel jaar tot een betere benutting heeft geleid. Mogelijk heeft het relatief droge weer in de betreffende onderzoeksperiode hierbij een rol gespeeld. Uit Duits onderzoek is namelijk gebleken dat ondiep, na het ploegen toe-

gediende mest met name in een nat voorjaar beter benut werd dan voor het ploegen gegeven mest (tabel 13). Overigens wordt de uitkomst van een vergelijking tussen toedieningsdiepten zoals hierboven beschreven, sterk bepaald door de ploegdiepte respectievelijk de inwerkdiepte van de mest, de mate van menging door de bouwvoor (gebruik van een voorschaaar bij het ploegen) en de mate waarin ammoniakvervluchtiging bij elk van beide toedieningswijzen effectief voorkomen wordt.

### Efficiëntie-verschillen tussen rassen

Om goed te kunnen beoordelen of er rasverschillen in nutriëntenbenutting bestaan, moet er overeenstemming bestaan over het criterium op basis waarvan rassen vergeleken zouden moeten worden. Al eerder werd aangegeven dat alleen de voeder- respectievelijk melkproductie per kg door het gewas opgenomen nutriënt,

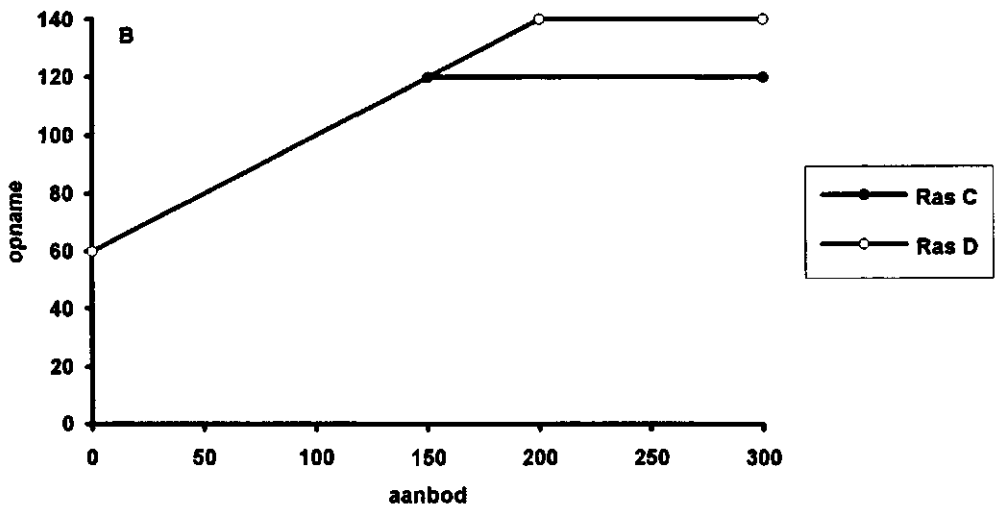
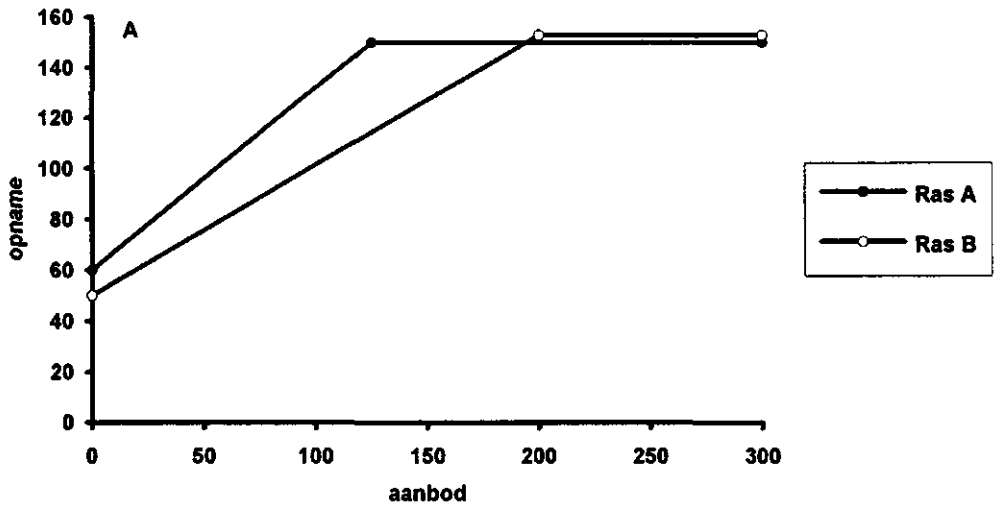
**Tabel 13.** Effecten van mesttoediening na het ploegen ten opzichte van de gangbare toediening vóór het ploegen, op de relatieve opbrengst van maïs in diverse Nederlandse en Duitse proeven.

locatie	proefjaar	weer (1mei-1juli)		relatieve opbrengst	
		neerslag (mm)	temperatuur (°C)	mest vóór ploegen	mest na ploegen
Heino <sup>1</sup>	1993	122	14,7	100	101
	1994	120	13,7	100	101
Coesfeld <sup>2</sup>	1986	168	15,5	100	113
	1987	129	10,9	100	103
Oldenburg <sup>3</sup>	1979	129	13,7	100	105
	1980	112	12,9	100	98
	1981	199	14,5	100	111

<sup>1</sup> ongepubliceerde gegevens Van Dijk

<sup>2</sup> Laurenz (1987) en aanvullende mondelinge gegevens

<sup>3</sup> mondelinge gegevens van Steffens



**Figuur 9.** Mogelijk verloop van de relatie tussen N-aanbod en N-opname bij twee rassen met eenzelfde maximale opname en verschil in recovery (A) en bij twee rassen met eenzelfde recovery en verschil in maximale opname (B).



zich maar tot één onderdeel van de keten beperkt. Onderzoek naar rasverschillen moet zich daarom ook richten op de relaties tussen het aanbod in de bodem en de opname door het gewas. Proeven waarin bij een ruime bemesting wordt nagegaan welke fractie van het aanbod door het gewas wordt opgenomen, zijn voor dat doel volkomen ongeschikt. In dat geval blijft immers onderbelicht dat sommige rassen mogelijk al bij een gering aanbod tot een hoge onttrekking kunnen komen (figuur 9A). Als verschillen in onttrekking een gevolg zijn van vroegheidsverschillen, zijn claims met betrekking tot een grotere efficiëntie evenmin terecht. In dat geval kan de lagere opbrengst c.q. onttrekking immers mogelijk al bij een lagere optimale N-gift zijn bereikt en hoeft de fractie van het aanbod dat is opgenomen door het vroegrijpe ras niet onder te doen voor dat van het laatrijpe ras (figuur 9B). Verschillen in bladrijckdom tussen rassen kunnen via de lichtonderschepping gevolgen hebben voor de produktie c.q. onttrekking. In strikte zin duidt dat niet op verschillen in nutriëntenbenutting omdat ze betrekkelijk eenvoudig teniet kunnen worden gedaan door een rasafhankelijke optimalisatie van de plantdichtheid.

Proeven waarin bovengenoemde valkuilen ontbreken zijn vooralsnog schaars. Gevonden genetische verschillen in koudegevoeligheid respectievelijk drogestofproduktie en onttrekking, de verdeling van nutriënten en drogestof over blad, stengel en wortel, de architectuur van blad en wortel (specifieke bladoppervlakte, specifieke wortellengte, bewortelingspatroon) en wortelgezondheid, doen vermoeden dat er perspectieven bestaan voor de selectie van efficiëntere rassen.

### Bedrijfsverband

Op zandgrond komt naast iedere 3 ha gras gemiddeld 1 ha maïs voor. Omdat vooral

onder gemaaid grasland doorgaans minder residuele N overblijft dan onder maïsland, is de nitraatemissie geringer naarmate het regionale grondgebruik meer uit gras bestaat. Daar staat tegenover dat ammoniakemissie die voor een deel het gevolg is van eiwitrijke grasrantsoenen, juist door de toevoeging van N-arme produkten als maïs gereduceerd kan worden. Bij vervanging van maïs door gras wordt de beperking van de nitraatemissie zodoende mogelijk gesubstitueerd door een toename van de ammoniakemissie.

Er bestaan meer wisselwerkingen tussen maatregelen op grasland en maïsland met gevolgen voor de emissies op bedrijfsniveau. Zoals aangegeven reageert de nutriëntenbenutting van maïs gunstig op het plaatsen van meststoffen. Als maïs met kunstmest bemest wordt omdat die vanuit een technisch oogpunt gemakkelijker plaatsbaar is en men tegelijkertijd terughoudend wil bemesten, heeft dit tot gevolg dat een groter deel van de geproduceerde mest op het grasland aangewend moet worden. Emissiebeperkende maatregelen op maïsland kunnen zo gevolgen hebben voor de emissie op grasland.

Op een aantal bedrijven worden maïs en gras in vruchtwisseling verbouwd met als overwegingen onder meer een betere verdeling van mest over de percelen en het beperken van braakperiodes gedurende de winter. Hoewel dit de benutting van nutriënten ten goede kan komen, brengt vruchtwisseling met zich mee dat het grasland van tijd tot tijd gescheurd wordt. Als maïs de volgvrucht is, passen de omvang, het tijdsverloop en de ruimtelijke verdeling ('breedwerpig') van de mineralisatie die volgt na het scheuren, niet altijd goed bij de voorwaarden waaraan bij maïs voldaan moet worden voor een goede benutting. Van Dijk et al. (1995b) gaan hierop nader in.

De voorgaande voorbeelden beogen duidelijk te maken dat emissiebeperkende maatregelen binnen een onderdeel van het

bedrijf, ongewenste gevolgen kunnen hebben voor een ander onderdeel. Effecten dienen daarom bij voorkeur in bedrijfsverband te worden doorgerekend. Mander-sloot en Hageman (1995) gaan hierop nader in.

## Aanbevelingen voor de praktijk

In deze bijdrage is aangegeven dat de gangbare bemestingswijze van maïs gepaard gaat met ernstige milieuproblemen. Een zorgvuldige analyse van gewas-, perceels- en teeltkarakteristieken biedt aangrijpingspunten voor een bemestingsstrategie die de genoemde milieuproblemen helpt verkleinen. Zo'n bemestingsstrategie bevat de volgende elementen:

- Mits op de juiste wijze aangewend, is dierlijke mest een zeer goed passende en volwaardige meststof bij de teelt van maïs. Gebruik kunstmeststoffen pas dan als de gewasbehoefte niet in voldoende mate of niet in de juiste verhouding kan worden gedekt met de op het bedrijf zelf geproduceerde dierlijke mest. Vanuit dat oogpunt is het routinematig toepassen van een rijenbemesting met kunstmest-P volkomen uit de tijd.
- Stem de omvang van mestgiften af op bodemvoorraden, op nalevering (door organische mestgiften in het verleden, gescheurd grasland, wintergewassen) en op het risico dat een groot deel van het aanbod onbenut blijft (droogtegevoelige percelen, koude en/of natte percelen). Leer uw percelen kennen door een regelmatige bemonstering.
- Dien meststoffen zo toe dat nutriënten snel door de wortels kunnen worden onderschept. Geef dierlijke mest op zandgrond daarom zo laat mogelijk in het voorjaar en kies een zodanige combinatie van toedieningswijze en hoofdgrondbe-

werking dat de mest niet onder in de bouwvoor terecht komt. Overweeg een deel van de mest, voorafgaand aan de zaai, nabij de voorziene plantrij toe te dienen.

- Neem bij najaarstoediening van dierlijke mest aanvullende maatregelen om nutriënten te binden, zoals het achterlaten van graanstro of de teelt van een zware groenbemester. Continue teelt van maïs is met voornoemde maatregelen niet te verenigen.
- Beperk de mestgift zoveel mogelijk, maar stuur niet aan op een strategie waarin bijbemesten na opkomst een jaarlijks terugkerend verschijnsel wordt.
- Neem een besluit tot bijbemesten met N niet op basis van de kleur van het gewas of op gewasgehalten, maar slechts op basis van grondonderzoek.
- Zaai geen maïs op koude, natte percelen. Mijd deze percelen of stel het zaaitijdstip uit.
- Voorkom het achterblijven van grote hoeveelheden residuele bodem-N met voornoemde maatregelen. Richt teeltmaatregelen op een zo vroeg mogelijke oogst, opdat het resterende residue succesvol kan worden vastgelegd met wintergewassen en geen wissel getrokken wordt op de bodemstructuur.

De beschreven bemestingsstrategie is alleen effectief bij een gelijktijdige toepassing van de verschillende elementen. Zo is de teelt van een wintergewas zinloos zonder reductie van de mestgift en is een reductie van giften minder riskant naarmate meer aandacht gegeven wordt aan het optimaliseren van het tijdstip en de plaats van toediening. Anderzijds levert laatstgenoemde optimalisering geen enkele milieubijdrage als niet tegelijkertijd ook de giften

beperkt worden tot wat het gewas werkelijk behoeft. Dat betekent dat het deel van de mest dat niet langer op maïsland wordt toegediend, nuttig in andere gewassen moet kunnen worden aangewend of anders buiten het bedrijf moet worden afgezet.

De beschreven strategie gaat onvermijdelijk met kosten gepaard. Daarbij kan gedacht worden aan investeringen in mestopslag, aangepaste toedieningsapparatuur, kosten voor bodembemonstering, kosten voor de inzaai van wintergewassen en afzetkosten voor mest. Daarnaast zijn soms concessies nodig aan de opbrengst vanwege een terughoudende bemesting, een verlate zaai-tijd of een vervroegde oogst. Toch is dit vermoedelijk de enige manier om de teelt van maïs op termijn acceptabel te laten zijn.

## Literatuur

- Arnold, G.H. en B.A. ten Hag (1982). Rijenbemesting met fosfaat bij snijmaïs. *Bedrijfsontwikkeling* 13, 403-408.
- Bradbury, N.J., A.P. Whitmore, P.B.S. Hart en D.S. Jenkinson (1993). Modelling the fate of nitrogen in crop and soil in the years following application of <sup>15</sup>N-labelled fertilizer to winter wheat. *J. Agric. Sci. Camb.* 121, 363-379.
- Cerrato, M.E. en A.M. Blackmer (1990). Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agron. J.* 82, 138-143.
- Dijk, K., J. Postmus en W.H. Prins (1990). Residual effect of long-term application of farmyard manure to silage maize. *Fert. Res.* 26, 249-252.
- Dijk, W. van, J.J. Schröder, L. ten Holte en W.J.M. de Groot (1995a). Effecten van wintergewassen op verliezen en N-benutting bij de teelt van snijmaïs. *Verslag 201*, PAGV, Lelystad, 112 pp.
- Dijk, W. van, J.J. Schröder, J.M.A. Nijssen en H. Everts (1995b). Belang van vruchtwisseling bij maïs. *Themaboekje 19*, PAGV Lelystad.
- Dijk, T.A. (1991). Naar geïntegreerde bemesting op bedrijfsniveau. *NMI*, Wageningen, 60 pp.
- Eck, G. van (1995). Stikstofverliezen en stikstofoverschotten in de Nederlandse landbouw. *Rapport van de technische werkgroep toelaatbaar stikstofoverschot*. LNV, VROM, VenW, Landbouwschap en Centrale Landbouworganisaties, Den Haag, 115 pp.
- Enckevoort, P. van (1988). Nitrificatieremmers en nitraatuitspoeling bij toediening van dierlijke mest. III Werking van nitrificatieremmers en hun effect op de N-huishouding van de bodem. *Nota 193*, IB-DLO, Haren, 58 pp.
- Goossensen, F.R. en P.C. Meeuwissen (1990). Advies van de Commissie Stikstof in opdracht van de ministeries van LNV, VenW, VROM. *DLO*, Wageningen, 93 pp.
- Greenwood, D.J., K. Kubo, I.G. Burns en A. Draycott (1989). Apparent recovery of fertilizer-N by vegetable crops. *Soil Sci. Plant Nutr.* 35, 367-381.
- Guenzi, W.D., W.E. Beard, F.S. Watanabe, S.R. Olsen and L.K. Porter (1978). Nitrification and denitrification in cattle manure amended soil. *J. Env. Qual.* 7, 196-202.
- Hassink, J. (1995). Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soils. *Proefschrift LUW*, Wageningen, 250 pp.
- Hengsdijk, H. (1992). Najaarstoediening van dierlijke mest op kleigrond. *Verslag 149*, PAGV, Lelystad, 111 pp.
- Jokela, W.E. and G.W. Randall (1989). Corn yield and residual nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agron. J.* 81, 720-726.
- Lammers, H.W. (1983). Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland Wageningen, *Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw*, 44 pp.
- Laurenz, L. (1987). Kostensparende und umweltschonende Düngung zu Maïs. *Landwirtschaftskammer Münster-Kreis Coesfeld Maïs-Informationen* 2/87, 1-4.
- Maddux, L.D., C.W. Raczowski, D.E. Kissel en P.L. Barnes (1991). Broadcast and subsurface banded urea nitrogen in urea ammonium nitrate applied to corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55, 264-267.
- Maidl, F.X. (1990). Pflanzenbauliche Aspekte einer gezielten N-Versorgung und verbesserten N-Ausnutzung. *Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch* 2, 77-87.
- Mandersloot, F. en I.W. Hageman (1995). Wat kost (milieuvriendelijke) maïsteelt melkveehouder? *Themaboekje 19*, PAGV Lelystad.
- Motavalli, P.P., L.G. Bundy, T.W. Andraski en A.E.

- Peterson (1992) Residual effects of long term nitrogen fertilization on nitrogen availability to corn. *J. Prod. Agric.* 5, 363-368.
- Neutel, H. (1994). De fosfaattoestand van bouwland in Nederland van 1971/72 tot en met 1991/92. *Meststoffen 1994*, 14-20.
- Oenema, O. en T.A. van Dijk (1994). Fosfaatverliezen en fosfaatoverschotten in de Nederlandse Landbouw. Rapport van de technische werkgroep P-deskstudie. LNV, VROM, VenW, Landbouwschap en Centrale Landbouworganisaties, Den Haag.
- Postma, S. (1995). Toediening van dierlijke mest op loess, dal- en lichte zavelgrond. Verslag 197, PAGV, Lelystad, 111 pp.
- Russelle, M.P., E.J. Deibert, R.D. Hauck, M. Stevanovic en R.A. Olsen (1981). Effects of water and nitrogen management on yield and 15N depleted fertilizer use efficiency of irrigated corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75, 593-598.
- Sawyer, J.E., M.A. Schmitt, R.G. Hoeft, J.C. Siemens en D.H. Vanderholm (1991). Corn production associated with liquid beef manure application methods. *J. Prod. Agric.* 3, 335-344.
- Scaglia, J., R. Lensi en A. Chalamet (1985). Relationship between photosynthesis and denitrification in planted soil. *Plant en Soil* 84, 37-43.
- Schans, D.A. van der, W. van Dijk en O. Dolstra (1995). Invloed van plantverdeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstofbenutting door maïs tijdens de jeugdgroei. Verslag 191, PAGV, Lelystad, 105 pp.
- Schlegel, A.J. en J.L. Havlin (1995). Corn response to long-term nitrogen and phosphorus fertilization. *J. Prod. Agric.* 8, 181-185.
- Schröder, J.J. (1985a). De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972-1982. Verslag 30, PAGV, Lelystad, 151 pp.
- Schröder, J.J. (1985b). De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze (zandgrond) 1974-1982. Verslag 31, PAGV, Lelystad, 101 pp.
- Schröder, J.J. en K. Diiz (1987). Cattle slurry and farmyard manure as fertilizers for forage maize. In: H.G. van der Meer, R.J. Unwin, T.A. van Dijk en G.C. Ennik (eds.), *Animal manure on grassland and fodder crops*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 137-156.
- Schröder, J.J. (1991). De benutting van stikstof door maïs met speciale aandacht voor de wortels. Verslag 152, CABO-DLO, Wageningen, 53 pp.
- Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, en F.G. Wijnands (1993a). Nutriëntenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen: een theoretische verkenning. Rapport 186, CABO-DLO, Wageningen, 25 pp.
- Schröder, J.J., L. ten Holte, H. van Keulen, and J.H.A.M. Steenvoorden (1993b). Effects of nitrification inhibitors and time and rate of slurry and fertilizer N application on silage maize yield and losses to the environment. *Fert. Res.* 34, 267-277.
- Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, en F.G. Wijnands (1994a). Nutriëntenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen: resultaten 1990-1993. Rapport 26, AB-DLO, Wageningen, 47 pp.
- Schröder, J.J., J. Groenwold en T. Zaharieva (1994b). Root growth and development of maize during the juvenile stage -rhizolab experiments in 1992 and 1993- Rapport 20, AB-DLO, Wageningen, 64 pp.
- Schröder, J.J. and L. ten Holte (1995). Effects of cover crops on the yield of potatoes and sugar beets. In: J.J. Schröder (ed.) *Long term reduction of nitrate leaching by cover crops*. Proceedings of 1st Workshop of EU Concerted Action 2108, AB-DLO, Wageningen (in prep.)
- Schröder, J.J., L. ten Holte en G. Brouwer (1995a). Rijbenbemesting met drijfmest. Rapport 44, AB-DLO, Wageningen, 46 pp.
- Schröder, J.J., J.J. Neeteson and I.G.A.M. Noij (1995b). Effects of early and split cattle slurry and fertilizer-N applications on the availability of soil mineral nitrogen and silage maize yield (in voorbereiding).
- Scott, T.W., J. Mt. Pleasant, R.F. Burt and 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, 792-798.
- Smit, A.L. (1994) Stikstofbenutting. In: A.J. Haverkort, K.B. Zwart, P.C. Struik en P.H.M. Dekker (eds.) *Stikstofstromen in de Vollegrondsgroenteteelt*. Themaboekje 18, PAGV, Lelystad, 9-22.
- Stecker, J.A., D.D. Buchholz, R.G. Hanson, N.C. Wollenhaupt and K.A. McVay (1995). Tillage and rotation effects on corn yield response to fertilizer nitrogen on aqualf soils. *Agron. J.* 87, 409-415.
- Steenvoorden, J.H.A.M. en W. van Duijvenbouden (1991). Nitraatuitspoeling. In: H.G. van der Meer

- (Ed.) Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maïsland. DLO-reeks Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij (10). DLO, Wageningen, 105-123.
- Thorup-Kristensen, K. (1994). The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops. *Fert. Res.* 37, 227-234.
- Vanotti, M.B. and L.G. Bundy (1994a). An alternative rationale for corn nitrogen fertilizer recommendations. *J. Prod. Agric.* 7, 243-249.
- Vanotti, M.B. and L.G. Bundy (1994b). Corn nitrogen recommendations based on yield response data. *J. Prod. Agric.* 7, 248-256.
- Vereijken, P., H. Kloen en R. Visser (1994). Innovatieproject Ecologische Akkerbouw en Groenteteelt. Eerste Voorgangrapport. Rapport 28, AB-DLO, Wageningen, 95 pp.
- Vos, G.J.M., I.M.J. Bergevoet, J.C Védý and J.A. Neyroud (1994). The fate of spring applied fertilizer N during the autumn-winter period: comparison between winter-fallow and green manure cropped soil. *Plant and Soil* 160, 201-213.
- Wadman, W.P. and Ehlert, P.A.I. (1989). Environmental effects of organic manures in sugar beet production. IIRB Proceedings 1989, 52nd Winter Congress, Bruxelles. pp. 93-101.
- Waggoner, M.G. (1989a). Time of desiccation effects on residue composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agron. J.* 81, 236-241.
- Waggoner, M.G. (1989b). Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. *Agron. J.* 81, 533-538.
- Whitmore, A.P. and J.J. Schröder (1995). Modelling the change in soil organic C and N in response to applications of slurry manure. Submitted to *Plant and Soil*.
- Willigen, P. de, W.P. Wadman en M. van Noordwijk (1992). Modelberekeningen omtrent de risico's van minerale stikstofopbouw in het najaar bij enige akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten. In: H.G. van der Meer en J.H.J. Spiertz (eds.) *Stikstofstromen in agro-ecosystemen*, CABO-DLO, Wageningen, 87-101.
- Willigen, P. de (1994). Een model voor de opname en uitspoeling van stikstof in de teelt van spruitkool en prei. In: A.J. Haverkort, K.B. Zwart, P.C. Struik en P.H.M. Dekker (eds.) *Stikstofstromen in de Vollegrondsgroenteteelt*. Themaboekje 18, PAGV, Lelystad, 58-69.
- Wolf, J., C.T. de Wit and H. van Keulen (1989). Modeling long-term crop response to fertilizer and soil nitrogen. I. The model. *Plant and Soil* 120, 11-22.
- Wyland, L.J., L.E. Jackson and K.F. Schulbach (1995). Soil-plant nitrogen dynamics following incorporation of a mature rye cover crop in a lettuce production system. *J. Agric. Sci. Cam.* 124, 17-25.

# Schone maïs met minder onkruidbestrijdingsmiddelen

dr.ir. R.Y. van der Weide, ing. D.A. van der Schans, drs. A.T. Krikke (PAGV) en ir. H. Lieflijn (IKC-RSP)

## Inleiding

Toen de overheid in samenwerking met het landbouwbedrijfsleven haar plannen opstelde om het bestrijdingsmiddelengebruik in de landbouw te verminderen (MJPG), werden in de suikerbieten de meeste onkruidbestrijdingsmiddelen gebruikt. Inmiddels is het gebruik in de bieten zoals gewenst afgenomen, maar in de maïs echter toegenomen (tabel 14). Het grootste verbruik van onkruidbestrijdingsmiddelen in Nederland komt nu op het conto van de maïs en daarmee bedreigt het gebruik in de maïs de haalbaarheid van de afgesproken reductiedoelstellingen voor herbiciden in de gehele akkerbouw.

De toename van het gebruik komt echter niet uit de lucht vallen en hangt samen met de wijze waarop maïs in Nederland wordt geteeld. De belangrijkste oorzaken zijn:

- \* Door de goedkope en gemakkelijke chemische onkruidbestrijding zoals die vele tientallen jaren toegepast is, hebben onkruiden die minder gevoelig zijn voor de gangbare middelen zich sterk kunnen uitbreiden.
- \* Doordat maïs veelal in continue teelt verbouwd wordt, treedt er te weinig afwisseling in teelt- en bestrijdingsmaatregelen op met als consequentie een snelle toename van de aan de maïs teelt aange-

paste onkruidsoorten. De onkruidbestrijding in maïs in een akkerbouwrotatie levert veel minder problemen op, maar een aantal jaren gras tussendoor is niet erg effectief om een eenmaal ontstaan probleem op te heffen verder hoofdstuk 'vruchtwisseling' in dit themaboekje).

- \* Bij het scheuren van vers grasland is de onkruiddruk veel minder problematisch, maar er wordt steeds minder vers grasland gescheurd. Dit komt niet alleen omdat er minder vers grasland is, maar ook omdat het sinds de invoering van de MacSharry-premies voor de granen en maïs minder aantrekkelijk is om grasland ten behoeve van maïs teelt te scheuren. Er wordt immers geen premie toegekend wanneer in de voorgaande vijf jaar het land permanent is gebruikt als grasland.
- \* Tenslotte wordt maïs meestal geteeld door veehouders ten behoeve van de ruwvoederverzorging. De zaai, verzorging en de oogst van het gewas wordt veelal uitbesteed aan loonwerkers. Daar de loonwerker aangesproken kan worden op het resultaat van de bestrijding, wordt vaak voor de veilige weg gekozen. In een efficiënte bedrijfsvoering worden de machines bovendien op een zo groot mogelijk areaal gebruikt. Voor de bemesting wordt drijfmest gebruikt. Onkruidzaden kunnen verslept worden met machines en met runderdrijfmest die niet

Tabel 14. Gebruik en gewenste vermindering van onkruidbestrijdingsmiddelen in maïs.

periode	gebruik in kg actieve stof per hectare	maximum gebruik volgens MJPG in kg actieve stof per hectare
1984-1988	1,8	
1993	2,3	
1995		1,3
2000		1,0

lang genoeg bewaard is (Elema en Scheepens, 1992). Bij een gebrek aan hygiënische maatregelen worden de probleem-onkruiden dan ook snel over een groot areaal verspreid.

Bekende probleemonkruiden zijn de grasachtige zaadonkruiden zoals hanepoot en gladvingergras, breedbladige zaadonkruiden met name nachtschade en melganzevoet en wortelonkruiden zoals kweek en haagwinde. In veel gevallen zijn deze onkruiden evenals de maïs ongevoelig voor triazines of zijn triazine resistente planten binnen een soort uitgeselecteerd. Er zijn specifieke herbiciden die deze onkruiden bestrijden. De meeste van deze middelen moeten op een specifiek tijdstip worden gespoten om effectief te zijn, waarbij bovendien soms speciale eisen worden gesteld aan de omstandigheden waaronder ze kunnen worden toegepast. Veelal wordt de vermeerdering van probleemonkruiden echter te laat opgemerkt. Tegen de tijd dat de gangbare werkwijze onvoldoende werkt, is er al een grote zaadvoorraad opgebouwd. Meerdere keren spuiten, toepassing van hogere doseringen en/of duurdere herbiciden gedurende vele jaren zijn het gevolg en zijn daarmee verantwoordelijk voor de geconstateerde stijging in het verbruik van onkruidbestrijdingsmiddelen in de maïs.

Een minder eenzijdige aanpak van de onkruidbestrijding kan de selectie van minder gevoelige of resistente onkruiden tegengaan. Maar ook op percelen met hoge dichtheden aan probleemonkruiden, kan men door combinaties van mechanische en een aangepaste chemische bestrijding de kosten verlagen en de effectiviteit verhogen. Bovendien is het op deze wijze mogelijk om het gebruik van chemische middelen in de maïs aanzienlijk terug te brengen.

## Mechanische bestrijding

In de periode van 1990 tot 1992 is door het PAGV een aantal onkruidbestrijdingssystemen in maïs vergeleken (Van der Schans e.a., 1993). De basis voor de onderzochte systemen was de wiedeeg. In de verschillende systemen werd het eggen eventueel nog aangevuld met aanaardend schoffelen of een combinatie van schoffelen en rijen-sputen.

### Eggen voor opkomst

Eggen voor opkomst bleek een zeer efficiënte methode om onkruiden tot en met de opkomst van de maïs praktisch volledig te bestrijden. Bovendien kan men met eggen kluiten kapot maken. Kluiten kunnen onkruiden afschermen bij eventuele bespuitingen, kunnen vlak na opkomst van de maïs eggen bemoeilijken en veroorzaken een ongelijkmatige kieming van het onkruid. Er kon gewerkt worden met een rijsnelheid van circa 12-15 km per uur. Schade ontstond alleen wanneer de tanden van de eg het zaad konden raken. De diepte-afstelling van zaaimachine (circa 6 cm) en eg (maximaal 4 cm) zijn bij deze techniek dus zeer belangrijk.

Ook is een vlakke ligging van het zaaibed vereist. Gemiddeld werd er tweemaal geegd tussen zaaien en opkomst. Dit komt neer op eens per vijf tot zeven dagen. De laatste egbewerking werd veelal uitgevoerd als de maïs in het spijkerstadium is (puntjes kiemschede net boven de grond). Hierbij trad op de proefvelden geen schade op. In de praktijk is er in een aantal gevallen wel schade opgetreden. De punten van de maïs braken af. Meestal komt de plant dan wel weer terug omdat het groeipunt dan nog enkele centimeters onder het maaiveld zit.

## Eggen na opkomst

Bij eggen na opkomst moet men echter voorzichtiger te werk gaan. De maïsplanten mogen absoluut niet met grond worden bedekt. Wanneer na opkomst het eggen werd voortgezet moest vlak na opkomst zeer voorzichtig worden gewerkt, circa 5 km per uur met slepende tanden (circa 2 cm diep). Dit voorzichtig eggen gaf tot 10% plantverlies, wat echter geen opbrengst kostte zolang nog maar rond de 100.000 planten per hectare overbleven. Met alleen eggen konden in een aantal gevallen de veldjes schoon worden gehouden. Om meer dan 90% van de onkruiden via deze methode te bestrijden waren er echter wel acht tot tien egbewerkingen nodig. Omdat langzaam en slepend eggen alleen effectief is op onkruiden in het kiemplantstadium, komt het tijdstip waarop wordt geëgd heel nauw en is een hoge frequentie vereist. Het systeem is daardoor zeer gevoelig voor verstoringen door slechte weersomstandigheden. Daarom is het vaak nodig om over te stappen op aanaardend schoffelen of schoffelen en rijenspuiten.

## Schoffelen

Vanaf het drie-vier bladstadium van de maïs (vijf-zes bladpunten zichtbaar) tot vlak

voor het sluiten van het gewas, kan er worden geschoffeld en aangeaard. Om zonder schade te kunnen schoffelen is een nauwkeurige zaaibedbereiding en zaai en een goede chauffeur nodig. Een vlakke niet te grofkluitige ligging van het zaaibed, een vaste rijenafstand en het afstemmen van de werkbreedte van zaai- en schoffel-machine zijn essentieel.

## Opbrengst

In het PAGV-onderzoek op zandgronden kon door een combinatie van eggen en schoffelen de onkruidbiomassa voor meer dan 90% bestreden worden (tabel 15). Ook grasachtige zaadonkruiden werden mechanisch goed bestreden. In principe hoeft de mechanische bestrijding geen opbrengst te kosten. Echter bij omschakeling naar een ander systeem, kunnen in het begin wat kinderziekten optreden. In het onderzoek werd in twee van de acht proeven te ondiep gezaaid, waardoor bij het na-opkomst eggen te grote plantverliezen optraden. Inclusief deze proeven werd gemiddeld nog altijd 97% van de opbrengst na chemische bestrijding binnengehaald. Mechanische bestrijding zal op de kopakkers wat meer plantverlies en structuurschade veroorzaken. Toch worden de effecten die dit op de opbrengst zou kunnen hebben vaak

**Tabel 15.** Gemiddelde relatieve maïsopbrengst en onkruidbestrijding bij verschillende onkruidbestrijdingswijzen op zandgrond (PAGV-onderzoek op Heino en Cranendonk 1990 t/m 1992 en Vredepeel in 1990 en 1991).

methode	opbrengst (% t.o.v. chemisch)	% bestrijding aantal onkruiden	% bestrijding biomassa onkruid <sup>***</sup>
alleen eggen	95 *	66	76
eggen en aanaardend schoffelen	97 *	73	92
eggen en schoffelen met rijenspuiten	97 *	87	98
onbehandeld	74 **	0	0
chemisch	100 **	91	99

\* in twee van de acht experimenten werd te ondiep gezaaid, waardoor er met het na-opkomst eggen een te groot plantverlies optrad en opbrengstreductie (dat wil zeggen gemiddelden inclusief de leerschooleffecten)

\*\* gemiddelde opbrengst na chemische onkruidbestrijding was 14,9 ton droge stof per hectare

\*\*\* in vier experimenten waargenomen



overschat. Bij een zeer negatieve schatting van 30% opbrengstreductie op de kopakkers, ligt de schade op perceelsniveau rond de 1,5%.

Op kleigrond duurt het langer voordat men na een regenbui weer het veld op kan. Desondanks werden op klei- en lössgronden in de periode 1990 tot en met 1992 goede resultaten behaald met een volledig mechanische bestrijding. Op kleigronden is de onkruiddruk meestal veel lager en staan de maïsplanten wat steviger zodat wat agressiever geëgd kan worden.

## Strategie

Een volledig mechanische bestrijding houdt gemiddeld in dat men voor opkomst twee maal en na opkomst nog twee tot drie maal moet eggen en vervolgens nog één maal moet schoffelen met daarbij fors aanaarden. Indien de eg echter een keer te laat werd ingezet of als de maïs traag groeide in een relatief koel voorjaar, werd het onkruid in de rij te groot om nog met aanaardend schoffelen te worden bestreden. Wanneer het onkruid in de rij groter is dan ca. 4 cm, moet het schoffelen worden gecombineerd met rijenspuiten. Op een biologisch bedrijf heeft men deze mogelijkheid niet. Om het risico op een restveronkruiding dan te beperken en om sowieso de mechanische bestrijding makkelijker te maken, kan een vals zaaibed en/of relatief laat zaaien overwogen worden. Indien in plaats van 20 april half mei gezaaid wordt, is de periode waarin men de maïs mechanisch schoon moet houden circa 40% korter (vier in plaats van zeven weken). Dit kost echter wel circa 1 ton drogestof-opbrengst per hectare.

## Aangepast doseren

Als door eggen de onkruiden onvoldoende kunnen worden bestreden, is dit in een zeer vroeg stadium te zien. Onkruiden die

de eerste echte blaadjes krijgen worden namelijk door langzaam en slepend eggen niet meer bestreden. Het is op dat moment duidelijk dat er chemisch moet worden ingegrepen.

De adviesdosering vermeld in de gebruiksaanwijzing van herbiciden, is gebaseerd op een betrouwbare werking onder alle omstandigheden. Een aantal belangrijke herbiciden dat in de maïs gebruikt wordt, wordt meestal pas gespoten wanneer de maïs drie tot vijf bladeren heeft en het onkruid de maïs soms overgroeit. De adviesdosering van deze producten is hierop afgestemd. Wanneer echter het onkruid kleiner is en/of de aanwezige soorten makkelijk te bestrijden zijn, is een lagere dosering ook vaak voldoende.

In 1993 en in 1994 werden door het PAGV op een zandlocatie bij ROC Aver-Heino in het tweeblad of in het vierbladstadium van de maïs verschillende doseringen van enkele veel gebruikte herbiciden gespoten (Van der Weide en Van der Schans, 1994). In eerste instantie werd het onderzoek op de bestrijding van breedbladige onkruiden gericht (de geteste herbiciden staan in tabel 16). In 1995 werd begonnen met onderzoek op een tweetal zandlocaties naar de kritische dosering na wel of niet vooropkomst eggen en welke aanpassingen in de herbicidenkeuze nodig waren om ook de hanepoot te bestrijden (tabel 17).

## Benodigde dosering

De noodzakelijke dosering hangt sterk af van de onkruidsoort en grootte, het gekozen produkt, de weersomstandigheden, de ontwikkeling van de maïs en de mogelijkheden om op een later tijdstip nog te schoffelen. Kiemplanten van melganzevoet werden na gebruik van 1/8 van de adviesdosering nog voor 98% bestreden. Naarmate de planten groter werden, was een hogere dosering nodig voor een vergelijkbaar effect (figuur 10). Bij klein onkruid

**Tabel 16.** Percentage bestrijding van de biomassa van breedbladige onkruiden na gebruik van verschillende doseringen herbiciden toegepast in het tweeblad- of in het vierbladstadium van laat gezaaide maïs (PAGV-onderzoek op Heino in 1993 en 1994).

middel* (werkzame stof) en volle dosering in kg/ha doseringen en tijdstip:	Laddok (atrazin/bentazon) met olie 4 + 3		Lido SC (terbutylazin/pyridaat) 4		Gardoprim (terbutylazin) met Litarol (bromoxynil) 1,5 + 2	
	2-blad	4-blad	2-blad	4-blad	2-blad	4-blad
1	100	100	100	100	99	100
1/2	100	99	100	100	98	100
1/4	98	99	97	98	96	84
1/8	95	91	95	96	84	82
1/16**	45	87	85	63	27	73

\* In 1993 werd ook nog atrazin met Lentagran (pyridaat) 2+1,5 getest. De resultaten (niet in tabel) waren vergelijkbaar met de Laddok en de Lido SC.

\*\* 1/16 dosering werd alleen in 1994 gespoten.

**Tabel 17.** Percentage bestrijding van de biomassa van breedbladige onkruiden en van hanepoot na gebruik van verschillende doseringen herbiciden toegepast in wel dan niet voor opkomst geaagde maïs (PAGV-onderzoek op Heino en Vredepeel in 1995).

onkruid:	eggen:	hanepoot		breedbladige onkruiden	
		+	-	+	-
middel en dosering (kg of l/ha):					
Dual voor opkomst	na opkomst				
-	0,03 Titus* + 1 atrazin + 1,5 Lentagran	99	98	100	100
-	0,03 Titus* + 1 atrazin + 0,25 Lentagran	98	99	99	99
-	0,03 Titus* + 0,25 atrazin + 0,25 Lentagran	95	98	97	99
-	0,03 Titus* + 0,25 atrazin + 1 Litarol	97	98	100	100
3,5	0,5 Lido	99	98	99	100
1	0,5 Lido	95	89	98	96
-	0,5 Lido + 1 Dual	91	80	99	100

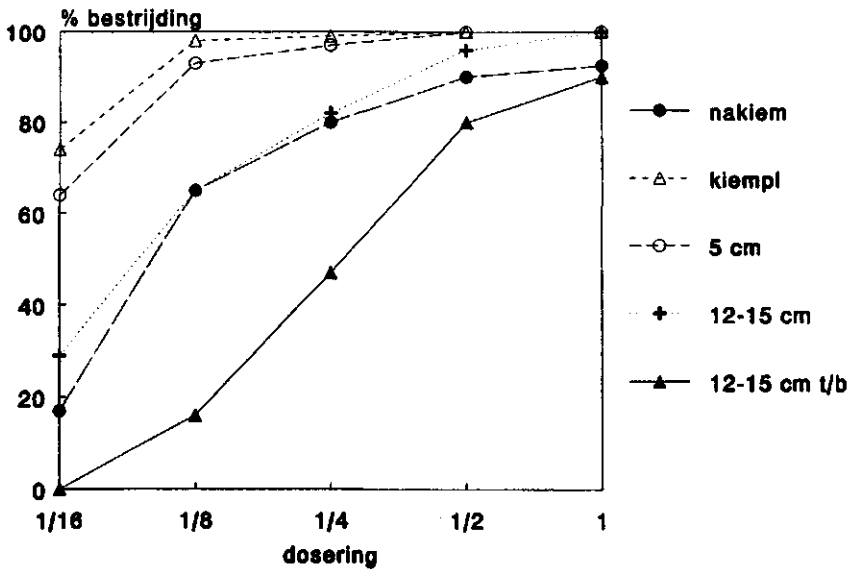
\* met 250 ml Citowett (uitvloeier)

Dual bevat metolachloor en Titus bevat Rimsulfuron; andere stoffen zie tabel 16.

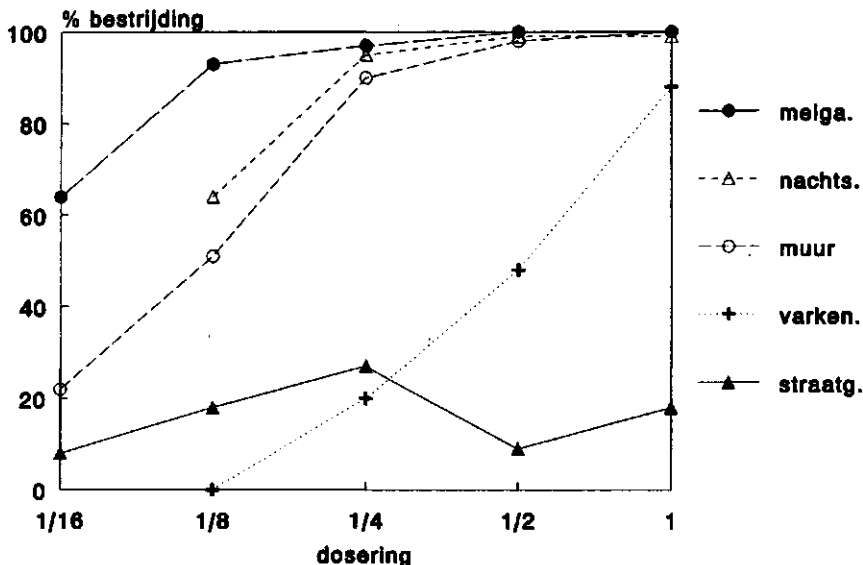
was er niet veel verschil tussen de geteste herbiciden in lagere doseringen. Grotere melganzevoetplanten werden daarentegen duidelijk minder goed bestreden door lage doseringen van de combinatie van terbutylazin en bromoxynil.

Van de op de proefvelden aanwezige soorten bleek melganzevoet het meest gevoelig. Melganzevoet en zwarte nachtschade kleiner dan 5 cm werden met een ¼ dosering van de middelen Laddok en olie en Lido SC nog goed bestreden (figuur 11). Voor muur was een halve dosering nodig

en varkensgras van 5 cm werd ook bij de volle dosering slechts voor 90% bestreden en bij de halve dosering voor 60%. Uitgesteelde polletjes straatgras werden in het geheel niet meer bestreden door de geteste herbiciden in 1993 en 1994, ongeacht de dosering. Net opgekomen straatgras werd wel bestreden door een volle dosering en verdere nakieming werd met een halve dosering nog voor 96% voorkomen. In 1995 bleken lagere doseringen waarin het produkt bromoxynil was opgenomen een betere bestrijding van veelknopigen zoals



**Figuur 10.** Het effect van verschillende doseringen van Laddok met olie, Lido SC en Gardoprim met Litarol op melganzevoet van verschillende grootte (PAGV-onderzoek op Heino in 1993 en 1994). Rondjes en driehoekjes geven het gemiddelde resultaat van de geteste producten weer; plussen geven het gemiddelde resultaat voor Laddok met olie of Lido op 12-15 cm grote planten; driehoekjes geven het gemiddelde resultaat voor Gardoprim met Litarol op 12-15 cm grote planten.



**Figuur 11.** Het effect van verschillende doseringen van Laddok met olie, Lido SC en Gardoprim met Litarol op verschillende soorten onkruiden van ca. 5 cm grootte (PAGV-onderzoek op Heino in 1993 en 1994). In de figuur zijn de gemiddelde resultaten van de drie geteste producten opgenomen.

perzikkruid en zwaluwtong te geven. De werking van de lagere doseringen tegen de breedbladigen verbeterde door 30 gram Titus met uitvloeier toe te voegen. Dit leverde ook een prima bestrijdingsresultaat van hanepoot op (tabel 17).

## Remming onkruidontwikkeling

De onkruiden die door een lagere dosering niet voor de volle 100% gedood werden, werden met uitzondering van straatgras ernstig in hun verdere groei geremd. Dit verruimt de mogelijkheden voor een eventuele verdere mechanische bestrijding aanzienlijk. Wanneer er bij relatief laat gezaaide maïs verder niet meer mechanisch werd ingegrepen, werd circa 95% vermindering van onkruidbiomassa waargenomen bij de oogst na bespuiting met 1/8 dosering Lido of Laddok in het twebladstadium van de maïs of na 1/4 dosering in het vierbladstadium (tabel 16). De grootste mogelijkheden voor lagere doseringen ontstaan wanneer er vroeg gespoten wordt, wanneer het onkruid ten opzichte van de maïs wordt vertraagd door bijvoorbeeld voor opkomst van de maïs te eggen of later, bij een hogere bodemtemperatuur, te zaaien. De dosering kan soms extra omlaag wanneer het doel van een bespuiting is het onkruid enkele weken zodanig in ontwikkeling te remmen dat er ruimte ontstaat om aanaardend te schoffelen als de maïs voldoende groot is.

## Economie en milieu

In tabel 18 zijn de kosten en het actieve-stof-gebruik weergegeven van verschillende bestrijdingssystemen in de maïs. De kosten van de bestrijding variëren sterk met de onkruidsituatie waarmee men te maken heeft en of het perceel in een waterwingebied ligt. Indien men voornamelijk te maken heeft met breedbladige onkruiden en een enkel grasje, kan meestal met één

bespuiting volstaan worden. Goedkoop is dan Laddok met olie of atrazin met Lenta-gran. Indien het perceel ligt in een waterwingebied, moet de middelenkeuze aangepast worden (bijvoorbeeld Gardoprim met Litarol en Titus met uitvloeier) en zullen de kosten hoger uitvallen (max. in tabel 18). Bij een hoge dichtheid van grassen wordt vaak twee keer gespoten, bijvoorbeeld ook met een bodemherbicide voor opkomst. Dit verhoogt de kosten aanzienlijk en het actieve-stof-gebruik is vier tot vijf maal hoger dan het streefcijfer in het MJPG voor het jaar 2000. De kosten bij een volledig mechanische strategie uitgevoerd in loonwerk zijn lager dan twee keer spuiten. Daarbij werd uitgegaan van vier tot vijf maal eggen en één maal schoffelen/aanaarden als minimum strategie en nog een keer extra schoffelen voor de maximale strategie. In de praktijk zal dit echter zeer moeilijk in loonwerk uit te voeren zijn (onvoldoende flexibiliteit, zie ook de volgende paragraaf). Indien dan gecorrigeerd moet worden met rijenspuiten, wordt de strategie meteen een stuk duurder. Het actieve stof gebruik ligt dan wel nog steeds onder de streefwaarde in het MJPG. De kosten voor een volledig mechanische strategie kunnen overigens stukken lager uitvallen indien de werkzaamheden door de teler uitgevoerd worden en hij de apparatuur gedeeltelijk toch al ter beschikking heeft (bijvoorbeeld akkerbouwer die maïs teelt, biologische veehouder). Indien de meeste werkzaamheden toch in loonwerk uitgevoerd worden, lijkt een combinatie van mechanische onkruidbestrijding (twee keer voor opkomst eggen) en een aangepaste dosering een economisch aantrekkelijk perspectief, dat ook nog voldoet aan de vereisten in het MJPG. Vooruitlopend op een meer uitvoerige evaluatie in het PAGV-onderzoek de komende jaren, is voor de economische berekening uitgegaan van een kwart dosering Laddok met olie of atrazin met Lenta-gran, voor een eenvoudige situatie zonder probleem-onkruiden als minimum. Bij het voorkomen

**Tabel 18.** Kostenvergelijking en hoeveelheid actieve-stof-gebruik bij verschillende onkruidbestrijdingssystemen in maïs.

systeem	kosten* in f/ha		actieve stof in kg/ha	
	min	max	goedkoop	duur
chemisch (1*)	160	270	1,5	1,3
chemisch (2*)	350	460	4,0	4,9
volledig mechanisch	280	380	0	0
mechanisch + rijenspuit	430	490	0,7	0,6
mechanisch +ADS	160	340	0,4	0,3

\* van middelen en uitvoer van de werkzaamheden in loonwerk

van hanepoot kan Titus met uitvloeier toegevoegd worden (+ f 75,-; niet bij Laddok en olie en niet in alle maïsrassen). Als het resultaat dan nog niet bevredigend is, kan ook nog tot aanvullend schoffelen besloten worden (max. strategie).

Duidelijk is dat er mogelijkheden zijn om de hoeveelheid gebruikte onkruidbestrijdingsmiddelen in de maïs te verminderen. Natuurlijk geeft de hoeveelheid gebruikte bestrijdingsmiddelen niet een volledig beeld ten aanzien van de milieu-effecten. De ene stof is schadelijker dan de andere stof. Met de milieumeetlat kunnen verschillende producten op hun milieu-eigenschappen vergeleken worden. Zo scoort atrazin met Lentagran beter dan Laddok met olie, Titus beter dan Dual en heeft Litarol weinig milieubelastingspunten. Dit overzicht is niet volledig en de cijfers in de milieumeetlat kunnen soms aan nieuwe inzichten aangepast worden. Voor volledige en bijgewerkte informatie wordt dan ook naar de milieumeetlat verwezen.

## Ervaringen in de praktijk

Lange tijd bestond de gangbare werkwijze uit laat spuiten op groot onkruid met hoge doseringen goedkope middelen en een lage arbeidsbehoefte. Om diverse redenen is dit niet langer een begaanbare weg. Zo komt het bij een grote dichtheid aan probleemkruiden steeds vaker voor dat er

meerdere bespuitingen nodig zijn of dat er ondanks het spuiten toch veronkruiding optreedt. De kosten van bestrijding in de praktijk stijgen, terwijl het toenemend gebruik van bepaalde herbiciden uit milieuoogpunt bepaald ongewenst is en steeds meer ter discussie staat. Bovendien beperkt men op deze wijze de gebruiksmogelijkheden van de percelen, omdat veel gewassen niet tegen de zich ophopende maïsherbiciden kunnen. Met behulp van subsidies van (provinciale) overheid en onder begeleiding van onder andere DLV wordt een stimulerend beleid gevoerd voor meer mechanische onkruidbestrijding in de maïs en andere gewassen.

## Mechanisch

In de biologische teelt, maar ook op maïspcelen in een akkerbouwrotatie (bijvoorbeeld percelen van het Gelders landschap, innovatiebedrijven akkerbouw) werden goede resultaten behaald met mechanische bestrijding. De praktijkervaringen in de maïs van veehouders zijn in het algemeen minder positief. Veelal schakelt de veehouder de loonwerker in voor de verzorging van de maïs. Loonwerkers zitten met enorme pieken in hun arbeidsfilm en het is hun vaak onmogelijk om een volledige mechanische bestrijding op grote areaal rond te zetten. Bovendien komt het nogal eens voor dat velden niet goed geploegd of bewerkt zijn en niet vlak liggen als de loonwerker komt zaaien en/of bij het

zaaien al onder het onkruid zijn gelopen. Ook wordt er nogal eens te ondiep gezaaid, waardoor zaden bij het eggen geraakt worden. Wanneer de teler zelf egt, is het al wat makkelijker om steeds op tijd te zijn. Maar ook dan raken velen gefrustreerd indien ze een keer te laat zijn (weer, inkulpen etc.), dit niet op tijd onderkennen en dan in de ergste gevallen zelfs nog met een extra hoge dosering moeten (laten) corrigeren. De positieve uitzonderingen daargelaten (wil en vakmanschap), lijkt streven naar een onkruidbestrijding in de maïs zonder chemie op dit moment voor het merendeel van de veehouders een brug te ver.

Een beperkt aantal voorlichters en loonwerkers heeft ervaring opgedaan met het gebruik van lagere doseringen al dan niet gecombineerd met voor opkomst eggen. De eerste ervaringen hiermee zijn in het algemeen positief te noemen (Boerderij, 1995). De resultaten van het vooropkomst eggen waren meestal goed, hoewel aandacht voor een goede zaaibedbereiding en zaaien ook hier essentieel bleken te zijn. Sommige loonwerkers proberen dit probleem te ondervangen door aan te bieden ook de zaaibedbereiding uit te voeren (onder andere door machines te ontwikkelen die een vooropkomst-bespuiting, de zaaibedbereiding, rijenbemesting en zaaien in één werkgang kunnen combineren).

### Aangepast doseren

Spuiten met lagere doseringen op kleiner onkruid geeft goede resultaten. Klein onkruid is duidelijk gevoeliger en afscherming van de onkruiden, de zogenaamde parapluwerking, komt minder voor. Ook de bestrijdingsmiddelenfabrikanten zijn hier reeds op ingesprongen. Zo geeft Agrevo sinds 1994 in haar voorlichtingsboodschap de mogelijkheid om Lido SC in een halve dosering vroeg in te zetten en dan bij noodzaak eventueel later de bespuiting te

herhalen. In 1995 besteden ook Rhône-Poulenc (Litarol en Bropryr) en BASF (Ladok) aandacht aan het gebruik van lagere doseringen. Arbeidstechnisch willen loonwerkers met één mengsel zoveel mogelijk percelen bespuiten en niet voor elk perceel een andere keuze maken. Daarom wordt het belangrijk, omdat het PAGV de komende jaren in onafhankelijk onderzoek vaststelt welke combinaties herbiciden en dosering het beste scoren uit oogpunt van kosten, milieu en betrouwbaarheid van werking tegen vele onkruiden en ook de duurzaamheid van de bestrijdingsstrategie op een langere termijn. Voor probleem-onkruiden wil men eventueel nog wel een apart middel toevoegen. Vroeger beginnen met spuiten met lagere doseringen en zonodig in de loop van de spuitperiode de dosering verhogen lijkt arbeidstechnisch haalbaar voor loonwerkers. Dit vereist echter wel meer vakmanschap (letten op onkruid, weer, geroen, zo vlak mogelijk veld en een goede, goed uitgebalanceerde spuit). Daar waar de loonwerker een deel van zijn winst haalt uit het groot inkopen van middelen, zal deze zijn vakmanschap moeten belonen met een verhoging van het spuitloon. Deze verhoging betaalt zich echter weer terug voor de veehouder in vermindering van de bestrijdingsmiddelenkosten. Een alternatief zou kunnen zijn dat de veehouder zelf leert onder welke omstandigheden met lagere doseringen herbiciden ook een goed resultaat bereikt kan worden.

### Pleksgewijs ingrijpen

In de praktijk blijken de probleem-onkruiden vaak op de kopkokers binnen te komen. Veelal wordt pas ingegrepen tegen de tijd dat het probleem zich over het hele perceel verspreid heeft. Uit oogpunt van milieu en kosten is het wenselijk om problemen voordat ze zich uitbreiden, pleksgewijs te behandelen. Het is te duur om de loonwerker hiervoor apart te laten komen. De veehouder kan dan beter zelf de schoffel of de

rugspruit hanteren. Het is overigens te hopen dat dit laatste ook in de toekomst mogelijk blijft. De overheid dreigt een spuitlicentie ook verplicht te stellen voor het hanteren van de rugspruit voor pleksgewijze correctie door veehouders en akkerbouwers. Veehouders die zelf nauwelijks spuiten, zullen waarschijnlijk niet bereid zijn om tijd te investeren in het halen van een spuitlicentie. Voor de veehouderijsector wordt het dan des te belangrijker dat er geïnvesteerd wordt in een versnelde ontwikkeling en een versneld gebruik van gecombineerde zaai/spruitapparatuur en spuitmachines die de mogelijkheid bieden om pleksgewijs een middel toe te voegen.

## Aanbevelingen voor de praktijk

In de maïs zijn er veel manieren van onkruidbestrijding mogelijk. Bij een geslaagde voor-opkomst-bestrijding met de eg is de maïsteler in de periode vanaf opkomst tot aan het sluiten van het gewas zeer flexibel in de keuze van overige technieken. De methode die het beste past, hangt af van de onkruidsoorten, bodem en weersomstandigheden en de ontwikkeling van de maïs. Afhankelijk van de aanwezigheid van eigen mechanisatie of de mogelijkheden die de loonwerker biedt, kan tot een geheel mechanische of een aangepaste chemische bestrijding worden besloten.

Het volvelds toepassen van lagere doseringen in een gecombineerd mechanisch/chemisch onkruidbestrijdingssysteem biedt een serieus alternatief om op flexibele en concurrerende wijze het bestrijdingsmiddelgebruik in de maïs te verlagen. Het is zinvol om in onderzoek en in de praktijk ervaring op te doen met voor opkomst van de maïs eggen, gevolgd door één volvelds toegediende aangepaste dosering met als eventuele correctiemogelijkheid bij heel lage doseringen aanaardend schoffelen of een herhalingsbespuiting. Mechanische correctie verdient soms de voorkeur om

het steeds weer in de teelt van de maïs voorkomende probleem van selectie van probleemonkruiden de kop in te drukken en om het milieu niet onnodig te belasten.

Kort samenvattend zijn de volgende aandachtspunten belangrijk voor een milieubewuste beheersing van de onkruiden in de maïs:

## Preventie

- \* Hygiëne: onkruidvrije mest (zodanig runderdrijfmest minstens vier maanden opslaan), machines die van probleempercelen komen schoonmaken, probleemonkruiden die nog in plekken voorkomen bestrijden voordat ze zich over het hele perceel verspreiden.
- \* Afwisseling: maïs afwisselen met akkerbouwgewassen en flexibel zijn met de keuze van bestrijdingstechniek en middel in de maïs.
- \* Teeltmaatregelen: niet te vroeg zaaien en eventueel een vals zaaibed (grond klaar maken, onkruid laten opkomen, vernietigen bij de zaaibedbereiding), eventueel 50 cm rijenafstand en/of een snel sluitend ras (let met rassenkeuze ook op Titusresistentie indien men nog een correctiemogelijkheid voor grotere hanepoot na opkomst achter de hand wil hebben).

## Bestrijding

- \* Vlak niet te grof zaaibed, 6 cm diep zaaien en zorgen voor een constante rijenafstand.
- \* Eggen voor opkomst van de maïs om onkruid te bestrijden, onkruid relatief ten opzichte van het gewas te vertragen en zodanig nog kluiten kapot te maken.
- \* (Desgewenst) eggen na opkomst alleen met een slipende instelling (max. 2 cm diep) en langzaam, steeds wanneer er witte draden van het onkruid in de grond zitten of er maximaal onkruidkiemplanten staan.

- \* Niet wachten met een eventuele chemische bestrijding totdat het onkruid groot en afgehard is (afharding treedt op bij schraal zonnig weer en droogte) of het veld zo is dichtgegroeid dat de onkruiden elkaar afschermen.
- \* Maak een bewuste keuze voor het te gebruiken middel en de benodigde dosering (soorten onkruid, hun grootte, weersomstandigheden, bodem (vlak) en kwaliteit van spuitapparatuur, kosten en milieubelasting).
- \* Op niet afgehard en elkaar afschermend 5 tot 10 cm groot onkruid is bij een aantal produkten de helft van de adviesdosering zeker voldoende. De marges in de dosering lijken voor een kritische gebruiker echter nog veel groter te zijn (zie voorgaande, echter meer onderzoek nodig voor een bedrijfszeker advies voor echt lage doseringen en andere produkten en combinaties).
- \* Aanaardend schoffelen is mogelijk vanaf het moment dat de mais 5-6 bladpunten heeft tot vlak voor het sluiten van het

gewas.

- \* Onkruid tot een grootte van 4 cm kan ook in de rij met aanaardend schoffelen bestreden worden.
- \* Eventueel plekken met probleemonkruiden pleksgewijs aanpakken (alleen perceelsranden met bodemherbicide, rugspuit, rijenspuit en/of schoffel).

#### Literatuur

Boerderij (1995). Eggen in maïs werkt. Strak systeem past Twentse loonwerkers. Boerderij/veehouderij nr. 80/36, p. 2

Elema, A.G. en P.C. Scheepens (1992). Verspreiding van onkruiden en plantenziekten met dierlijke mest. Een risico-analyse. PAGV publikatie nr. 62, 76 p.

Van der Schans, D.A., P.M.T.M. Geelen en D.T. Baumann (1993). Onkruidbestrijding in snijmaïs. Themadag duurzame onkruidbestrijding PAGV en IKC- themaboekje nr. 15, p 52-62.

Van der Weide, R.Y. en D.A. van der Schans (1994). Mogelijkheden om de dosering onkruidbestrijdingsmiddelen in de maïs te verlagen. Interne mededeling PAGV nr. 1107, 18 p.



---

## Maïsteelt op droogtegevoelige gronden

ing. D.A. van der Schans (PAGV), H. Everts (PR) en ing. F. Verstraten (IKC-RSP)

---

### Inleiding

In zandgebieden met diepe ontwatering is op het intensieve rundveehouderijbedrijf een voldoende ruwvoederproductie zonder beregening praktisch ondenkbaar. Variatie in de vochtvoorziening is de belangrijkste oorzaak van opbrengstschommelingen van voedergewassen op zandgronden. Veel bedrijven hebben zich hiertegen gewapend door de aanschaf van beregeningsinstallaties. Door een toename in de grondwateronttrekking voor verschillende doeleinden daalt het peil van het grondwater. Enkele provincies besloten beregening van met name grasland aan banden te leggen. Op maïsland gelden vooralsnog geen beperkingen. Daartegenover staat dat maïs in het algemeen op percelen wordt geteeld die ver van het bedrijf liggen en waar beregening vaak moeilijk is. In veel zandgebieden komt hierdoor de voederproductie op rundveehouderijbedrijven onder druk te staan. Ook wordt het in balans brengen van mineralenstromen op het rundveehouderijbedrijf door sterk schommelende ruwvoederopbrengsten een moeilijke opgave (Noij et al., 1995).

Voedergewassen zijn niet alle even gevoelig voor droogte. De droogtegevoeligheid hangt af van de periode waarin deze optreedt, het vochthoudend vermogen van de grond, de bewortelingseigenschappen van het gewas en de waterbenuttingsefficiëntie. De twee gangbare voedergewassen, gras en maïs, verschillen sterk wat betreft productieverloop in het groeiseizoen, bewortelingseigenschappen en waterbenuttingsefficiëntie.

In deze bijdrage worden met name de gevolgen van droogtestress op maïs behandeld. Daarnaast wordt maïs vergeleken met andere voedergewassen die mogelijkheden bieden de ruwvoederproductie

onder droge omstandigheden zoveel mogelijk te garanderen. Voor een efficiënte beregening of een keuze van gewassen die minder gevoelig zijn voor aanzienlijke neerslagtekorten of buiten droge perioden om voldoende produceren, is kennis over deze gewassen nodig. Proefstations (PAGV en PR) en DLO-instituten (AB en SC) werken samen om gewasreacties van voedergewassen op droogte te bestuderen.

Het IKC heeft in 1994 een studie gedaan naar de melkveehouderij op droge grond waarin de gevolgen van droogte op de ruwvoervoorziening zijn ingeschat (Noij, 1995).

Het lopende onderzoek en de verwerking van de data uit dit onderzoek in bestaande modellen moeten het op korte termijn mogelijk maken per bedrijfssituatie de juiste strategie te kiezen om zo optimaal mogelijk ruwvoeder te produceren. Afhankelijk van grondsoort en de mogelijkheid om te beregenen wordt het meest geschikte gewas gekozen.

### Droogte en voedergewassen

Droogtegevoeligheid dient vanuit zowel de bodem als het gewas te worden gezien. De wisselwerking tussen bodem, plant en weer resulteert in een opbrengst. Bodemkundige en gewasfysiologische eigenschappen kunnen per situatie sterk verschillen. Door bij de gewaskeuze op de bodemomstandigheden en het groeiseizoen te letten kan op een droogtegevoelige grond toch een redelijke opbrengst worden verkregen, die bovendien over de jaren heen vrij stabiel is.

Bij de gewaskeuze spelen gewaseigenschappen als bewortelingsdiepte, zaai- en oogstdata of productieperiode (groeiseizoen), vochtverbruik en reactie op droogte

**Tabel 19.** Overzicht van enkele eigenschappen van voedergewassen die van belang zijn bij de gewaskeuze voor teelt op zandgronden met diepe ontwatering.

gewas	produktieperiode		diepte wortels (cm)	vocht-efficiëntie (l/kgds)*	herstel na droogte
	begin	eind			
maïs	juni	september	90	175	slecht
bieten	juni	oktober	90	200	goed
graan	maart	juli	90	200	slecht
engels raaigras	maart	oktober	25	350	goed
rietzwenkgras	maart	oktober	50	350	goed
luzerne	maart	september	150	400	goed

\* produktie van het oogstbare deel van het gewas.

en herstel na droogte een belangrijke rol (tabel 19).

### Neerslagtekort en bodemvochtvoorraad bij maïs

Uit veeljarige reeksen weersgegevens kan de kans worden berekend dat een bepaald neerslagtekort wordt overschreden. In figuur 12 is dit gedaan voor de weersgegevens van 1911 tot 1975. De gewasverdamping is berekend door de referentieverdamping met behulp van gewasfactoren om te rekenen naar potentiële gewasverdamping. Het verschil tussen gewasverdamping en neerslag in een gemiddeld jaar (50% jaar) bedraagt maximaal 90 mm. Eens per 10 jaar (10% droog jaar) is dit 200 mm en eens per 20 jaar (5% droog jaar) 260 mm. Voor een ongestoorde groei moet dit tekort worden aangevuld vanuit de bodem, het grondwater of door beregning. Ervan uitgaande dat er op een groot deel van het maïsareaal geen of een beperkte grondwaterinvloed is en er niet wordt beregend, hangt de droogteschade vooral af van de hoeveelheid bodemvocht in de bewortelbare zone. Dit vochtbufferend vermogen van de grond hangt af van het humus- en lutumgehalte van de grond en van de bewortelbare diepte van het profiel.

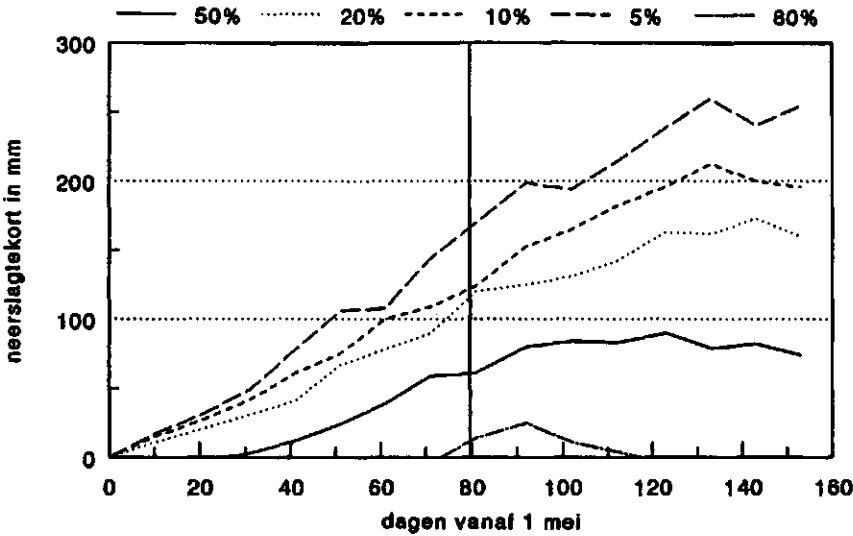
Voor humusarm matig fijn zand is er onge-

veer 10 mm per 10 cm bewortelingsdiepte beschikbaar, terwijl er bij humeus lemig fijn zand ongeveer twee maal zoveel vocht beschikbaar is. De bodemvochtvoorraad voor een maïsgewas varieert per perceel tussen ca. 30 en 180 mm.

De opbrengstderiving die door droogte op zandgronden kan ontstaan is voor een slechte en een goede zandgrond weergegeven in tabel 20.

### Gewasreactie maïs op droogte

De beginontwikkeling van maïs is traag. De periode van zaai tot het moment dat het gewas de bodem voor 100% heeft bedekt duurt zes tot acht weken. De maximale gewasverdamping wordt bereikt in de periode dat het neerslagtekort maximaal is. Op het moment van vrouwelijke bloei bedraagt het neerslagtekort in een gemiddeld jaar reeds 60-80 mm. In veel gevallen zal de maïs tijdens de bloei al met een vochttekort te kampen hebben. In het algemeen geldt dat elke 10 mm reductie van de gewasverdamping ten koste gaat van 500 kg drogestof per ha. Een vochttekort tijdens de bloei en in de periode van korrelvulling heeft echter een grote invloed op het kolfaandeel bij de oogst. Een laag kolfaandeel heeft een lage voederwaarde tot gevolg. Het gehalte aan verteerbare organische stof gaat per 10% lager kolfaandeel 5%



Figuur 12. Het cumulatieve neerslagtekort voor maïs in 80%, 50%, 20%, 10% en een 5% droog jaar (gegevens ontleend aan De Bruin, 1981).

Tabel 20. De invloed van vochtleverend vermogen op de produktie van snijmaïs op zandgronden met een diepe grondwaterstand in een gemiddeld jaar en een 20%, 10% en 5% droog jaar (herleid van De Bruin, 1981).

	droogtegevoelige zandgrond (50 mm)		vochthoudende zandgrond (150 mm)	
	vocht- tekort (mm)	reductie opbrengst (kg ds/ha)	vocht- tekort (mm)	reductie opbrengst (kg ds/ha)
gemiddeld jaar	40	2000	-10	0
20% droog <sup>1)</sup>	123	8150	23	1150
10% droog <sup>1)</sup>	163	8150	63	3150
5% droog <sup>1)</sup>	210	10500	110	5500

<sup>1)</sup> jaar met een neerslagtekort van respectievelijk 173, 213, en 260 mm (doet zich gemiddeld één keer in de 5, 10 en 20 jaar voor)

omlaag (Weissbach, 1992). Het zetmeelgehalte neemt echter veel meer af, namelijk globaal met 20% per 10% lager kolfaandeel.

De assimilaten die normaliter als zetmeel in de kolf worden opgeslagen hopen zich op in de vorm van suikers in de stengel. Deze suikers zijn goed verteerbaar, maar voor

de melkproduktie van minder waarde dan zetmeel.

De afrijping van dergelijke gewassen verloopt in het algemeen traag. Natte stengels, en de suikers in het vocht leiden vaak tot verliezen in de vorm van perssap tijdens de conservering. De kwaliteit van deze kuilen laat vaak te wensen over. Bij droogte

na de bloei en een redelijke kolfzetting blijven de korrels klein en kan de kolf ook zeer snel afrijpen terwijl de stengel nog nat blijft.

Uit beregeningsonderzoek (Ouwerkerk, 1987, 1992) en proeven met maïs in bakken onder een overkapping bleek dat het kolfaandeel bij geringe droogtestress met 5% afnam. Door droogtestress voor de bloei maar voldoende vocht tijdens en na de bloei kan het kolfaandeel zelfs met ca. 5% toenemen. Bij scherpe droogte tijdens de bloei en voldoende vocht na de bloei, werd een kolfaandeel van 30% bepaald (Aarts en Grashoff, 1995). Bij bemestingsproeven op droogtegevoelige grond daalde het kolfaandeel in jaren met een groot neerslagtekort tot circa 35% (Van der Schans et al., 1995). In een veldproef in 1994 op zeer droogtegevoelige grond (vochtbuffer van 35 mm) in een 10% droog jaar met een neerslagtekort van 200 mm werd een kolfaandeel van 40% behaald bij een productie van circa 7 ton drogestof per hectare (Van der Schans, 1995).

#### *Reacties overige voedergewassen op droogte*

Gewassen reageren verschillend op vochttekort (figuur 13). In de eerste plaats wordt de verdamping van alle gewassen geremd zodra de aanvoer van water vermindert. Hoe verder de bodemvochtvoorraad daalt, hoe moeilijker de plant dit vocht in voldoende mate kan onttrekken. Deze beperking van de transpiratie leidt tot een evenredige productieafname. Kan de plant gedurende grote delen van de dag niet meer transpireren, dan begint het blad te verdrogen en sterft af.

Een aantal gewassen zoals bieten en luzerne slaan in ondergrondse plantedelen reservestoffen op, waardoor het gewas zich na droogte kan herstellen. Grassen kunnen op het oog volkomen zijn afgestorven, maar in de zode overleven meestal

voldoende groeipunten om bij neerslag weer hergroeit te geven. Soms is overzaaien of doorzaaien echter noodzakelijk. Andere gewassen, zoals maïs en graan, sterven volledig af of rijpen versneld af.

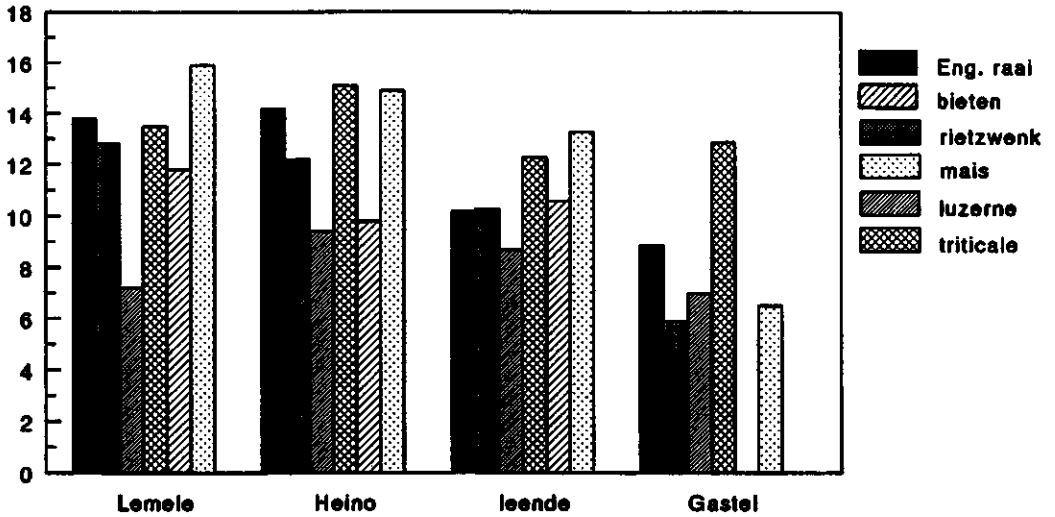
Naast gewasverschillen speelt ook het tijdstip waarop droogte optreedt een belangrijke rol. Maïs is voor de bloei minder gevoelig voor droogte dan tijdens en na de bloei. In een jong stadium zijn bieten gevoeliger dan wanneer zich al een stevige biet heeft gevormd.

Naast droogte spelen ook de vaak met droogte gepaard gaande hoge temperaturen een rol. Sub-tropische gewassen zoals maïs hebben over het algemeen geen last van temperaturen tot 35°C. De groei van Engels raigras daarentegen neemt bij bodemtemperaturen boven de 25°C sterk af. In de hierop volgende paragrafen zijn enkele resultaten van onderzoek weergegeven die betrekking hebben op de gewasreacties bij droogte.

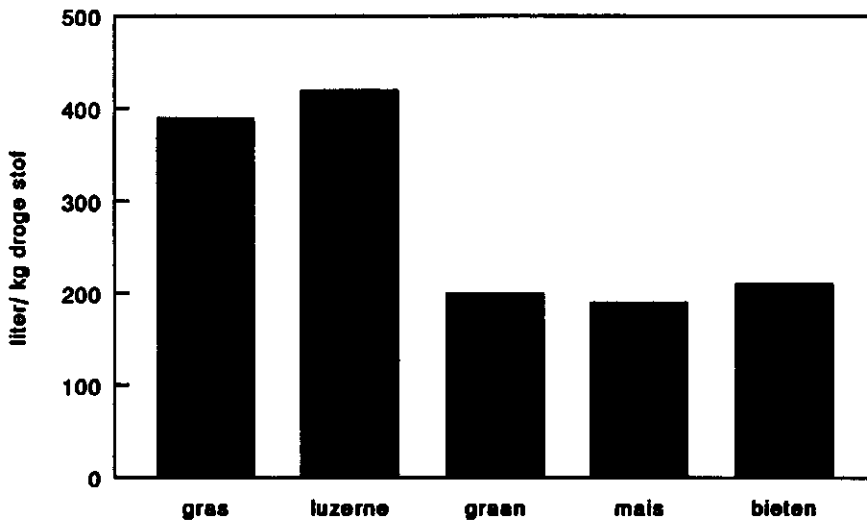
#### Relatie waterverbruik-gewasproductie

Elk gewas heeft een bepaalde efficiëntie waar het gaat om de benodigde hoeveelheid water voor de productie van één kg droge stof (figuur 14). Niet alle geproduceerde drogestof kan echter worden benut. De waterverbruiksefficiëntie kan worden uitgedrukt als de hoeveelheid water die nodig is om een kilo nuttige (=oogstbare) drogestof te produceren. Bij snijmaïs, gehele plant silage van graan (GPS) en bij luzerne worden alle bovengrondse delen geoogst. Bij gras zit een deel van de droge stof in de zode. Bij voederbieten kunnen zowel loof als biet worden geoogst. In veel gevallen wordt echter alleen de biet geoogst.

Bij maïs verloopt het assimilatieproces efficiënter dan bij de andere voedergewassen als granen, luzerne, bieten en grassen, omdat het een zogenaamd C<sub>4</sub>-gewas is.



**Figuur 13.** Drogestofopbrengsten van zes voedergewassen op vier lokaties in 1994. Gastel circa 35 mm beschikbaar vocht, Leende circa 120 mm beschikbaar vocht, Heino circa 150 mm beschikbaar vocht. Lemele grondwaterinvloed tot eind juli.



**Figuur 14.** Waterverbruiksefficiëntie weergegeven als de transpiratiecoëfficiënt in liter/kg nuttige droge stof van een aantal voedergewassen. Cijfers zijn afgeleid van resultaten van bakkenproef en veldproeven.

Hierdoor wordt met eenzelfde hoeveelheid vocht meer drogestof geproduceerd. Vlindebloemigen zoals luzerne zijn door hun eiwitsynthese weer minder efficiënt dan granen en bieten. Gras gaat efficiënt met vocht om, maar verliest aan efficiëntie doordat een deel van de produktie in de zode zit die niet geoogst wordt. Dit geldt ook voor bieten als het loof niet wordt geoogst.

De wetenschap dat het ene gewas minder efficiënt is ten aanzien van vochtgebruik dan het andere heeft een beperkte praktische waarde. Immers het moment waarop droogte gedurende het groeiseizoen optreedt en het herstel van gewassen na een periode met sterke droogte verschilt tussen gewassen. Deze factoren hebben een veel grotere invloed op de uiteindelijke produktie dan de waterverbruiksefficiëntie. Wel is de efficiëntie van belang uit het oogpunt van het aanwenden van 'duur' of schaars beregeningswater, omdat per mm water meer of minder produkt wordt geproduceerd.

## Reactie en herstel bij droogte

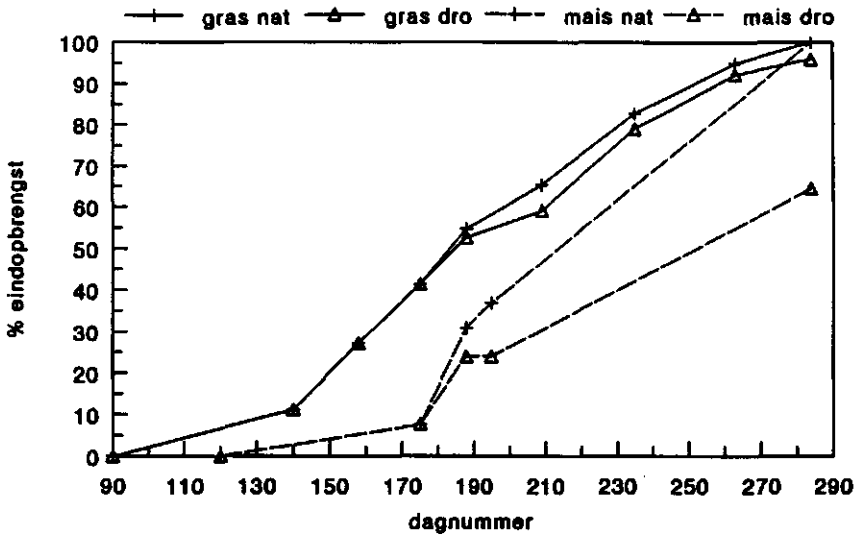
Uit het genoemde onderzoek naar opbrengstzekerheid van verschillende voedergrassen op droogtegevoelige grond blijken gewassen te verschillen wat betreft reactie op en herstel na droogte. Op gronden met een geringe vochtbuffer kan het blad van grassen, luzerne en bieten praktisch geheel afsterven tijdens een periode van droogte zoals die zich onder andere in 1994 en 1995 voordeed. Als er daarna weer voldoende neerslag valt, komt de bladgroei echter weer op gang en in circa 10 dagen is het veld weer volledig met groen blad bedekt en is de produktie weer maximaal bij een goede bemesting. Bij grasland kan wel de samenstelling van de zode door droogte veranderen, meer onkruiden of ongewenste soorten, zodat herinzaai eerder nodig is. Bij maïs is de situatie anders, zoals hier-

voor reeds is beschreven. Voor de bloei treedt er bij droogte groeiremming op die zich bij herbevochtiging van de grond meestal weer herstelt. Bij droogte tijdens de bloei wordt de kolfzetting gehinderd. Als er na een droge periode weer een neerslagoverschot is, herstelt de produktiesnelheid van maïs zich niet tot op het niveau van voor de droogte (figuur 15). Bovendien rijpt kolfloze maïs slecht af.

Wintergranen hebben zelden voor de bloei al te lijden van droogte. Na de bloei leidt droogte tot een slechte korrelvulling en een zeer snelle afrijping. Het gewas wordt noodrijp waarbij het drogestofpercentage in een week soms van 25% tot boven de 40% kan stijgen. Met name het stro is dan zeer droog terwijl de korrel nog niet rijp is.

## Strategie bij gewaskeuze

Afhankelijk van de vochtbuffer van de grond op een perceel en de mogelijkheid van beregening kan het meest geschikte gewas worden gekozen uit het oogpunt van drogestofproduktie. Drogestofproduktie is niet het enige criterium op basis waarvan deze keuze wordt gemaakt, maar kan in situaties met een dreigend ruwvoertekort wel een heel belangrijke zijn. Daarnaast speelt ook de kwaliteit een belangrijke rol. De kans op een aanzienlijk vochttekort is in de maanden juli en augustus het grootst. Gewassen die buiten perioden met een groot droogterisico al een aanzienlijk deel van hun produktie kunnen realiseren, hebben dan ook op droogtegevoelige gronden de minste kans op droogteschade. Wintergranen bereiken voor juli al 90% van hun produktie en zijn daardoor weinig gevoelig voor droogte. Een produktie van 10 - 12 ton drogestof per hectare aan gehele plant silage (GPS) is daardoor bij granen haalbaar. De opbrengsten zullen in het algemeen ook op droogtegevoelige grond weinig variëren. Grassen kunnen ook afhankelijk van de bemesting van de verschillende sneden en bij uitsluitend maaien in



**Figuur 15.** Productieverloop bij twee vochttrappen, zonder en ernstige droogte bij de gewassen Engels raaigras en maïs.

de maanden april, mei en juni al 8 tot 10 ton droge stof produceren. Vaak groeit na een droge zomer in september en oktober nog een snede van circa twee ton drogestof per hectare. Daarmee behaalt zwaar bemest (450 kg/ha) Engels raaigras in een droge zomer een productie van 10 tot 12 ton droge stof op droogtegevoelige gronden als er alleen wordt gemaaid. Wel is bij hoge stikstofgiften het gevaar van ernstige verdroging groter dan bij lage giften. Door de grote bladmassa is de verdamping namelijk zeer hoog zodat de vochtbuffer eerder is uitgeput.

Ook luzerne kan in een droog jaar op een droogtegevoelige zandgrond een productie van circa 9 ton droge stof bereiken.

Maïs produceert in de maanden mei en juni gemiddeld 2-3 ton drogestof per hectare. De rest van de productie moet vooral in de 'droge' maanden juli en augustus tot stand komen. Bij ernstige droogte tijdens de bloei en de korrelvulling blijft de productie beperkt tot 7-8 ton droge stof per hectare.

Zijn gronden minder droogtegevoelig door een diepere humeuze laag, dan kunnen alleen gewassen met een diepe beworteling daarvan profiteren. Met name Engels raaigras moet het daarbij afleggen tegen de andere gewassen (tabel 21).

Luzerne is in situaties met een diep doorwortelbare grond (meer dan 50 cm) duidelijk in het voordeel. Zowel de hoge productie in het (vroeg) voorjaar als een maximale benutting van de vochtbuffer tijdens een droge zomer zorgen ervoor dat de opbrengstzekerheid goed is. Op diep doorwortelbare grond is maïs in het voordeel doordat zowel de diepe beworteling als de hoge water efficiëntie het gewas opbrengstzekerheid verschaffen.

Voedergewassen verschillen niet alleen wat betreft hun drogestofopbrengst, ook hun voederwaarde verschilt. Snijmaïs heeft een vrij hoge voederwaarde met circa 900 VEM per kg drogestof. Voederbieten hebben ruim 1000 VEM per kg drogestof. GPS en luzerne hebben een voederwaarde van

**Tabel 21.** Drogestofopbrengsten (ton/ha) van zes voedergewassen op een diep doorwortelbare zandgrond te Westerhoven in een droge zomer (1989). Neerslagtekort voor maïs bedroeg 200 mm op 1/8 en 260 op 1/10.

gewas	maïs	Engels raaigras	rietzwenk gras	voederbieten excl.blad	luzerne	rode klaver
opbrengst	14,5	6,7	10,5	11,3	16,3	12,7

circa 800 VEM per kg drogestof. Uiteraard varieert de voederwaarde eveneens afhankelijk van de groeiomstandigheden.

## Droogterisico's beperken

### Bodemkundige maatregelen

Zoals in het voorgaande al bleek zijn bewortelingsdiepte, vochthoudend vermogen van de grond en de diepte van de grondwaterstand belangrijk bij het overbruggen van perioden met een vochttekort. Door eeuwenlang bemesten met organische mest hebben akkergronden rond oude dorpskernen vaak een humeuze bovengrond van meer dan 40 cm diepte. Hoe recent de ontginning van de grond heeft plaatsgevonden hoe dunner de humeuze laag. Recent ontgonnen gronden hebben daardoor een bouwvoor van vaak niet meer dan 20 tot 25 cm. Onder de humeuze bovengrond bevindt zich het moeder materiaal, veelal humusarm en leemarm zand met een hoge dichtheid waarin plantenwortels niet kunnen doordringen. In dit zand kan bovendien weinig vocht worden opgeslagen. In sommige gevallen bestaat het moeder materiaal uit lemig zand. Het leemgehalte zorgt voor een betere structuur en een beter vochthoudend vermogen van de grond. Soms kan door het diep bewerken van de grond de bewortelbare diepte worden vergroot. Het resultaat en de kans op het opnieuw ontstaan van verdichtingen hangen af van de structuur van de losgemaakte grond.

Door zware mechanisatie is in veel zandgronden een sterk verdichte laag ontstaan

op ongeveer 30 tot 70 cm beneden maai-veld. Deze laag is vooral op matig humeuze zandgronden (2-4% humus) dermate verdicht dat er geen beworteling mogelijk is. Het losmaken van dergelijke lagen kan de vochtbuffer van de grond aanzienlijk vergroten. Het berijden van losgemaakte grond met zware machines heeft echter opnieuw verdichtingen tot gevolg. In een PAGV-proef te Westerhoven werd een sterk verdichte laag losgemaakt door spitfreen tot een diepte van 90 cm. In de drie jaar na het losmaken werd een opbrengstverhoging bij snijmaïs behaald van 25% ten opzichte van dezelfde grond met verdichting (Alblas, 1990). Vaak is losmaken van humusarme zandgrond (organischestofgehalte < 3%) niet zinvol omdat de dichtheid van een dergelijke grond na het losmaken weer snel toeneemt.

Losmaken van grond heeft daarom alleen zin als de grond gedurende langere tijd losblijft of als er in het profiel een dunne storende laag voorkomt die de beworteling naar diepere bodemlagen hindert.

Uit onderzoek naar de gevolgen van verdichting van humusarme zandgrond op grasproductie bleek dat verdichting juist een circa 10% hogere produktie gaf in de vier jaren dat dit onderzoek duurde (Everts en Wopereis, 1993). De bewortelingsintensiteit van gras bleek door de verdichting niet te zijn afgenomen. Waarschijnlijk werd het vochthoudend vermogen van de doorwortelbare laag bij deze grond door verdichting hoger. Dit positieve effect is niet algemeen, maar hangt nauw samen met de samenstelling van de grond bij deze proef.

Een andere manier om zandgronden min-



der droogtegevoelig te maken is het verhogen van het grondwaterpeil. Dit kan echter in het voorjaar of in regenrijke perioden tot wateroverlast op lager gelegen percelen leiden.

Bij grasland geldt dat bij een hoge grondwaterstand meer vochtminnende grassen voorkomen. Deze soorten worden minder gewaardeerd en zakken snel in productie terug zodra het in de zomer droger wordt. Ook bij de teelt van maïs en andere akkerbouwmatige voedergewassen kunnen onder deze omstandigheden problemen ontstaan bij zaaien, onkruidbestrijding en oogst.

## Teeltmaatregelen

Gangbare adviezen inzake plantgetal, bemesting en rasvolgorde in de rassenlijst zijn gebaseerd op onderzoek waarbij geen extreme situaties optraden. Onder droge omstandigheden kunnen andere optima gelden.

### Plantgetal

Op gronden met een droogterisico kunnen voedergewassen op een aangepaste wijze worden geteeld om dit risico te verkleinen. Bij maïs en bieten kan een lager plantgetal (-20%) worden aangehouden zodat er per plant meer vocht beschikbaar is. Dit kan in jaren met een milde droogte toch een goed kolfaandeel tot gevolg hebben (Schröder, 1990) of bieten van een redelijk formaat opleveren waardoor tarra vermindert. In jaren met sterke droogte levert een dergelijke maatregel geen winst op. In jaren waarin nauwelijks of geen neerslagtekort optreedt kost een lager plantgetal circa 3% opbrengst.

### Rassenkeuze

Rassenkeuze kan ook een instrument zijn om de kans op droogteschade te verkleinen. Uit figuur 12 blijkt dat het verdampingsoverschot van zaai tot half augustus toeneemt. Hoe vroeger een maïsras, hoe

minder het door dit toenemende vochttekort wordt beïnvloed. Op droogtegevoelige grond kan vanuit deze redenering het best gekozen worden voor een ras met een goede beginontwikkeling en een vroege bloei. Bovendien zijn dergelijke rassen in het algemeen minder bladrijk waardoor ze minder vocht verdampen.

### Stikstofbemesting

Hoge N-giften leiden tot een weelderige groei van het gewas, waardoor dit aan het begin van het groeiseizoen veel water verbruikt. Bij de bloei en de korrelvulling is dan minder vocht over om een goede kolf te vormen. Zowel drogestofproductie als kolfaandeel van zwaarbemeste maïs kan in droge jaren lager zijn dan bij maïs die terughoudend is bemest. Bovendien is de benutting van de meststoffen bij een beperkte vochtvoorziening slecht als er bemest wordt alsof er een hoge productie bereikt kan worden. Het IKC-rapport 'Duurzame melkveehouderij op droge grond' wijst op knelpunten die ten aanzien van de mineralenbalans kunnen ontstaan als droogte optreedt. Om stikstofverliezen zoveel mogelijk terug te dringen is het van belang te bemesten op basis van een onttrekking die op een bepaald perceel wordt verwacht. Voor gras is dit eenvoudig te realiseren omdat per snede wordt bemest. Bij maïs wordt de bemesting rond het zaaitijdstip gegeven. Uit onderzoek blijkt dat met name aan het begin van het groeiseizoen het gewas een ruime stikstofvoorziening nodig heeft om de hoogst mogelijke opbrengst te bereiken (Schröder, 1991).

## Voedergewassen en droogte in bedrijfsverband

De opbrengsten van maïs en gras op droogtegevoelige grond zonder berekening zullen van jaar tot jaar sterk wisselen.

Uit de IKC-studie 'Duurzame melkveehouderij op droge grond' (Noij et al., 1995) blijkt dat wel of niet beregenen geen invloed heeft op het gemiddelde inkomen op een intensief veehouderijbedrijf. Wel varieert het inkomen van jaar tot jaar zonder beregening veel sterker dan met beregening.

Niet beregenen leidt echter wel tot hogere overschotten op de mineralenbalans. Dit wordt veroorzaakt doordat in geval van droogte intensieve bedrijven meer voer moeten aankopen en doordat het P-gehalte in het ruwvoer bij droogte daalt. Voor een voldoende P-voorziening hebben de dieren dan extra P-aanvulling nodig in het rantsoen.

Extensiveren in de vorm van grondaankopen om het bedrijf minder intensief te maken, c.q. een lagere melkproductie per hectare te verwezenlijken (tabel 22) kan ook een oplossing zijn.

In de studie is uitgegaan van een referentiebedrijf van 25 ha op droogtegevoelige zandgrond met een veebezetting van 2,2 melkkoe met jongvee per ha. Bij zelfvoorziening zonder beregening moet bijna 10 ha grond worden aangekocht als er geen maïs wordt verbouwd en ruim 6 ha als er maïs in het rantsoen zit. Dit is echter wel een dure maatregel.

Het waterverbruik van het bedrijf daalt naarmate er meer maïs wordt verbouwd. Op het intensieve bedrijf wordt minder water verbruikt, maar er wordt ruwvoer

aangekocht waarvoor elders water is gebruikt.

Verder blijkt uit tabel 22 dat beregenen gunstig is voor het mineralenbeleid en ongunstig voor het waterbeleid. Met beregenen is immers het P-overschot het laagst en het waterverbruik het hoogst.

Introductie van andere voedergewassen dan maïs en gras zijn in de studie niet meegenomen. Bij maïs en gras is beregenen in combinatie met een iets lagere veebezetting uit het oogpunt van zowel inkomen als P-overschot het meest gunstig. Er is een noodzaak om tot een efficiëntieverhoging bij beregening te komen. Efficiëntie van beregening kan verbeteren door een adviessysteem te ontwikkelen waarbij rekening wordt gehouden met bodem, weer en gewas.

De betekenis van alternatieve voedergewassen op het rundveehouderijbedrijf is vooralsnog beperkt. Als alleen naar de ruwvoederproductie wordt gekeken kan afhankelijk van de ligging van de percelen en de bodem wel een gewas worden gekozen met minder opbrengstvariatie dan Engels raaigras en maïs. Andere factoren dan opbrengstzekerheid spelen echter een belangrijke rol:

- \* de kwaliteit van veel alternatieve gewassen is lager dan die van snijmaïs of ingekuild gras;
- \* de teelt van een nieuw gewas moet op het bedrijf worden ingepast;
- \* kennis, arbeid en mechanisatie vereisen

**Tabel 22.** Resultaten van de studie naar Duurzame melkveehouderij op droogtegevoelige gronden (naar: F. Verstraten, IKC-RSP 1995).

	zelfvoorzienend		intensief		
	0	0	50	45	36
beregening	ja	nee	nee	ja	nee
areaal (ha)	26,7	34,4	31,1	25	25
waterverbruik (mm/ha)	393	299	271	332	279
waterverbruik bedrijf	10.500	10.300	8.400	8.300	7.000
P-overschot (kg P/ha) <sup>1</sup>	0	1,3	4,1	4,1	9,3

<sup>1</sup> De getallen voor het P-overschot geven het verschil aan ten opzichte van de zelfvoorzienende beregende situatie.

voor nieuwe gewassen extra investeringen. De schaal waarop een nieuw gewas kan worden geteeld, bepaalt mede het rendement van deze extra investering.

## Aanbevelingen voor de praktijk

Zolang berekening nog (beperkt) mogelijk blijft of er een waterquotum per bedrijf beschikbaar is, blijven maïs en gras de meest geschikte voedergewassen.

- \* Om beregeningswater efficiënter in te zetten dient berekening van maïs prioriteit te hebben boven berekening van gras vanwege de hoge efficiëntie waarmee dit gewas het water gebruikt.
- \* Bij berekening van maïs vooral aandacht besteden aan voldoende vochtvoorziening tijdens de periode van bloei.
- \* Opbrengstrisico's door droogte kunnen door de volgende teeltmaatregelen worden verkleind: tijdig zaaien, lager plantgetal (-20%), een ras met vroege bloei, adviesbemesting deels als rijenbemesting geven voor een goede ontwikkeling.
- \* Bij lage opbrengsten door droogte worden stikstofverliezen hoger. Verlaging van de stikstofgift op droogtegevoelige gronden geven meestal een tragere beginontwikkeling.
- \* Cultuurmaatregelen als het losmaken of mengen van bodemlagen en het verhogen van de grondwaterstand vereisen deskundig advies. De effecten van de vaak dure maatregelen kunnen per situatie sterk wisselen.

Op droogtegevoelige grond zonder berekening zijn gras en maïs onderhevig aan grote opbrengstschommelingen. Lopend onderzoek geeft aanwijzingen over de mogelijkheden van alternatieve voedergewassen. Enkele voorlopige conclusies zijn:

- \* Een alternatief om een meer stabiele opbrengst te behalen is de teelt van een wintergraan (GPS). Op gronden met betere bewortelingsmogelijkheden geven

luzerne en voederbieten een stabiele opbrengst.

- \* De kwaliteit van GPS en luzerne is lager dan die van maïs.
- \* De kosten van de teelt van een wintergraan voor GPS zijn laag.
- \* Voederbieten zijn juist erg duur vanwege extra investeringen en arbeid bij conservering en vervoeding.

## Literatuur

Aarts H.M.F en C. Grashoff (1993). Voederproductie op droogtegevoelige gronden bij beregeningsverboden; CABO-DLO.

Aarts H.M.F en C. Grashoff (1995). Verslag van een bakkenproef met diverse voedergewassen in 1994 "klein Gastel"; AB-DLO.

Beijer, L. en I.G.A.M. Noij (1994). Duurzame melkveehouderij op droogtegevoelige grond. RSP-bulletin 6-94, pp 18-23.

Bruin, H.A.R de (1979). Neerslag, verdamping en potentieel neerslagoverschot in Nederland. KNMI-WR 79-4, 90 p.

Everts, H. en F. Wopereis (1993). Verdichting grasland op lichte zandgrond: zijn er grenzen? Uit: Grasland en berijding. Redactie: H.Snoek (PR). Inleidingen themadag 17 juni 1993, pp. 10-18.

Noij, I.G.A.M., L. Beijer, J. Zijlstra, A. van den Ham, F. Verstraten en H. Liefjijn (1995). Duurzame melkveehouderij op droogtegevoelige grond. IKC-veehouderij (G 25) 46 pp, 6 bijlagen.

Ouwerkerk, I.(1987). Resultaten van het beregeningsonderzoek in het gewas snijmaïs in 1986. PAGV-Interne mededeling nr 461, januari 1987 17 pp, 4 bijlagen.

Ouwerkerk, I.(1992). Beregeningsonderzoek bij snijmaïs in 1986. Herzien en uitgebreide versie van PAGV-interne mededeling nr. 461, 22 pp, 6 bijlagen, november 1992.

Schans, D.A. van der, W. van Dijk en O. Dolstra (1995). Invloed van plantverdeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstofbenutting door maïs in de jeugdgroei. PAGV-verslag 191, 82 pp, 10 bijlagen.

Schröder, J.J. (1990). Optimale plantgetal van snijmaïs en korrelmaïs PAGV-verslag nr. 108, juli 1990, 37 pp, 27 bijlagen.

Schröder, J.J. (1991). De benutting van stikstof

door maïs met speciale aandacht voor de wortels. CABO-DLO verslag 152, oktober 1991, 53 pp.

Verstraten, F. (1995). Gewaskeuze op droogtegevoelige grond. RSP-bulletin 1-95, pp.35-42.

Weissbach, F. (1992). Problems of the evaluation of silage maize quality. In: Kwaliteit en voederwaarde waardering van snijmaïs. European Maize Meeting 1992, Ophelyssem.

## Belang van vruchtwisseling bij maïs

*ir. W. van Dijk (PAGV), ir. J.J. Schröder (AB-DLO), ing. J.M.A. Nijssen (PR) en H. Everts (PR)*

### Inleiding

Maïs is met ruim 230.000 ha verreweg het grootste akkerbouwmatig geteelde voeder-gewas in Nederland. Een belangrijk deel van het areaal, 64%, is gelegen op rund-veehouderijbedrijven (tabel 23). De rest van het areaal bevindt zich op akkerbouwbedrijven (13%), bedrijven met intensieve veehouderij (8%), bedrijven met veeteeltcombinaties (8%) en gemengde bedrijven (7%).

Op rundveehouderijbedrijven wordt ruw-weg 75% van de maïs jaarlijks op hetzelfde perceel verbouwd. Dit gebeurt veelal uit praktische overwegingen. In verband met melken, omweiden, beregenen en voederwinning wordt het gras bij voorkeur dicht bij het bedrijf geteeld. Maïs wordt dan vaak op verder van het bedrijf gelegen percelen verbouwd. Daarnaast speelt ook perceels-geschiktheid een rol. Uit oogpunt van ont-watering en vochtvoorziening zal maïs vaak op de hoger gelegen, drogere percelen worden geteeld en het gras op de lagere, nattere percelen. Continueelt verdient in dat geval vaak de voorkeur boven vrucht-wisseling.

Op bedrijven met intensieve veehouderij wordt maïs vrijwel altijd in continueelt ver-bouwd. Belangrijkste reden hiervoor is de

tolerantie van het gewas tegen hoge giften dierlijke mest. Op deze manier kan men vrij eenvoudig en goedkoop van de mest afko-men. Omdat alleen maïs deze eigenschap-pen bezit en het bovendien gemakkelijk te telen en te verkopen is, wordt alleen maar maïs geteeld. De huidige mestwetgeving beperkt echter de maximaal toegestane mestgift op maïsland zodat dit argument ten gunste van maïs aan betekenis verliest. Op akkerbouwbedrijven wordt maïs meest-al afgewisseld met andere akker- of tuin-bouwgewassen. Op deze bedrijven zal maïs vaak een graangewas vervangen. Afhankelijk van de snijmaïsprijzen wordt het gewas ook wel afgezet als CCM of korrel-maïs. Doordat maïs evenals graan een monocotyl is, levert het gewas uit oogpunt van bodemgezondheid minder snel proble-men op.

### Opbrengsteffecten

Het jaarlijks telen van maïs op hetzelfde perceel gaat in de praktijk vaak samen met het optreden van bodemverdichting en veronkruiding. Bodemverdichting is een gevolg van gebruik van zware apparatuur bij de mesttoediening en de oogst, met name onder ongunstige omstandigheden. In droge jaren kan dit, zoals uit PAGV-on-

Tabel 23. Verdeling van het maïsareaal over verschillende bedrijfstypes in 1993 (Anonymus, 1994).

bedrijfstype	maïsareaal	
	absoluut (*1000 ha)	relatief (%)
rundveehouderij	145,1	64
akkerbouw <sup>1</sup>	29,9	13
intensieve veehouderij	19,3	8
veeteeltcombinaties	17,8	8
gemengde bedrijven	16,6	7

<sup>1</sup> inclusief tuinbouw en blijvende teelten

derzoek is gebleken, aanzienlijke opbrengstdervingen tot gevolg hebben (Alblas, 1990). Problemen bij de onkruidbestrijding zijn met name een gevolg van het eenzijdig gebruik van het onkruidbestrijdingsmiddel atrazin in combinatie met continueelt. Dit heeft geleid tot selectie van soorten die evenals maïs ongevoelig zijn voor atrazin. Hierdoor is het gebruik van herbiciden bij de teelt van maïs aanzienlijk toegenomen. Voornoemde effecten zijn echter niet direct een gevolg van continueelt. Bij een goed beheer van zowel gewas als bodem kunnen ook bij continueelt bodemverdichting en problemen bij de onkruidbestrijding worden voorkomen. Vruchtwisseling kan het beheer echter wel vereenvoudigen. Daarop wordt in de paragraaf "Onkruidbeheersing" van dit hoofdstuk nader ingegaan.

### Maïs in akkerbouwrotaties

Ook bij een goed beheer blijven nauwe teeltfrequenties echter niet ongestraft (tabel 24). Zo bleek uit onderzoek van de Landbouwniversiteit te Wageningen op zandgrond dat bij continueelt van maïs aanzienlijke opbrengstdervingen (10-20%) kunnen optreden (Scholte, 1987). Hierbij werd continu geteelde maïs vergeleken met maïs geteeld in een rotatie met aardappelen, gerst en suikerbieten. Bij vruchtwisselingsonderzoek van het PAGV op een jonge zeekleigrond te Lelystad bleek dat continueelt van maïs resulteerde in een opbrengstderving van 13% in vergelijking met maïs geteeld in een rotatie met veldbonen, vlas, erwten, bruine bonen en zaaiuien (Huiskamp en Lamers, 1992). Ook in buitenlands onderzoek wordt melding gemaakt van aanzienlijke opbrengstdervingen als gevolg van continueelt (tabel 24).

Het hierboven aangehaalde onderzoek is in veel gevallen aangelegd op percelen waar tot op dat moment sprake was van een gezonde uitgangssituatie, dat wil zeggen dat er geen of weinig maïs geteeld was. De

huidige praktijksituatie kenmerkt zich echter door jarenlange continueelt van maïs. Dit roept de vraag op of het mogelijk is continueelt-depressies op te heffen door de bestaande continueelten te onderbreken met een ander gewas. Omdat verreweg de meeste continueelten zijn gelegen op rundveehouderijbedrijven en op deze bedrijven in veel gevallen alleen gras en maïs wordt geteeld komt vruchtwisseling in de praktijk vaak neer op wisselbouw van maïs en gras.

### Wisselbouw

Aan wisselbouw is onlosmakelijk het scheuren van grasland verbonden. Bij het scheuren komt veel N vrij uit de wortels en stoppels van gras. Aan het onderbreken van continue maïsteelt met gras zijn daarom behalve vruchtwisselingseffecten ook N-effecten verbonden. In 1987 is in een samenwerkingsverband van PAGV, PR, AB-DLO en LUW-Nematologie een meerjarige wisselbouwproef aangelegd op ROC Cranendonck. De proefopzet laat toe voornoemde vruchtwisselings- en N-effecten te scheiden. In tabel 25 zijn de gemiddelde maïsofbrengsten van een aantal rotaties van deze wisselbouwproef weergegeven bij een optimale N-voorziening. De proef is aangelegd op een zandgrond waar tussen 1968 en 1986 continu maïs werd verbouwd. De proefopzet liet niet toe dat elk jaar elke rotatie toetsbaar was. Daarom zijn in tabel 25 voor twee periodes de gemiddelde maïsofbrengsten van de belangrijkste rotaties weergegeven.

Afhankelijk van de in acht genomen periode leidde onderbreking van de continueelt door twee jaar gras tot een opbrengststijging van 2-4%. De opbrengststijging in het tweede jaar na scheuren was van ongeveer dezelfde grootte-orde (niet weergegeven in tabel 25). Onderbreking van de continueelt door vier jaar gras leidde tot een opbrengststijging van 7 %. De opbrengststijging was dus groter naarmate de gras-

**Tabel 24.** Opbrengsteffecten bij maïs als gevolg van vruchtwisseling met verschillende gewassen.

referentie	rotatie <sup>a</sup>	extra maïsoopbrengst t.o.v. continueelt
Scholte, 1987	SB-GE-AA- <u>SM</u>	10-20%
Huiskamp en Lamers, 1992	VB-VL-ER- <u>SM</u> -BB-UI	13%
Györfi, 1984	GE-ER-WT- <u>KM</u>	14%
Le Floch, 1983	WT- <u>KM</u>	10-15%
Raimbault en Vyn, 1991	<u>KM</u> - <u>KM</u> -LU-LU	4%
	<u>KM</u> - <u>KM</u> -SO-WT/GE	5-6%
Crookston et al., 1991	<u>KM</u> -SO	5-10%
Turco et al., 1990		
Griffith et al., 1988		
Peterson en Varvel, 1989	SO- <u>KM</u> -SO- <u>KM</u>	12%
	HA-SG-SO- <u>KM</u>	22%
	SO-SG-HA- <u>KM</u>	15%
Behaegel et al., 1984/1986/1988	GR-GR-GR- <u>SM</u> - <u>SM</u> - <u>SM</u>	4%
Behaegel en Eckhout, 1990		
Nevens et al., 1992		
Nevens en Behaegel, 1993		

\* AA = aardappelen, BB = bruine bonen, ER = erwten, GE = gerst, GR = gras, HA = haver, KM = korrelmaïs, LU = luzerne, SB = suikerbieten, SM = snijmaïs, SG = sorghum, SO = soja, VB = veldbonen, VL = vlas, WT = wintertarwe

**Tabel 25.** Relatieve drogestofopbrengst snijmaïs wisselbouwproef Cranendonck 1989-1993 (Bron: Van Dijk et al., 1995).

rotatie	periode	
	1989-1993	1991-1993
continue maïs	100	100
1 <sup>o</sup> jaars maïs na 2 jaar gras	104	102
1 <sup>o</sup> jaars maïs na 4 jaar gras	-	107
100 = .. ton drogestof/ha	15,0	14,7

periode langer duurde.

Positieve effecten van wisselbouw kunnen ook voortvloeiën uit hogere grasopbrengsten. Hogere grasopbrengsten kunnen een gevolg zijn van positieve effecten van de voorvrucht maïs en de relatief jongere leeftijd van de zode in het geval van wisselbouw. De hier bedoelde voorvruchteffecten moeten echter los worden gezien van zaaitijdeffecten van gras. Bij wisselbouw zal het gras immers later (herfst of zelfs voorjaar) worden gezaaid dan bij continu grasland (nazomer). Dit aspect zal in de paragraaf "Rendabiliteit wisselbouw" nader worden

toegelicht. In de wisselbouwproef werd, bij een gelijk zaaitijdstip (in het voorjaar), geen effect van de voorvrucht maïs op de grasopbrengst waargenomen. Ook bleek de grasopbrengst niet duidelijk te worden beïnvloed door de leeftijd van het grasland. De behaalde resultaten met betrekking tot de maïs komen redelijk overeen met die van onderzoek aan de Universiteit van Gent waarbij maïs in een rotatie van drie jaar gras en drie jaar maïs circa 4% meer opbracht dan maïs in continueelt (tabel 24). Uit beide voornoemde wisselbouwproeven blijkt dus dat onderbreking van de

continueelt van maïs met gras, kennelijk tot een minder grote opbrengststijging leidt dan de onderbreking met andere akkerbouwgewassen (zie tabel 24). Desondanks wordt in de praktijk vaak melding gemaakt van sterk verhoogde maïsoopbrengsten op gescheurd grasland. Dit mag echter niet zonder meer worden opgevat als een pleidooi voor wisselbouw. Immers, hogere maïsoopbrengsten kunnen in dat geval deels het gevolg zijn van het feit dat op de voormalige graspercelen nooit eerder maïs stond ('maagdelijke grond'). Bovendien kan maïs gedurende de eerste jaren profiteren van een geringe bodemverdichting in de diepere lagen van het voormalige graslandperceel. Die geringere verdichting is geen verdienste van vruchtwisseling maar een direct gevolg van het feit dat het bodembeheer op grasland zorgvuldiger plaatsvindt dan op maïsland en gronden met een hoog organischestof-gehalte (zoals oud grasland) zich minder snel laten verdichten.

## Bodempathogenen

Opbrengsteffecten als gevolg van vruchtwisseling zijn vaak terug te voeren op veranderingen in populaties van bodempathogenen. Bij maïs spelen met name wortelverbruining en incidenteel aaltjes een rol.

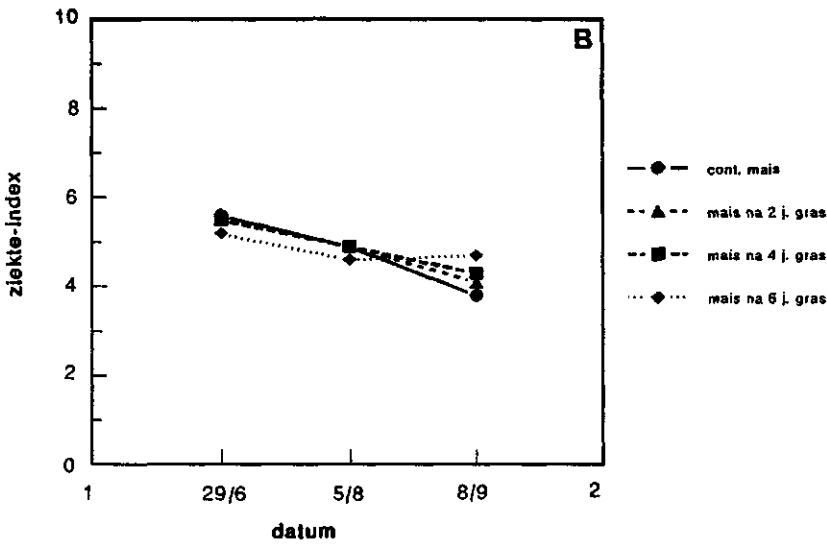
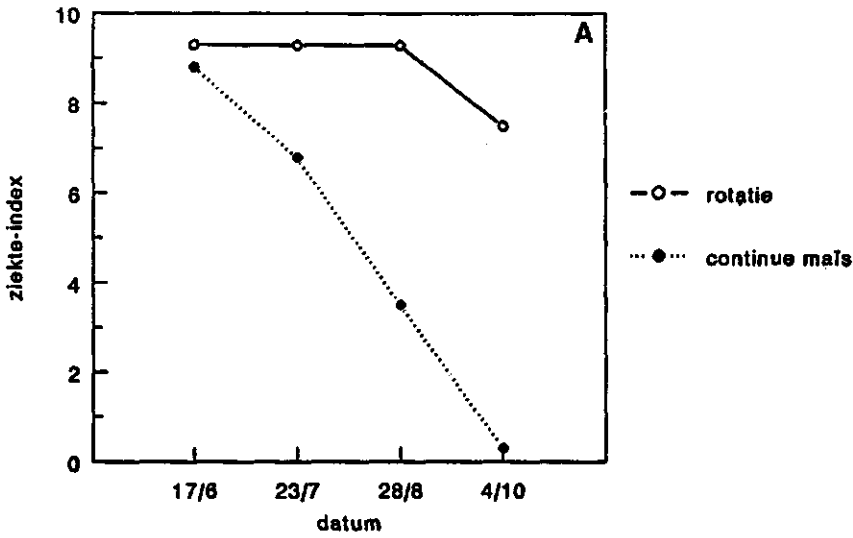
## Wortelverbruining

Wortelverbruining is een bruinverkleuring van het wortelstelsel veroorzaakt door *Pythium*- en *Fusarium*schimmels. Uit een in 1986 uitgevoerde praktijkenquête bleek dat de aantasting het beste bestreden kon worden door vruchtwisseling (Schröder et al., 1989). Hoe ruimer de teeltfrequentie van maïs, hoe minder sterk de aantasting door wortelverbruining (tabel 26). Ook bij eerder genoemd Nederlands vruchtwisselingsonderzoek waarin continu snijmaïs werd vergeleken met snijmaïs in rotatie met akkerbouwgewassen (LUW/PAGV, tabel 24), speelde deze ziekte een belangrijke rol bij de verklaring van continueeltdepressies (figuur 16A). Bij de wisselbouwproef op ROC Cranendonck kwamen weliswaar ernstige aantastingen voor, maar onderbreking van de continueelt met gras leidde echter in geen enkel jaar tot een minder zware aantasting (figuur 16B). Wortelverbruining vormde dus geen verklaring voor de meeropbrengst van maïs als gevolg van wisselbouw met gras. Het is mogelijk dat de ziektedruk dermate hoog was dat de grasperiodes te kort geweest zijn om deze te verminderen. De proef was immers aangelegd op een perceel waar sinds 1968 jaarlijks maïs was geteeld. Ook kan het zijn dat de voor wortelverbruining verantwoordelijke schimmels zich ook kunnen ver-

Tabel 26. Frequentieverdeling (%) over de verschillende verbruiningsklassen (0 = veel, 10 = geen verbruining) per teeltfrequentie op 91 praktijkpercelen in 1986 (Bron: Schröder et al., 1989).

verbruiningsklasse	teeltfrequentie		
	1:6	1:3	1:1
0,0 - 2,0	0	0	0
2,1 - 4,0	0	4	37
4,1 - 6,0	3	28	49
6,1 - 8,0	7	36	14
8,1 - 10,0	90	32	0
gemiddelde verbruining	8,9	6,9	4,5
aantal percelen	31	25	35





**Figuur 16.** Verloop van de aantasting van maïswortels door wortelverbruining in relatie tot rotatie met akkerbouwgewassen (A) en gras (B) (0 = veel, 10 = geen wortelverbruining) (Bron: Scholte, 1987; Van Dijk et al., 1995).

meerderen op graswortels. Pas wanneer de komende jaren ook informatie verkregen wordt over de langere onderbrekingen van de continueelt met gras kan hierover uitsluitel worden verkregen.

Uit eerder onderzoek is gebleken dat er duidelijk sprake was van rasverschillen in vatbaarheid voor wortelverbruining (Schröder et al., 1989). Dit roept de vraag op of minder vatbare rassen bij nauwe teeltfrequenties relatief beter presteren dan vatbare rassen. Onderzoeksresultaten leveren een wisselend beeld op (tabel 27). Vergelijking van een vatbaar en een minder vatbaar ras in de reeds genoemde LUW-vruchtwisselingsproef wees uit dat bij continueelt de opbrengst van een vatbaar ras inderdaad sterker achterbleef dan die van een minder vatbaar ras. In de wisselbouwproef op ROC Cranendonck bleek dit echter niet het geval te zijn. Voor een belangrijk deel zal dit samenhangen met het feit dat de verschillen in aantastingsniveau tussen de nauwe en ruime rotatie gering waren. In de PAGV-vruchtwisselingsproef kon echter ook bij aanwezigheid van duidelijke aantastingsverschillen tussen rotaties geen ras-bouwplan-interactie worden aangetoond. Mogelijk spelen ook andere ras-milieu-interacties hierbij een rol. Voor de vermindering van continueeltdrepressies speelt rassenkeuze derhalve geen belangrijke rol.

## Aaltjes

De meest algemeen voorkomende plantparasitaire aaltjesgeslachten bij maïs zijn *Pratylenchus* en *Tylenchorhynchus*. Vroeger onderzoek heeft uitgewezen dat met name de populatie aan *Pratylenchus*-aaltjes toenam bij een nauwere teeltfrequentie van maïs (Maenhout et al., 1983). Onderbreking van de continueelt door gras leidde bij de wisselbouwproef op ROC Cranendonck niet tot duidelijk lagere populaties aan *Pratylenchus*- en *Tylenchorhynchus*-aaltjes (Van Dijk et al., 1995). Bovendien waren de absolute aantallen vrij laag. Ook het achterwege blijven van opbrengsteffecten als gevolg van toepassing van een nematicide bij continue maïs duidt erop dat aaltjes waarschijnlijk geen grote rol hebben gespeeld. Dit is in overeenstemming met onderzoek van Scholte en 's Jacob (1983) en Ten Hag et al. (1983).

De laatste jaren worden met name in het Zuid-Oostelijk zandgebied de problemen met het maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*) steeds groter. Dit aaltje heeft een brede waardplantreeks, waaronder maïs, en is daardoor moeilijk te bestrijden. Anders dan de naam doet vermoeden blijken met name hoog salderende gewassen als aardappelen, schorseneren en peen zeer gevoelig voor dit aaltje (Brommer, 1995). Schade aan de maïs speelt

**Tabel 27.** Relatieve drogestofopbrengst van de snijmaïs in relatie tot ras en rotatie bij verschillende vruchtwisselingsproeven (Bron: Schröder et al., 1989; Van Dijk et al., 1995; Huiskamp en Lamers, 1992).

rotatie: ras <sup>4</sup>	proef					
	LUW		Cranendonck		PAGV	
	continuu	ruim <sup>1</sup>	continuu	ruim <sup>2</sup>	continuu	ruim <sup>3</sup>
vatbaar	84	100	89	100	92	100
resistent	92	100	90	100	89	100

<sup>1</sup> rotatie met aardappelen, gerst en suikerbieten

<sup>2</sup> rotatie met gras (1<sup>o</sup> jaars maïs na 4 jaar gras)

<sup>3</sup> rotatie met veldbonen, vlas, erwten, bruine bonen en zaaiuien

<sup>4</sup> per ras is de opbrengst bij een ruime rotatie op 100 gesteld

een veel minder belangrijke rol.

### Overige plagen en ziekten

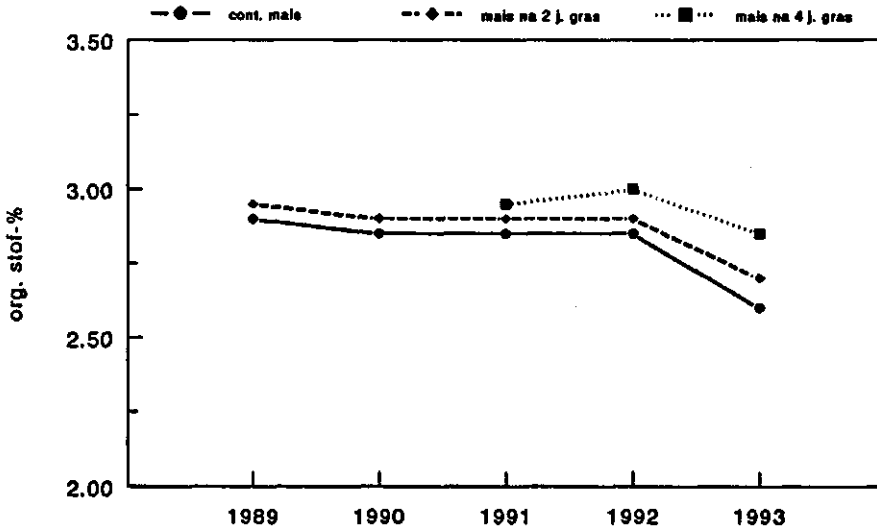
Insekten die schade kunnen toebrengen aan maïs zijn fritvlieg en ritnaalden. De omvang van een eventuele fritvliegaantasting hangt echter nauwelijks samen met de voorvrucht. Bovendien geeft de standaard uitgevoerde zaadontsmetting tegen vogelvraat en kiemschimmels meestal ook een voldoende bestrijding tegen fritvlieg. Schade door ritnaalden kan versterkt optreden in geval van wisselbouw. Doordat de opbouw van de ritnaaldenpopulatie vrij langzaam verloopt, treedt bij kortdurende grasperiodes, naar verwachting geen problemen op en kan bestrijding achterwege worden gelaten. Lopend PAGV-onderzoek zal moeten uitwijzen vanaf welke populaties bestrijding zinvol is zodat overbodige bestrijdingen worden voorkomen.

Belangrijke schimmelziekten, naast wortelverbruining, zijn stengelrot en bulenbrand. In jaren met een hoge ziektedruk, treedt

echter geen duidelijk verband op tussen aantasting en de teeltfrequentie van maïs. Chemische bestrijding van deze ziekten is niet mogelijk. Wel bestaan er tussen rassen verschillen in resistentie tegen stengelrot en bulenbrand.

### Fysische bodemvruchtbaarheid

Bij de beoordeling van de fysische bodemvruchtbaarheid spelen met name het humusgehalte en het optreden van verdichte lagen een belangrijke rol. Wanneer door lagere mestgiften de organischestof-toevoer in het geding komt (vooral bij gebruik van varkens- en kippemest; Schröder en Van Dijk, 1995) kan vruchtwisseling met gewassen die veel organische stof achterlaten zoals granen en gras, voor een welkome aanvulling zorgen. Bij de wisselbouwproef op ROC Cranendonck was er sprake van een tendens dat onderbreking van de continuïteit met twee of vier jaar gras tot een wat hoger humusgehalte leidde (figuur 17).



Figuur 17. Verloop van het humusgehalte (%) in de laag 0-30 cm in de tijd bij continue maïs en maïs geteeld na 2 en 4 jaar gras (bepaling heeft jaarlijks vlak voor het scheuren plaatsgevonden) (Bron: Van Dijk et al., 1992).

Het is echter zeer de vraag of een dergelijke verhoging verantwoordelijk is geweest voor de waargenomen positieve opbrengsteffecten van wisselbouw. Bij continueelt kan de organischestof-toevoer echter ook op peil worden gehouden door het achterlaten van maïsstro en in mindere mate door de teelt van een groenbemester. Zoals reeds vermeld worden maïsspercelen vaak gekenmerkt door de aanwezigheid van verdichte bodemlagen. Vruchtwisseling op zich biedt geen oplossing voor opheffing van verdichte lagen. Een eenmaal verdichte bodem raakt niet opnieuw bewortelbaar door de teelt van een ander gewas. Wel kunnen hierdoor gunstige omstandigheden worden geschapen om verdichtingen op te heffen. Zo kan het opnemen van vroeg het veld ruimende gewassen in de rotatie, zoals granen, de mogelijkheden vergroten om onder gunstige omstandigheden een diepe grondbewerking uit te voeren.

Na een diepe grondbewerking kan gemakkelijk herverdichting optreden. Ook hierbij kan vruchtwisseling een rol spelen. Door het telen van diep-wortelende gewassen na een diepe grondbewerking kan herverdichting mogelijk worden voorkomen. Recent PAGV-onderzoek wees echter uit dat dit echter weinig effectief bleek (Alblas, 1990). Herverdichting vond in dit onderzoek echter plaats met zware apparatuur. Bij gebruik van minder zware apparatuur of een lagere bandenspanning kunnen diep wortelende gewassen mogelijk wel een bijdrage leveren aan stabilisatie van de bodemstructuur.

## Onkruidbeheersing

Vaak wordt aan vruchtwisseling een onkruidbestrijdend effect toegekend. Wanneer maïs wordt afgewisseld met andere akkerbouwgewassen kan dit inderdaad het geval zijn. Door verschillen in zaaitijdstip en tijdstip van onkruidbestrijding bij verschillende gewassen en een afwisselend gebruik van verschillende onkruidbestrijdingsmiddelen

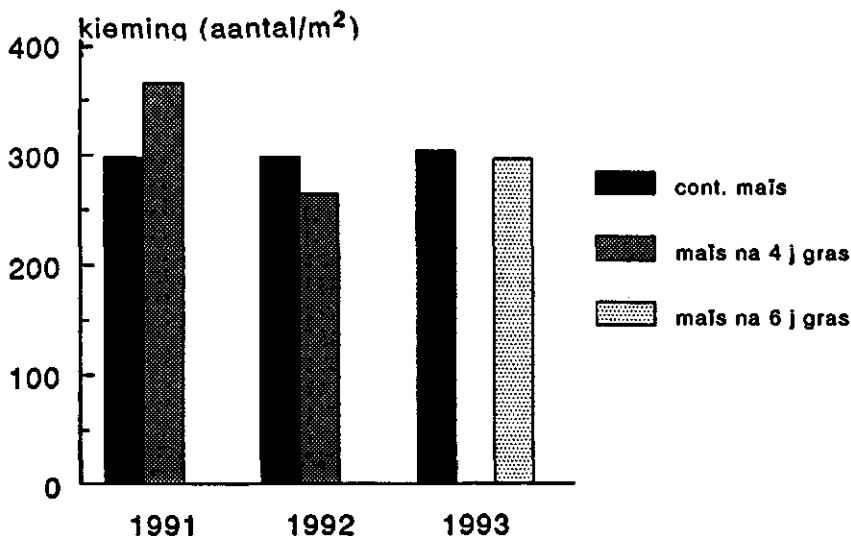
kan selectie en resistentie van lastige onkruidsoorten worden teruggedrongen.

Bij wisselbouw van maïs en gras is er echter sprake van een andere situatie. Uit onkruidtellingen in de wisselbouwproef bleek dat de onkruiddruk niet afnam door de continueelt een aantal jaren te onderbreken met gras (figuur 18). Overigens geven deze cijfers geen uitsluitel over een eventuele afname van de zaadvoorraad tijdens de grasperiode. De waargenomen effecten zijn echter niet verrassend omdat bekend is dat het zaad van bepaalde soorten, zoals hanepoot, lang vitaal kan blijven in onbewerkt grasland (Laudien, 1972; Lattke, 1979). Bovendien wordt tijdens de grasperiode een reductie van de zaadvoorraad via het stimuleren van de kieming door herhaalde grondbewerkingen, verhinderd. Voor de reductie van de zaadvoorraad lijkt een tijdelijke, korte periode van grasland dan ook geen al te grote betekenis te hebben. Door wisselbouw kan echter wel selectie van bepaalde lastige onkruiden worden vertraagd. In geval van continueelt kan selectie ook worden teruggedrongen door een afwisselend gebruik van herbiciden en een meer mechanische aanpak van de onkruidbestrijding.

Voor wortelonkruiden biedt een grasperiode waarschijnlijk meer uitkomst. Door herhaaldelijk te maaien kunnen wortelonkruiden worden uitgeput (Kloen en Post, 1989). Wortelonkruiden zijn op een mechanische wijze in akkerbouwgewassen vrijwel niet te bestrijden. Wanneer men geen chemische bestrijding wil toepassen kan een kunstweide mogelijk een oplossing bieden.

## Rendabiliteit wisselbouw

De vraag of vruchtwisseling een rendabel systeem is speelt met name op rundveehouderijbedrijven waar vruchtwisseling vaak alleen mogelijk is in de vorm van wisselbouw. Naast de reeds genoemde opbrengstvoordelen zijn aan wisselbouw namelijk ook nadelen verbonden. Bij wissel-



**Figuur 18.** Onkruidbezetting (aantal/m<sup>2</sup>) vlak voor de bestrijding bij verschillende rotaties met maïs en gras in de jaren 1991 t/m 1993 (het betrof hier hoofdzakelijk meldesoorten) (Bron: Van Dijk et al., 1995).

bouw zal het inzaaipercentage in het algemeen hoger liggen dan bij blijvend grasland. Dit brengt extra kosten met zich mee. Daarnaast is de slagingskans van gras na maïs als gevolg van de latere zaaitijd geringer hetgeen ten koste kan gaan van de grasopbrengsten in het eerste jaar na inzaai. Een ander nadeel kan zijn dat bij wisselbouw gras of maïs wordt geteeld op percelen die daarvoor uit oogpunt van ligging, ontwatering en vochtvoorziening minder geschikt zijn. Bovendien moet ook rekening worden gehouden met extra kosten voor afrasteringen, drinkwatervoorzieningen en beregeningsfaciliteiten. Ook kan één ritnaaldenbestrijding in maïs na gras noodzakelijk zijn. In geval van grasperiodes korter dan 5-6 jaar zal dit echter veelal niet nodig zijn. Tenslotte zijn kunstweiden vertrappingsgevoeliger dan blijvend grasland. Om de economische gevolgen van wisselbouw in beeld te brengen is een aantal bedrijfssituaties doorgerekend met het PR-

bedrijfsbegrotingsprogramma BBPR.

### Uitgangspunten

Er is gekozen voor een bedrijf van 30 hectare met een melkquotum van 16.500 kg per ha. Het bedrijf ligt op een vrij droge zandgrond (grondwatertrap V) met slechts een dun organisch dek. Doordat het bedrijf vrij intensief is kan slechts circa 55% van het benodigde ruwvoer op het bedrijf worden gewonnen. Wijzigingen in de ruwvoerpositie van het bedrijf worden daardoor direct duidelijk in de aankoopkosten voor ruwvoer. De koeien worden beperkt geweid en 's nachts bijgevoerd met 6 kg droge stof uit snijmaïs.

In de berekeningen is continuïteit van snijmaïs op hetzelfde perceel afgezet tegen vier verschillende wisselbouwvarianten (tabel 28). Bij de varianten 2:1 en 2:2 wordt op het zelfde perceel steeds twee jaar gras gevolgd door respectievelijk één en twee

**Tabel 28.** Relatieve opbrengst van snijmaïs in wisselbouw in de jaren nadat grasland is gescheurd.

rotatie	jaar			
	1	2	3	4
continu	100	-	-	-
2:1	103	-	-	-
2:2	103	102	-	-
4:1	107	-	-	-
4:4	107	105	102	100

jaar maïs. Bij de varianten 4:1 en 4:4 wordt vier jaar gras gevolgd door respectievelijk één en vier jaar maïs. De opbrengstverhoging van snijmaïs als gevolg van wisselbouw is eveneens vermeld in tabel 28. De variant 4:4 was niet in de proef op ROC Cranendonck opgenomen. De opbrengsten in het tweede, derde en vierde jaar na scheuren zijn daarom geschat.

De opbrengst van nieuw grasland wordt beïnvloed door het moment van herinzaai. Blijvend grasland wordt indien nodig volgens het advies in het midden van augustus opnieuw ingezaaid nadat de oude zode eerst is doodgespoten. Bij de eerste snede van het volgende jaar is dan geen sprake van opbrengstderving. Er is gerekend met een jaarlijks herinzaaipercantage van 10%. Gras dat in wisselbouw met maïs wordt geteeld, kan pas in de eerste helft van oktober worden ingezaaid. De zode kan zich dan minder goed ontwikkelen, wat naar schatting leidt tot 30% opbrengstreductie in de eerste snede van het volgende jaar. Als een vroeg maïsras wordt geteeld kan al half september worden ingezaaid. De opbrengstderving in de eerste snede van het volgende jaar is dan geschat op 15%. Wel is de opbrengst van deze vroege maïsrasen 4% lager vergeleken met latere rassen. Wanneer najaarsinzaai van grasland mislukt moet in het voorjaar worden doorgezaaid. Ook als het najaar te nat is, zal het gras in het voorjaar ingezaaid moeten worden. De opbrengst van de eerste snede bedraagt dan slechts 20%. Bij najaarsinzaai van gras na teelt van een laat maïsras is gerekend met een kans op mislukken van één keer per drie jaar en

van één keer per zes jaar. Bij inzaai van gras na de teelt van een vroeg maïsras is gerekend met een faalkans van nul en van één keer in de zes jaar.

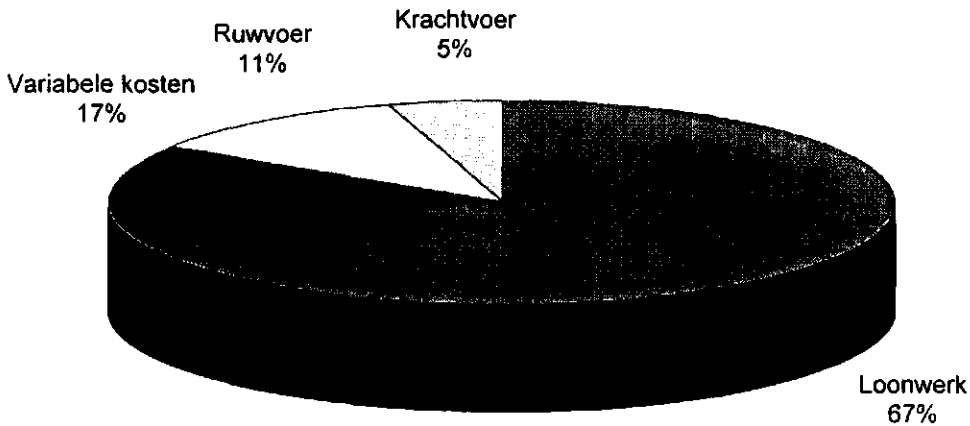
## Economie

In tabel 29 zijn de verschillen in saldo per hectare opgenomen tussen continueelt van snijmaïs en snijmaïs in wisselbouw. Van het saldo zijn ook de loonwerkkosten afgetrokken. Uit de berekeningen blijkt dat wisselbouw in de meeste van de doorgekende situaties economisch niet interessant is. Alleen bij een laag aandeel maïs op het bedrijf en bij nauwere rotaties (4:4) is het saldo vrijwel gelijk. De extra kosten als gevolg van wisselbouw worden in de meeste gevallen onvoldoende gecompenseerd door de extra drogestofopbrengst van snijmaïs.

Met name de kosten voor loonwerk stijgen bij wisselbouw explosief (figuur 19). Dit wordt veroorzaakt doordat grasland in wisselbouw veel vaker opnieuw ingezaaid moet worden dan bij continueelt van snijmaïs en gras het geval is. De loonwerkkosten voor herinzaai bedragen in deze berekeningen f 900,- per hectare. Wanneer de herinzaai in het najaar niet slaagt wordt in het voorjaar doorgezaaid voor een tarief van f 285,- per hectare. Wanneer het percentage herinzaai op blijvend grasland hoger is wordt het verschil tussen wisselbouw en continueelt iets minder groot. Toch wordt ook bij een percentage herinzaai van 15%, dus eens in de zes tot zeven jaar, in de meeste situaties wisselbouw niet snel interessanter. Alleen bij een laag maïs-aandeel op het bedrijf in combinatie met

Tabel 29. Verschil in saldo minus loonwerkkosten (f/ha) tussen continu teelt en wisselbouw van maïs en gras.

ras: herinzaai gras: faalkans:		laat maïsras			vroeg maïsras	
		voorjaar	najaar		najaar	
		0	1:6	1:3	0	1:6
opp. maïs	rotatie					
5	2:1	-210	-170	-190	-150	-170
5	2:2	-100	-70	-80	-80	-80
5	4:1	-150	-110	-130	-90	-120
5	4:4	-30	-10	-10	-20	-20
10	2:1		-350	-400	-320	-380
10	2:2	-210	-160	-190	-170	-190
10	4:4	-60	-40	-50	-60	-70
15	2:2	-300	-250	-280	-260	-300
15	4:4	-90	-60	-80	-90	-110



Figuur 19. Verdeling van de extra kosten bij wisselbouw van maïs en gras.

een nauwe rotatie (4:4) waren de saldo's van wisselbouw en continueelt vergelijkbaar. Naast extra loonwerkkosten wordt bij wisselbouw extra geld besteed aan zaai-zaad en onkruidbestrijdingsmiddelen bij de herinzaai van grasland. Daar staat wel een besparing tegenover. De stikstofgift op snijmaïs die geteeld wordt op percelen waar het jaar daarvoor gras groeide, kan worden verlaagd met 50 kg N per hectare. Dat komt doordat bij de mineralisatie van de graszode veel N vrijkomt die door de maïs behut kan worden. Bovendien hoeft de graszode bij wisselbouw niet doodgespoten te worden. Dit bespaart kosten van loonwerk en doodspuitmiddel.

De kosten voor aankoop van ruwvoer zijn bij wisselbouw wat hoger dan bij continueelt. De snijmaïsofbrengst is wel hoger, maar doordat het grasland laat wordt ingezaaid wordt een gedeelte van de eerste snede in het volgende jaar gemist. Bij grasland is dat juist de periode waarin het gras het snelst groeit. Hierdoor daalt de zelfvoorzieningsgraad voor ruwvoer bij wisselbouw met maximaal 4%. Dit heeft tot gevolg dat meer snijmaïs moet worden aangekocht. Wanneer het winterrantsoen meer snijmaïs bevat moet bovendien in verhouding meer eiwitrijk krachtvoer gevoerd worden. Dit leidt tot iets hogere kosten.

## Milieukundige effecten

### Inzet gewasbeschermingsmiddelen

Gewasbescherming bij de teelt van maïs richt zich met name op onkruidbestrijding. Bestrijding van ziekten en plagen speelt, behoudens een zaadontsmetting, vrijwel geen rol (zie ook paragraaf "Overige plagen en ziekten" van dit hoofdstuk). Weliswaar treden bij de teelt van maïs ziektes op zoals stengelrot, builenbrand en wortelverbruining, maar deze worden niet chemisch bestreden. Wel vindt incidenteel een bestrijding plaats tegen ritnaalden wanneer maïs wordt geteeld na gras.

Wanneer maïs wordt geteeld in vruchtwisseling met andere akkerbouwgewassen kan als gevolg van het minder snel uitslecteren van ongevoelige onkruidpopulaties, de onkruidbestrijding vereenvoudigen waardoor het gebruik van herbiciden mogelijk kan worden verlaagd (zie paragraaf 'Onkruidbeheersing' van dit hoofdstuk). Op rundveehouderijbedrijven is het echter twijfelachtig of vruchtwisseling, in de vorm van wisselbouw, zal leiden tot een lager gebruik van bestrijdingsmiddelen. Zoals reeds vermeld lijkt het belang van korte grasperiodes op de kieming van zaadonkruiden beperkt. Daarnaast zal de zode bij het scheuren van grasland vaak worden doodgespoten en zal, afhankelijk van de leeftijd van het grasland, een ritnaaldenbestrijding worden uitgevoerd. Ook zal bij inzaai van grasland vaker een onkruidbestrijding nodig zijn. Per saldo zal het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in dergelijke situaties waarschijnlijk dan ook niet afnemen.

### Beperking nutriënten-emissies

Wanneer vruchtwisseling door verbetering van de bodemstructuur en de wortelgezondheid leidt tot hogere maïsofbrengsten en een hogere opname van nutriënten is dit gunstig voor de benutting. Dit zal echter niet het geval zijn wanneer maïs, in het kader van vruchtwisseling, van tijd tot tijd wordt geteeld op percelen die daarvoor minder geschikt zijn.

Op kleigrond wordt dierlijke mest omwille van structuurbehoud al in het najaar toegediend. Onder dergelijke omstandigheden kan vruchtwisseling bijdragen aan een betere benutting van stikstof. Groenbemesters, geteeld na een vroeg het veld ruimend gewas, kunnen de minerale N in de mest voor een deel vastleggen. Bij continueelt is dit uitgesloten vanwege het late oogsttijdstip van maïs. In die situatie zal een groot deel van de mest-N, gedurende de herfst en winter, verloren gaan.

Op biologische bedrijven waar geen kunst-



mest-N wordt gebruikt kan vruchtwisseling van akkerbouwgewassen met vlinderbloemigen een vereiste zijn wanneer de N-behoefte van akkerbouwgewassen slechts ten dele kan worden gedekt met dierlijke mest. Op melkveehouderijbedrijven kan dan bijvoorbeeld worden gedacht aan afwisseling van maïs of andere voedergewassen met gras-klover-weides. Bijkomend voordeel is dat de klover zich beter kan handhaven wanneer gras-klover-weides worden afgewisseld met akkerbouwgewassen (Hoogerkamp, 1973).

Het scheuren van grasland bij wisselbouw kan echter leiden tot aanzienlijke toename van de hoeveelheid minerale bodem-N door het vrijkomen van grote hoeveelheden N uit de verterende graszode. Schattingen betreffende de hoeveelheid stikstof die bij het scheuren van grasland wordt ondergeploegd lopen uiteen van 200-6000 kg organische N per ha (Schröder et al., 1992). Deze variatie is deels een gevolg van verschillen in leeftijd en management van het grasland.

Milieukundig gezien dient de vrijkomende N zo volledig mogelijk door een volggewas te worden opgenomen. In tabel 30 zijn enige cijfers van de wisselbouwproef op ROC Cranendonck weergegeven. Gelet op de vrijgekomen hoeveelheid N moet een volggewas in staat worden geacht deze hoeveelheid op te nemen. De hoeveelheid N die vrijkwam hing enigszins af van de leeftijd en het N-bemestingsniveau van het grasland. Modelberekeningen van Schröder

et al. (1992) toonden aan dat de hoeveelheid N die vrijkomt na het scheuren van grasland sterk afhangt van de hoeveelheid N die jaarlijks in graswortels wordt vastgelegd, de duur van de grasland- en de akkerbouwperiode en de snelheid waarmee de organische N wordt afgebroken. Het onderscheppen van de vrijgekomen N wordt lastiger bij relatief langere grasperiodes en kortere akkerbouwperiodes, een sterkere N-ophoping onder grasland en een snellere afbraaksnelheid in de akkerbouwperiode. Geconcludeerd werd dat de hoeveelheid N die vrijkomt uit gescheurd grasland in principe kan worden benut door een volggewas zolang het grasland niet te oud is, het grasland niet te zwaar is bemest en de akkerbouwperiode minstens enkele jaren duurt. Daarnaast speelt ook het tijdstip van scheuren een belangrijke rol. Wanneer in het voorjaar wordt gescheurd zal er minder N verloren gaan dan wanneer dit in het najaar plaatsvindt. Vanzelfsprekend beperken de voornoemde maatregelen rond het scheuren van grasland het N-verlies alleen dan, wanneer de vrijkomende N in mindering wordt gebracht op de bemesting van het volgende (maïs)gewas. Bij de huidige advisering wordt uitgegaan van een korting van 50 kg N per ha. Lopend onderzoek zal moeten uitwijzen in hoeverre dit zal moeten worden aangepast.

Toch kunnen er, ook bij een aangepaste bemesting, gemakkelijk problemen ontstaan. Voor een hoge N-benutting stelt

**Tabel 30.** De extra N-mineralisatie (kg/ha/jaar) tussen voorjaar en herfst op maïsland in het eerste jaar na het scheuren in relatie tot bemestingsniveau en leeftijd van het grasland (gemiddelde waarden van 1991-1993) (Bron: Van Dijk et al., 1995).

	leeftijd grasland			
	twee jaar		vier jaar	
N-gift op grasland <sup>1</sup> (kg/ha/jaar)	180	580	180	580
extra N-mineralisatie als gevolg van scheuren van gras <sup>2</sup> (kg/ha/jaar)	79	96	95	102

<sup>1</sup> som van minerale N uit kunstmest en dierlijke mest

<sup>2</sup> berekend als verschil in de balans van continu maïs en die van maïs na gras; balans:

$(N \text{ in maïs}) + (N_{\text{min,herfst}}) - (N_{\text{min,voorjaar}}) - (N \text{ in kunstmest}) - (NH_4\text{-N in drijfmest}) = \text{netto-N-mineralisatie}$

maïs namelijk eisen aan de timing en plaatsing van meststoffen (Schröder en Van Dijk, 1995). Met kunstmest en dierlijke mest kan hieraan beter worden voldaan dan met gescheurd grasland. Bovendien stopt de actieve N-opname van maïs al vrij vroeg in het groeiseizoen, waardoor de N die in de nazomer en herfst vrijkomt uit de verterende zode, niet meer opgenomen wordt door de maïs. Daarom zal na maïs in ieder geval een wintergewas moeten worden geteeld of zal moeten worden overwogen in het eerste jaar na scheuren voederbieten te telen.

## Aanbevelingen voor de praktijk

- \* Maïs in vruchtwisseling met akkerbouwgewassen geeft aanzienlijk hogere opbrengsten (10-20%) vergeleken met continueelt. Wortelverbruining speelt hierbij een belangrijke rol.
- \* Het telen van een maïsras dat minder gevoelig is voor wortelverbruining biedt echter geen oplossing om opbrengstderivingen bij continueelt te voorkomen.
- \* Ook wisselbouw van maïs en gras leidt tot hogere maïsoopbrengsten (2-7%). Op melkveebedrijven is wisselbouw echter economisch meestal niet aantrekkelijk. Dit komt doordat de hogere maïsoopbrengsten teniet worden gedaan door lagere grasopbrengsten en hogere loonwerk-kosten.
- \* Denk bij continueelt aan het volgende:
  - Probeer selectie van lastige onkruiden zo veel mogelijk te voorkomen door:
    - \* een afwisselend gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen;
    - \* een meer mechanische aanpak van de onkruidbestrijding.
  - Voorkom bodembederf door:
    - \* tijdig te oogsten (tijdige zaai, vroege rassen);
    - \* de bandenspanning aan te passen;
    - \* bij de oogst ontstane sporen zo snel mogelijk los te trekken;
    - \* het humusgehalte op peil te houden (met name bij gebruik van varkens-

en kippemest) door het achterlaten van maïsstro of een groenbemester te telen.

- \* Wanneer toch wisselbouw wordt toegepast, voorkom dan onnodige N-verliezen bij de teelt van maïs door:
  - het grasland pas in het voorjaar te scheuren (vier tot zes weken voor zaai);
  - de N-gift van de maïs te verlagen met 50 kg N per ha;
  - een wintergewas te telen na de oogst van de maïs.
- \* Bij een aangepaste teeltwijze is continueelt niet strijdig met een milieuvriendelijke maïsteelt.

## Literatuur

Anonymus (1994). Landbouwcijfers 1994, LEI-DLO (Den Haag) en CBS (Voorburg).

Alblas, J. (1990). Bodemverdichting bij de teelt van maïs. In: Gewasdag Maïs, PAGV-verslag nr. 117, p.24-40.

Behaage, T. en G. Eeckhaut (1990). Beknopt verslag van de resultaten 1988-1990 van het nationaal centrum voor grasland- en groenvoeronderzoek, 2e sectie. Mededeling nr. 1990/2 van de Leerstoel voor Plantenteelt, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Gent, p.23-29.

Behaage, T., J. Traets, G. Eeckhaut, D. Reheul en J. Stryckers (1984). Beknopt verslag van de resultaten 1982-1984 van het nationaal centrum voor grasland- en groenvoeronderzoek, 2e sectie. Mededeling nr. 1984/2 van de Leerstoel voor Plantenteelt, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Gent, p.29-31.

Behaage, T., G. Eeckhaut en J. Traets (1986). Beknopt verslag van de resultaten 1984-1986 van het nationaal centrum voor grasland- en groenvoeronderzoek, 2e sectie. Mededeling nr. 1986/2 van de Leerstoel voor Plantenteelt, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Gent, p.17-20.

Behaage, T., G. Eeckhaut en M.T. Jonck (1988). Beknopt verslag van de resultaten 1986-1988 van het nationaal centrum voor grasland- en groenvoeronderzoek, 2e sectie. Mededeling nr. 1988/2 van de Leerstoel voor Plantenteelt, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Gent, p. 24.

Brommer, E. (1995). Teelt van schorseneren en aardappelen bij een Meloidogyne chitwoodi be-

smetting. In: Werken aan betere kwaliteit, PAGV-praktijkdag 1995.

Crookston, R.K., J.E. Kurle, P.J. Copeland, J.H. Ford en W.E. Lueschen (1991). Rotational Cropping Sequence affects yield of corn and soybean. *Agronomy Journal* 83, p.108-113.

Dijk, W. van, J. Lamers, H. Everts, T. Baan Hofman en J. van Bezooijen (1995). Effecten van maïs-grasvruchtwisseling. PAGV-verslag (in voorbereiding).

Floch, D. Le (1983). La monoculture de maïs est-elle possible? In: Journées d'étude Rotations céréalières intensives ONIC-INRA, p. 1-22.

Györfy, B. (1984). Fruchtfolge und Monokultur in Maisanbau. Tagungsbericht, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin 224, p. 119-123.

Griffith, D.R., E.J. Klavivko, J.V. Mannering, T.D. West en S.D. Parsons (1988). Long-term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter, poorly drained soils. *Agronomy Journal* 80, p.599-605.

Hag, B.A. ten, H.M.G. van der Werf en H. Brinkman (1983). Onderzoek naar de schade door vrijlevende wortelaaltjes; bestrijdingsproeven 1979-1981. In: De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs, PAGV-verslag nr. 6, Lelystad, p. 24-44.

Hoogerkamp, M. (1973). De ophoping van organische stof onder grasland en de invloed hiervan op de opbrengst van grasland en akkerbouwgewassen: tijdelijk grasland, al dan niet periodiek heringezaaid, blijvend grasland of oud grasland. Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen, Wageningen, 235 pp.

Huiskamp, Th. en J. Lamers (1992). Teeltfrequentie-effecten bij erwten, veldbonen, bruine bonen, snijmaïs, vlas en uien. PAGV-verslag nr. 143, PAGV, Lelystad, 74 pp.

Kloen, H. en B.J. Post (1989). Onkruidbeheersing in de biologische landbouw; een programmeringsstudie, Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde, LUW, Wageningen, 60 pp.

Latke, H. (1979). Biologische-oekologische Kennziffern für Unkrauthirschen. *Nachrichtenblatt für den pflanzenschutz in der DDR* 33(1), p. 1-4.

Laudien, H. (1972). Beiträge zur Biologie, Oekologie, wirtschaftlichen Bedeutung und Verbreitung der Schadhirschen *Echinogloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria glauca* und *Setaria viridis* in

der BRD. Dissertation Hohenheim Hochschule.

Maenhout, C.A.A.A., J.J. 's Jacob en P.W.Th. Maas (1983). Onderzoek naar het voorkomen van vrijlevende wortelaaltjes in relatie tot de teelt van snijmaïs. In: De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs, PAGV-verslag nr. 6, p. 3-11.

Nevens, F. en T. Behaeghe (1993). Beknopt verslag van de resultaten 1992 van het nationaal centrum voor grasland- en groenvoederonderzoek, 2e sectie. Mededeling nr. 1993/1 van de Leerstoel voor Plantenteelt, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Gent, p.32-37.

Nevens, F., G. Eeckhaut en T. Behaeghe (1992). Beknopt verslag van de resultaten 1990-1992 van het nationaal centrum voor grasland- en groenvoederonderzoek, 2e sectie. Mededeling nr. 1992/2 van de Leerstoel voor Plantenteelt, Rijksuniversiteit Gent, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Gent, p.27-34.

Peterson, T.A. en G.E. Varvel (1989). Crop yield as affected by rotation and nitrogen rate. III Corn. *Agronomy Journal* 81, p.735-738.

Raimbault, B.A. en T.J. Vyn (1991). Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. *Agronomy Journal* 83, p.979-985.

Scholte, K. (1987). Relationship between cropping frequency, root rot and yield of silage maize on sandy soils. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35, p. 473-486.

Scholte, K. en J.J. 's Jacob (1983). The influence of continuous cropping and free-living root lesion nematodes on yield of fodder maize. *Netherlands Journal of Plant pathology* 89, p. 127-139.

Schröder, J., T. Baan Hofman, H. Everts en W. van Dijk (1992). Vruchtwisseling en graslandvernieuwing: Een logisch bedrijfssysteem? Gebundelde Verslagen van de Nederlandse Vereniging voor Weide- en Voederbouw, nr. 32, p. 83-95.

Schröder, J. en W. van Dijk (1995). Maïs telen met minder verlies. Themaboekje 19, PAGV Lelystad.

Schröder, J., A.G.M. Ebskamp en K. Scholte (1989). Wortelverbruining bij snijmaïs, resultaten van onderzoek tussen 1986 en 1988. PAGV-verslag nr. 93, PAGV, Lelystad, 29 pp.

Turco, R.F., M. Bischoff, D.P. Breakwell en D.R. Griffith. Contribution of soil-borne bacteria to the rotation effect in corn. *Plant and Soil* 122, p.115-120.

---

# Met (snij)maïs naast gras een milieuvriendelijker rantsoen voor de koe?

ing. W.J. Bruins, IKC-RSP

---

## Inleiding

Vers gras en geconserveerd gras vormen nog steeds de belangrijkste voedermiddelen voor melkvee. De intensivering van het graslandgebruik na de tweede wereldoorlog is gepaard gegaan met een aanzienlijke toename van het gebruik van kunstmeststikstof. Hierdoor is de drogestofproductie per hectare sterk gestegen maar ook het stikstofgehalte van het gras. Door het intensieve gebruik van het grasland bevat weidegras meer ruw eiwit dan veevoedkundig gezien nodig is.

Het hoge eiwitgehalte van gras en grasprodukten en de geringe bestendigheid daarvan heeft tot gevolg dat de efficiëntie waarmee het eiwit in grasprodukten door de herkauwer wordt benut laag is. Het rund scheidt niet benut eiwit uit in de vorm van stikstofverbindingen via mest en urine. Wanneer deze stikstof niet (opnieuw) door de plant wordt gebruikt kan dit nadelige effecten hebben voor het ecosysteem. De kans op nadelige effecten is het grootst bij beweiding en bij hoge veebezettingen. Daarom is er de afgelopen jaren veel onderzoek is gedaan naar de effecten van maatregelen die de benutting van mineralen door melkvee kunnen verbeteren.

## Stikstof- en fosforbalans gemiddelde melkkoe

Rundvee wordt gehouden om voor de mens niet verteerbare produkten om te zetten in voor de mens benutbare nutriënten. Bij melkvee bestaat de produktie voornamelijk uit melk met als bijproduct vlees. Bij de produktie van melk en vlees wordt, bij de in Nederland gebruikelijke

rantsoenen, maar een gering deel van de met het rantsoen opgenomen mineralen in het eindprodukt vastgelegd. De situatie van de milieukundig belangrijke mineralen stikstof (N) en fosfor (P) is weergegeven in tabel 31.

Wanneer de mineralenbenutting van de gemiddelde melkkoe wordt berekend als

$$\frac{\text{vastgelegde mineralen in melk en vlees}}{\text{opgenomen mineralen via het voer}} \times 100\%$$

dan bedraagt de benutting voor N en P respectievelijk 19,6% en 26,8%. Als de droogstand niet wordt meegerekend dan bedraagt dit respectievelijk 23,3% en 29%. Dit verschil wordt veroorzaakt door de zeer lage mineralenbenutting tijdens de droogstand (circa twee maanden per jaar).

Uit berekeningen van het voormalige Instituut voor Veevoedingsonderzoek (IVVO) blijkt dat de theoretisch haalbare benutting van stikstof bij een koe, die 25 kg melk geeft, circa 43% bedraagt (Van Vuuren en Meijs, 1987). In de praktijk bedraagt de gemiddelde melkproduktie ongeveer 22 kg melk. De theoretisch haalbare stikstofbenutting zal bij deze produktie iets lager liggen dan 43%. Het is niet waarschijnlijk dat deze efficiency ooit gerealiseerd kan worden in de praktijk. Wél is duidelijk dat op het gebied van stikstofbenutting theorie en praktijk nog ver uiteen liggen.

Bij de benutting van fosfor is het verschil tussen wat praktisch gerealiseerd wordt en wat haalbaar lijkt kleiner. Uitgaande van normvoeding voor fosfor moet een benutting van circa 35% gerealiseerd kunnen worden. Dit verschilt ruim 6% van wat in de praktijk gerealiseerd wordt. Dit lijkt niet veel

Tabel 31. Stikstof- en fosforopname en vastlegging door de gemiddelde Nederlandse melkkoe.

(1989-1992)			
opname (kg/koe/jaar)	drogestof	N	P
weidegras	1668	69,2	6,5
graskuil en hooi	1219	38,3	4,6
snijmaïskuil	774	10,3	1,4
krachtvoer			
standaard mengvoer (kg)	1549	41,9	7,4
eiwitrijk mengvoer (kg)	279	11,1	1,8
vochtrijk	128	3,7	0,3
totaal	5434	174,5	22,0
vastlegging			
	kg produkt		
vlees	69	1,8	0,5
melk	5993	32,4	5,4
totaal		34,2	5,9
verlies (kg)		140,3	16,1
benutting (%)		19,6	26,8

bron: Anonymus (1994)

maar als we rekening houden met de plannen van de overheid om de fosfaatoverschotproblematiek aan te pakken, lijkt het voor de praktijk toch van groot belang te proberen ook de fosforbenutting te verbeteren.

## Verbetering benutting van stikstof en fosfor nodig

Stikstofverliezen leiden tot verontreiniging van het grond- en oppervlaktewater door nitraatuitspoeling. Daarnaast leidt de ammoniakvervluchtiging tot verzuring van de bodem. Niet benutte fosfor geeft verzadiging van de bodem en op den duur uitspoeling naar het grondwater. Belasting van het oppervlaktewater met fosfaten kan tot eutrofiëring leiden.

Een slechte benutting van gebruikte mineralen is voor alle landen van de EU een probleem. De overheden in deze landen hebben daarom afspraken gemaakt om de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater te verbeteren. Ook de Nederlandse

overheid zal deze afspraken na moeten komen. Internationale afspraken en wensen van de maatschappij worden door de overheid vertaald in maatregelen die niet altijd de sympathie van iedere veehouder hebben. De veehouderij functioneert echter in een maatschappij die een vervuilende produktiewijze steeds minder accepteert. Verbetering van de benutting van de aangevonden mineralen is voor de veehouderij dan ook een dringende noodzaak.

## Verbetering stikstofbenutting

Uit een studie van het Informatie en Kennis Centrum (IKC) blijkt dat vermindering van de stikstofuitscheiding bij rundvee mogelijk is. Er zijn verschillende maatregelen denkbaar om dit effect te bereiken. Verlaging van de stikstofgift op grasland van 400 naar 300 kg geeft een vermindering van 8%. Dezelfde besparing kan bereikt worden door vervanging van (te) eiwitrijke grasprodukten door energierijke en eiwitarme produkten (Anonymus, 1991). Snijmaïs is zo'n produkt. De opname van snijmaïs in

het rantsoen heeft echter voedingstechnische, arbeidskundige, economische en milieukundige gevolgen.

In het recente verleden is door diverse onderzoekers nagegaan wat de effecten zijn van het bijvoeren van snijmaïs aan melkvee in de weideperiode.

Onderzoek van het IVVO (Valk et al., 1990) toonde aan dat bijvoeding met snijmaïs de benutting van stikstof aanzienlijk kan verbeteren.

In deze proeven werden gras (G), gras en snijmaïs afzonderlijk (GSA) en in mengvorm (MIX) gevoerd. De proef werd uitgevoerd bij zomerstalvoeding. Bij behandeling G werd 17 kg ds uit gras en 3,6 kg uit mengvoer aangeboden. Bij GSA en MIX was dat 8,5 kg ds gras, 9,5 kg ds snijmaïs en 3,6 kg ds mengvoer. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in tabel 32.

Van de MIX-groep was de drogestofopname 6,5% hoger dan van de GSA- en G-groep. De lagere N-opname bij de GSA- en MIX-groep gaf een verbetering van de N-benutting van respectievelijk 36% en 48% in relatieve zin in vergelijking met de G-groep.

## Bijvoeren in de zomer

Uit tabel 32 blijkt dus dat door opname van een aanzienlijke hoeveelheid snijmaïs in het rantsoen de benutting van stikstof toeneemt. In de praktijk blijkt vaak dat onder beweidingsomstandigheden deze grote hoeveelheden snijmaïs met name in het begin van het weideseizoen niet worden opgenomen. Een combinatie van beperking van het grasaanbod en beperking van de beweidingsduur zou wel de gewenste gras/snijmaïs-verhouding in het rantsoen brengen. Uit een ander onderzoek van het IVVO bleek echter dat beperking van het grasaanbod of de beweidingsduur een lagere totale drogestofopname tot gevolg heeft (Valk en Hobbink, 1992). Het lijkt

daarom niet aan te bevelen melkkoeien te dwingen gras en snijmaïs in een bepaalde verhouding op te nemen want dat is strijdig met het streven naar zoveel mogelijk melk uit (zelf geproduceerd) ruwvoer. De praktijk zou een middenweg kunnen bewandelen. Deze middenweg bestaat eruit dat de dieren wel dag en nacht weidegang krijgen maar rond het melken gedurende een beperkte tijd (bijvoorbeeld een half uur per keer) volop snijmaïs kunnen opnemen. Ervaringen geven aan dat met dit systeem wisselingen in kwaliteit en kwantiteit van het aangeboden weidegras goed worden opgevangen. Hierdoor wordt een betere en constantere melkproductie gerealiseerd (Bruins, 1989). Voorwaarde is wel dat de aangeboden snijmaïs voldoende smakelijk is. Vooral wanneer de voersnelheid te laag is kan in de zomer gemakkelijk broei optreden. Hierdoor loopt de smakelijkheid van de snijmaïs terug. Wellicht ten overvloede wordt erop gewezen dat de voersnelheid van de snijmaïskuil met gronddek minstens 1,5 meter per week moet bedragen. Van kuilen zonder gronddek moet men minstens twee meter per week voeren. Is dit niet te realiseren dan kan een toevoegmiddel met een broeibestrijdend effect uitkomst bieden. Dit gaat echter veelal met aanzienlijke kosten gepaard.

## Verbetering verteerbaarheid

Uit tabel 32 blijkt dat bij vergelijking van G en GSA de melkproductie en het eiwitgehalte negatief beïnvloed worden ondanks een gelijke totale drogestofopname. De manier waarop de groep GSA is gevoerd vertoont veel overeenkomst met het in de praktijk veel toegepaste systeem van overdag weiden en 's nachts opstallen. De negatieve gevolgen voor productie en eiwitgehalte worden toegeschreven aan de lagere voederwaarde van snijmaïs in vergelijking met vers gras. Bij een gelijke drogestofopname (G en GSA) wordt de totale

Tabel 32. Drogestof- en stikstofopname, stikstofuitscheiding en melkproductie bij vervanging van gras door snijmaïs.

groep	opname (kg ds)			melkproductie			stikstof opname (gram)	stikstofuitscheiding (gram)			benut %
	gras	snijmaïs	meng-voer	kg melk	vet%	eiwit%		melk	mest	urine	
G	14,8	-	3,5	27,0	4,53	3,14	726	132	157	432	18,2
[BGSA	7,2	7,7	3,4	26,6	4,62	2,98	499	124	150	225	24,8
MIX	7,6	8,7	3,4	29,7	4,68	3,11	534	144	174	216	27,0

bron: Valk et al. (1990)

VEM-opname dan lager. Het is dus gewenst dat de voederwaarde van snijmaïs die van weidegras benadert. Bij de pogingen om de voederwaarde van snijmaïs te verbeteren wordt veel aandacht besteed aan het kolfaandeel van snijmaïs, omdat er een nauw verband wordt verondersteld tussen het kolfaandeel en de voederwaarde. Echter niet het kolfaandeel maar de hoeveelheid verteerbare organische stof (VOS) is bepalend voor de voederwaarde van snijmaïs. De hoeveelheid VOS is behalve van het kolfaandeel ook afhankelijk van de verteerbaarheid van de celwanden in de stengel. Deze relatie is weergegeven in tabel 33.

Uit tabel 33 blijkt dat een VOS-gehalte van 700 g/kg bereikt kan worden bij een stengelverteerbaarheid van 56% en een kolfaandeel van 60%, maar ook bij een stengelverteerbaarheid van 68% en kolfaandeel van 35%. Wanneer snijmaïs gevoerd wordt met een gelijke voederwaarde als gras (980 - 1000 VEM) dan moet de VOS circa 740 bedragen. De meeste snijmaïsrassen halen dit niveau (nog) niet. In de toekomst kan dit misschien bereikt worden via de weg van de plantenveredeling. Daarbij is het van belang te weten dat 1% verbetering van de stengelverteerbaarheid ruim 8 VEM oplevert en 1% stijging van het kolfaandeel 4 VEM per kg ds.

## Effect verminderde stikstofuitscheiding op ammoniakemissie

Ammoniakemissie wordt vooral veroorzaakt doordat de ureum in de urine (ca. 70% van de totale hoeveelheid stikstof) enzymatisch wordt afgebroken tot ammoniak.

Uit tabel 32 blijkt dat de stikstofuitscheiding via de urine bij de vervoeding van snijmaïs naast gras aanzienlijk lager is. Bij de groepen GSA en MIX is deze respectievelijk 48% en 50% lager dan bij G. Daarmee lijkt het milieu gediend omdat vaak verondersteld wordt dat bij vermindering van de hoeveelheid uitgescheiden stikstof de ammoniakemissie ook lager zal zijn. Uit onderzoek is echter gebleken dat niet de hoeveelheid uitgescheiden stikstof maar vooral de concentratie aan ureum (dus de hoeveelheid ureum per volume-eenheid) bepalend is voor de hoeveelheid ammoniakemissie (Elzing en Kroodsma, 1993). Bij onderzoek bleek door de opname van snijmaïs in het rantsoen de urineproductie af te nemen. Dit wordt veroorzaakt doordat de totale kaliumopname aanzienlijk afneemt. Dit heeft invloed op de urineproductie (Fisher et al., 1994). Uit onderzoek van het DLO-Instituut voor Dierhouderij en Diergezondheid (ID-DLO) zou blijken dat hierdoor de ureumconcentratie in de urine min of meer constant blijft (Valk, 1995).

**Tabel 33.** Verteerbare organische stof (VOS in g/kg ds) van snijmaïs in relatie tot de verteerbaarheid van de stengel en het kolfaandeel.

verteerbaarheid van de stengel (%)	kolfaandeel (%)				
	20	30	40	50	60
56	-	-	640	675	705
60	610	635	665	695	720
64	640	660	685	710	735
68	670	690	710	730	-

bron: Weissbach et al. (1992)

Het ureumgehalte in de urine van de in tabel 32 weergegeven proeven is niet gemeten. Eigen berekeningen komen uit op een gehalte van ongeveer 6,8, 4,3 en 4,0 gram ureum per liter bij respectievelijk G, GSA en MIX. Eerder is aangegeven dat de stikstofuitscheiding via de urine (gemeten in grammen) bij vervanging van de helft van het grasrantsoen door snijmaïs ongeveer halveert. Uit het voorgaande blijkt dat de ureumconcentratie (dus de hoeveelheid ureum per liter urine) veel minder sterk afneemt. Halvering van de stikstofuitscheiding heeft dus waarschijnlijk een geringere verlaging van de ammoniakemissie tot gevolg.

## MKS en CCM

Naast snijmaïs bieden MKS en CCM mogelijkheden om de benutting van stikstof door weidend vee te verbeteren. Deze producten hebben een voederwaarde die vergelijkbaar is met mengvoer. Daarom zouden deze producten in staat moeten zijn om mengvoer te vervangen. Uit het tot nu toe uitgevoerde onderzoek kan worden afgeleid dat dit tot op zekere hoogte kan. Omdat de verdringing van weidegras door MKS (en vermoedelijk ook CCM) hoger is dan bij mengvoer (Bruins, 1992), wordt ervan uitgegaan dat het niet verstandig is meer dan de helft van het mengvoer te vervangen door CCM of MKS. De meng-

voergift is in de weideperiode vaak beperkt en bedraagt veelal minder dan 1/3 van het totale rantsoen. Bij een vervanging van 50% van het mengvoer door CCM of MKS kan dus maximaal 1/6 van het totale rantsoen uit deze producten bestaan. Het zal duidelijk zijn dat de bijdrage aan het verminderen van het stikstofoverschot in het rantsoen van weidend vee dan beperkt is.

## Verbetering fosforbenutting

Bij tabel 31 is berekend dat de benutting van fosfor door de gemiddelde Nederlandse melkgevende koe circa 29% bedraagt. Het fosforgehalte van snijmaïs bedraagt per kg droge stof ongeveer de helft van het gehalte van gras. Uit berekeningen is gebleken dat opname van snijmaïs in het rantsoen ertoe bijdraagt melkvee beter op de fosforbehoefte te voeren. Er is bij deze berekeningen uitgegaan van een fosforgehalte in standaard en zeer eiwitrijk mengvoer van respectievelijk 4,5 en 8 gram, 4 gram fosfor in weidegras, 3,9 gram in graskuil en 1,9 gram fosfor per kg drogestof in snijmaïskuil. In de stalperiode kan 75% van het rantsoen uit snijmaïskuil bestaan en in de weideperiode kan 4 kg drogestof bijgevoerd worden zonder dat de dieren onder de fosforbehoefte worden gevoerd. Zelfs als uitgegaan wordt van minimale gehalten in het ruwvoer van 3, 3,1 en 1,5 gram fosfor in respectievelijk



gras, graskuil en snijmaïskuil ontstaan nog niet snel problemen. In de stalperiode kan het rantsoen dan nog voor 25% uit snijmaïs bestaan. In de weideperiode kan dan nog 2 kg droge stof bijgevoerd worden. Het is dan niet nodig mengvoer met een hoger fosforgehalte te kiezen dan hierboven aangegeven.

Worden de dieren alleen gevoerd met gras(kuil) met een gemiddeld fosforgehalte dan wordt bijna 6 kg fosfor per dier per lactatie (305 dagen) meer opgenomen dan nodig is om de dieren op de norm te voeren. Bij een rantsoen waar in de stalperiode 75% snijmaïs wordt opgenomen en in de weideperiode 4 kg drogestof snijmaïs per dier per dag wordt gevoerd, bedraagt deze overmaat slechts 2,5 kg (Van Vliet en Bruins, 1995).

De laatste vijf jaar hebben we een spectaculaire groei gezien van het aantal ruwvoermongsters dat op mineralengehalte wordt geanalyseerd. Helaas blijkt de praktijk de resultaten van de mineralenanalyse nog weinig te gebruiken om het rantsoen van het rundvee te optimaliseren wat betreft het mineralengehalte. Uit voorgaande berekeningen blijkt dat snijmaïs wat dit betreft veel mogelijkheden heeft.

## Aanbevelingen voor de praktijk

\* Snijmaïs kan helpen de overmaat aan onbestendig eiwit in rantsoenen van melkvee te beperken. Het effect van bijvoeding is het grootst als de snijmaïs regelmatig verdeeld over het etmaal wordt gevoerd. Dit is bij weidende melkoeien praktisch niet uitvoerbaar. Een mogelijke oplossing is de snijmaïs tweemaal daags rond het melken te voeren. Als dit wordt gecombineerd met dag en nacht weidegang lijkt dit een goed compromis tussen wat praktisch haalbaar is en veevoedkundig en milieukundig gewenst is.

\* De verminderde excretie van stikstof via

de urine als gevolg van bijvoeding van snijmaïs leidt maar gedeeltelijk tot een verminderde ammoniakemissie. Dit komt omdat de urineproductie bij de opname van snijmaïs ook terugloopt. Hierdoor neemt de concentratie van ureum in de urine niet evenredig af.

\* Bijvoeding van snijmaïs aan weidend melkvee kan de benutting van P verbeteren. Gras bevat in veel gevallen meer P dan veevoedkundig nodig is en milieukundig gewenst is. Door bijvoeding met snijmaïs vermindert het P-gehalte van het totale rantsoen waardoor de dieren beter op de norm worden gevoerd. Hierdoor kan het fosfaatoverschot op een bedrijf afnemen.

## Literatuur

Anonymus (1991). Mineralen en zware metalen Publikatie nr 26. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij.

Anonymus (1994). Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers (redactie M.M. van Eerd). Standaardcijfers rundvee, schapen en geten, 1990 t/m 1992.

Bruins, W.J. (1989). Snijmaïsbijvoeding in de zomer: goed voor melkproductie en vetgehalte. Praktijkonderzoek 2e jaargang nr. 1.

Bruins, W.J. (1992). De verdringing van gras door maïskolvensilage. In: Bijvoeding in de weideperiode: veevoedkundige-, milieu- en bedrijfseconomische aspecten. Mededelingen IVVO-DLO no. 18.

Elzing, A. en W. Kroodsmas (1993). Relatie tussen ammoniakemissie en stikstofconcentratie in urine van melkvee. Rapport 93-3. Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen.

Fisher, L.J., R. Dinn, R.M. Tait and J.A. Shelford (1994). Effect of level of dietary potassium on the absorption of calcium and magnesium by lactating cows. Canadian J. of Animal Science. Vol 74, No. 3.

Valk, H., H.W. Klein Poelhuis en H.J. Wentink (1990). Snijmaïs of krachtvoer bijvoeding naast gras in het rantsoen voor hoogproductief melkvee. Rapport IVVO no. 213.

Valk, H. en M.E.J. Hobbelenk (1992). Bijvoeding aan grazende koeien. Rapport IVVO-DLO no. 238.

Valk, H., ID-DLO (1995). Persoonlijke mededeling.

Vliet, J. en W.J. Bruins (1995). Fosfor in de voeding van melkvee. RSP-bulletin no 1, Informatie en Kennis Centrum Landbouw.

Vuuren, A.M. and J.A.C. Meijs (1987). Effects of herbage composition and supplement feeding on the excretion of nitrogen in dung and urine by

grazing dairy cows. In: Animal manure on grassland and fodder crops. Ed. by H.G. v.d. Meer et al., Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.

Weissbach, F.,Chr. Paul and H. Honig (1992). Problems of the evaluation of silage maize quality. In: Futterbewertung von Silomais. Symposium am 26. und 27. November 1992 in Mons (Frankrijk).

---

## Wat kost (milieuvriendelijke) maïsteelt melkveehouder?

*ir. F. Mandersloot en ir. I.W. Hageman (PR)*

---

### Inleiding

De oppervlakte maïsteelt in Nederland is de afgelopen tien jaar toegenomen van 165 duizend hectare tot ruim 230 duizend hectare. Ongeveer 65 % van alle maïs wordt verbouwd op rundveebedrijven. Redenen om maïs te verbouwen zijn de relatief stabiele opbrengst en kwaliteit en de tolerantie voor nauwe teeltfrequenties en grote hoeveelheden dierlijke mest.

Het gebruik van veel gewasbeschermingsmiddelen en grote hoeveelheden mest heeft geleid tot meer aandacht voor de gevolgen van de teelt van snijmaïs voor het milieu. Onderzoek is gedaan naar nieuwe teeltsystemen. In eerdere bijdragen aan deze bundel is hier al op ingegaan.

In deze bijdrage staat centraal wat de gevolgen zijn voor het inkomen van de melkveehouder en voor het milieu van het vervangen van gras door maïsteelt. De huidige teeltmethode is uitgangspunt geweest. Aangegeven zal worden wat de invloed is van rassenkeuze en berekening. In het tweede deel van deze bijdrage zal ingegaan worden op de gevolgen van milieuvriendelijker teeltsystemen.

De effecten zijn steeds in bedrijfsverband beoordeeld. Dit betekent dat rekening gehouden is met de gevolgen van veranderingen in het bedrijfsplan voor alle onderdelen van het bedrijf. De berekeningen zijn uitgevoerd met het bedrijfsbegrotingsprogramma voor de rundveehouderij BBPR. Met dit programma is het mogelijk de bedrijfsvoering op melkveebedrijven te simuleren en technische, milieutechnische en bedrijfseconomische kengetallen te berekenen (Van Alem, 1995; Mandersloot et al., 1995; Van Scheppingen et al., 1995).

### Gangbare teelt

Allereerst is aandacht besteed aan de vraag in hoeverre de teelt van snijmaïs bij de gangbare systemen bedrijfseconomisch en milieutechnisch aantrekkelijk is.

### Uitgangspunten

Als uitgangspunt is gekozen voor een melkveebedrijf met 30 hectare goed vochthoudende zandgrond. De gemiddeld laagste grondwaterstand is  $\pm 1$  meter min maaiveld (GT IV). In de uitgangssituatie wordt er alleen gras geteeld. Het bedrijf heeft een melkquotum van 450.000 kg (15.000 kg per hectare). De melkproductie per koe bedraagt 7000 kg. Het bemestingsregime voor grasland is 400 kg N per hectare. Er wordt beperkt beweid (de dieren staan in de zomer 's nachts op stal) met bijvoeding van 3 kg drogestof snijmaïs. Deze snijmaïs wordt in de uitgangssituatie aangekocht; er is geen teelt van snijmaïs op het bedrijf zelf. De aangekochte maïs heeft een voederwaarde van 910 VEM per kg drogestof en kost f 0,29 per kVEM (ingekuild op het bedrijf).

Deze situatie is vergeleken met situaties waarbij 3 respectievelijk 6 hectare grasland vervangen is door snijmaïs. Deze maïs wordt in continueelt verbouwd. Mesttoediening op maïsland vindt plaats vanaf begin februari. Verschillende systemen worden gebruikt. In de berekeningen is uitgegaan van het injecteren van mest. De andere systemen van mesttoediening komen op ongeveer dezelfde kosten uit, met name omdat dan een extra bewerking (ineggen) nodig is. De maïsstoppel wordt in het voorjaar kort voor het zaaien geploegd. De zaaibedbereiding wordt uitgevoerd met een triltandcultivator. Er is uitgegaan van een

plantaantal van 100.000 per hectare. De adviesgift voor stikstof is bij continue teelt 150 kg per hectare. Bij een bodemvoorraad van 30 kg minerale N in het voorjaar leidt dit tot een totaal aanbod van 180 kg werkzame N per hectare. De grond heeft een P-toestand voldoende ( $P_w = 30$ ). De adviesgift voor fosfaat is gebaseerd op een gift van 30 kg kunstmest in de rij en 80 kg via dierlijke mest breedwerpig. De K-toestand van de grond is eveneens voldoende. De adviesgift hierbij is 280 kg  $K_2O$  per hectare. Er wordt geen wintergewas geteeld. De onkruidbestrijding wordt geheel chemisch uitgevoerd. De maïs wordt geoogst in een hard deegrijp stadium. Het gewas wordt gehakseld en ingekuuld. De kuil wordt stevig aangereden en afgedekt met plastic folie en een gronddek. Na de oogst wordt het land opengetrokken met een vastetand cultivator.

Er is gerekend met een gemiddelde opbrengst aan maïs van 14.880 kg droge stof per hectare. Na conservering blijft hiervan 13.690 kg droge stof per hectare over voor voederdering. Er is gerekend met een voederwaarde van 910 VEM per kg drogestof.

Uitgangspunt is dat de teelt volledig in loonwerk gebeurt. De kosten zijn gebaseerd op Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1995/1996 (Holwerda et al., 1995). In

tabel 34 zijn deze uitgangspunten weergegeven. Voor wat betreft de onkruidbestrijding in de maïs is uitgegaan van een eenmalige bespuiting met een goedkoop middel. Hierdoor bedragen de kosten van de spuitmiddelen f 140,- per hectare. Bij sterke veronkruiding kunnen deze kosten sterk toenemen. In de bijdrage "Schone maïs met minder onkruidbestrijdingsmiddelen" is hier nader op ingegaan. Verder moet dierlijke mest worden toegediend. Dit kost bij emissie-arm toedienen f 6,50 per  $m^3$  en bij bovengronds toedienen f 4,50 per  $m^3$ . Er is rekening gehouden met de werkzame hoeveelheden N,  $P_2O_5$  en  $K_2O$  in de dierlijke mest. Zoveel mogelijk wordt eerst met dierlijke mest in de adviesgiften voorzien. Zonodig vindt aanvulling met kunstmest plaats. De prijzen voor kunstmest bedragen f 1,06 per kg N, f 0,86 per kg P en f 0,54 per kg K.

### Gevolgen maïsteelt op bedrijfsniveau

In tabel 35 zijn de bedrijfseconomische resultaten weergegeven voor de varianten zonder en met teelt van snijmaïs. Vervanging van 3 respectievelijk 6 hectare gras door maïsteelt levert een geringe daling van het saldo op van f 300,- en f 870,- als er geen rekening wordt gehouden met de maïspremie. Deze daling van het saldo is

**Tabel 34.** Overzicht van de gehanteerde loonwerk tarieven (gulden per hectare) voor de teelt van snijmaïs, gebaseerd op Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1995/96.

activiteit	loonwerk tarief
ploegen	260
zaaiklaar maken	115
zaaien	185
spuiten	60
oogsten	950
aanrijden kuil	105
cultivateren in najaar	110
zaaizaad	410
gewasbeschermingsmiddelen	140
overige bemestingskosten	90

Tabel 35. Opbrengsten, kosten en saldo (gulden per bedrijf) bij 0, 3 en 6 hectare maïsteelt volgens het gangbare teeltsysteem; bedrijf op goed vochthoudende zandgrond.

ha maïs	0	3	6
<b>Opbrengsten (excl. maïspremie)</b>	<b>358.500</b>	<b>358.500</b>	<b>358.500</b>
<b>Kosten, waarvan:</b>	<b>161.000</b>	<b>161.300</b>	<b>161.900</b>
- veevoer	57.250	54.990	52.890
- gewasbescherming	1.750	2.000	2.240
- meststoffen	12.250	11.720	11.210
- zaaizaad	660	1.820	2.990
- overig	56.870	56.590	56.390
- loonwerk	32.220	34.180	36.160
<b>Saldo zonder maïspremie</b>	<b>197.500</b>	<b>197.200</b>	<b>196.650</b>
Maïspremie	0	1.810	3.620
<b>Saldo met maïspremie</b>	<b>197.500</b>	<b>199.050</b>	<b>200.250</b>

<sup>1)</sup> In de post 'overig' zijn energie, dieselolie, overige grond- en hulpstoffen en overige produkt gebonden opgenomen.

het gevolg van lagere kosten voor veevoer en meststoffen enerzijds en hogere kosten voor zaaizaad, gewasbescherming en loonwerk anderzijds. De lagere kosten voor veevoer worden veroorzaakt doordat de drogestof-productie per hectare snijmaïs hoger is dan per hectare gras. Daardoor hoeft minder ruwvoer aangekocht te worden. Door de hogere voederwaarde van de snijmaïs hoeft daarnaast ook wat minder krachtvoer aangekocht te worden. Omdat op maïs minder bemest wordt dan op gras zijn ook de bemestingskosten lager. De kosten voor zaaizaad en gewasbescherming zijn hoger, ook al is uitgegaan van het gebruik van relatief goedkope onkruidbestrijdingsmiddelen. Gebruik van duurder middelen en meer bespuitingen zal een sterkere daling van het inkomen veroorzaken. Door de teelt van maïs hoeft er op grasland minder voer gewonnen te worden. Hierdoor dalen de loonwerkkosten voor inkulien van graskuil. Hier staat echter een (grotere) toename van kosten tegenover voor de teelt en oogst van de snijmaïs.

Als de maïspremie (f 604,-/ha) wel meegeerekend wordt, is het saldo bij maïsteelt respectievelijk f 1500,- en f 2800,- hoger

dan bij de teelt van gras. De maïspremie wordt alleen ontvangen als het land in de periode van 1987 tot 1991 gebruikt is als maïsland. Bij uitbreiding van het areaal maïs kan daardoor geen premie verkregen worden.

In tabel 36 is weergegeven in hoeverre de teelt van snijmaïs gevolgen heeft voor het mineralenoverschot, de uitspoeling van nitraat en de emissie van ammoniak. De uitspoeling van stikstof is hierbij berekend met de module mineralenstroom uit BBPR (Schreuder et al., 1995). Rekenregels in deze module zijn gebaseerd op het model NITRICK (Goossensen en Van den Ham, 1992).

Het blijkt dat door het telen van snijmaïs de overschotten aan N, P en K op bedrijfsniveau iets lager uitvallen. Door de hogere voerproductie op maïsland hoeft minder ruwvoer aangekocht te worden, terwijl de afvoer van melk en vlees gelijk blijft. Het lagere N-overschot gaat gepaard met een wat lagere ammoniakemissie en een lichte toename van de nitraatuitspoeling. Dit komt doordat op het resterende grasland intensiever beweid wordt. De uitspoeling op het maïsland zelf is lager dan op grasland. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat de

**Tabel 36.** Overschot aan N, P en K op de mineralenbalans (kg per hectare), het nitraatgehalte in grondwater (mg NO<sub>3</sub> per liter) en de N-verliezen door nitraatuitspoeling en ammoniakemissie (kg N per hectare) bij 0, 3 en 6 hectare maïsteelt volgens het gangbare teeltsysteem; bedrijf op goed vochthoudende zandgrond.

	0	3	6
N-overschot	274	265	256
P-overschot	18,6	18,1	17,5
K-overschot	76,4	72,6	69,0
Nitraat-gehalte grondwater	59,3	60,2	61,0
N-verlies uitspoeling	40,2	40,8	41,4
N-verlies ammoniakemissie	56,6	54,5	52,5

organische mest zo goed mogelijk over het gehele bedrijf verdeeld wordt. In de praktijk is in het verleden op maïsland vaak veel meer dierlijke mest toegepast dan vanuit bemestingsoogpunt nodig is. Op deze percelen is de uitspoeling van nitraat daardoor hoger dan op grasland. De in de bijdrage van Schröder en Van Dijk vermelde ervaringen op proefbedrijf De Marke (Anonymus, 1994) wijzen erop dat door het verlagen van de stikstofbemesting op maïsland de uitspoeling van nitraat sterk kan dalen.

### Invloed rasverschillen snijmaïs

In de vorige paragraaf is uitgegaan van een gemiddelde opbrengst en voederwaarde voor snijmaïs. Rassen verschillen echter in voederwaarde en opbrengst, terwijl de kosten voor het zaaizaad vrijwel gelijk zijn. De keuze voor produktievere rassen is een mogelijkheid om betere economische resultaten bij maïsteelt te realiseren.

Uit de rassenlijst 1995 blijkt dat de zeer vroege rassen in het algemeen een wat hogere voederwaarde combineren met een lagere produktie dan gemiddeld. Om hiervan het effect in te schatten is uitgegaan van een relatieve opbrengst van 95% (14.150 kg drogestof) met 940 VEM per kg drogestof. Om naast dit gecombineerde effect ook de gevolgen van alleen de hogere voederwaarde duidelijk te maken, is ook

een combinatie doorgerekend met een relatieve opbrengst van 100% en een voederwaarde van 940 VEM per kg drogestof. De middenvroege maïsrassen hebben globaal een gemiddelde voederwaarde maar een hogere opbrengst. Vandaar dat ook een combinatie doorgerekend is waarin de relatieve opbrengst 105% bedraagt (15.600 kg drogestof per hectare) met een gemiddelde voederwaarde van 910 VEM per kg drogestof. De berekeningen zijn uitgevoerd voor het plan op een goed vochthoudende zandgrond met 6 hectare snijmaïs. In tabel 37 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. Uit tabel 37 blijkt dat de keuze van de rassen gevolgen heeft voor het inkomen. Bij vroege rassen is het saldo zonder maïspremie vrijwel gelijk aan het saldo in de situatie zonder maïsteelt en hoger dan bij het standaard ras. Duidelijk blijkt dat hierbij vooral de hogere voederwaarde een belangrijke rol speelt. Het saldo is immers bij het plan met alleen maar een hogere voederwaarde hoger dan bij het plan waarin ook een opbrengstderiving van 5% is ingerekend. Bij middenvroege rassen is alleen de opbrengst per hectare hoger dan bij het standaard ras. Een 5% hogere produktie heeft een gunstig effect op het inkomen. Door de hogere produktie van het eigen land hoeft er minder voer aangekocht te worden. Het saldo zonder maïspremie is hoger dan het saldo bij het plan zonder maïsteelt.

Tabel 37. Opbrengsten, kosten en saldo (gulden per bedrijf) bij de keuze van verschillende maïsrassen; maïsteelt volgens het gangbare teeltsysteem; bedrijf op goed vochthoudende zandgrond.

oppervlakte maïs (ha)	0	6			
		'vroeg'		'standaard'	'midden vroeg'
typering maïsras		95	100	100	105
opbrengstniveau (%)		940	940	910	910
voederwaarde (VEM/kg droge stof)					
<b>Opbrengsten (excl. maïspremie)</b>	<b>358.500</b>	<b>357.800</b>	<b>357.800</b>	<b>358.500</b>	<b>358.500</b>
<b>Kosten, waarvan:</b>	<b>161.000</b>	<b>160.650</b>	<b>159.400</b>	<b>161.900</b>	<b>160.700</b>
veevoer	57.250	51.920	51.040	52.890	52.030
gewasbescherming	1.760	2.240	2.240	2.240	2.240
meststoffen	12.260	11.290	11.290	11.210	11.210
zaaizaad	660	2.990	2.990	2.990	2.990
overig	56.870	55.850	55.850	56.390	56.390
loonwerk	32.220	36.350	36.010	36.160	35.820
<b>Saldo zonder maïspremie</b>	<b>197.500</b>	<b>197.200</b>	<b>198.400</b>	<b>196.650</b>	<b>197.850</b>

Naast de economische kengetallen is ook gekeken naar de gevolgen voor de overschotten op de mineralenbalans. Uit de berekeningen bleek dat de verschillen tussen de rassen klein zijn. Bij het vroege ras was het N-overschot iets lager dan bij het standaard ras en het P-overschot iets hoger. Bij het middenvroege ras waren beide overschotten iets lager dan bij het standaard ras.

### Grondsoort en berekening

In de vorige paragrafen is uitgegaan van een goed vochthoudende zandgrond. Dit betekent dat in een gemiddelde zomer weinig droogteschade optreedt. De zandgronden in het zuiden van Nederland zijn in het algemeen veel droger. Er zijn daarom ook berekeningen uitgevoerd voor zandgrond met een gemiddelde laagste grondwaterstand van 1,50 m (GT VI). De opbrengstniveaus zijn ingerekend op basis van de HELP-tabel (Anonymus, 1987). Hierbij is rekening gehouden met opbrengstdepressies door droogte én met opbrengstdepressies door wateroverlast. Per combinatie van grondsoort en grondwaterstand is volgens deze methodiek het opbrengstniveau in te schatten. Voor deze

grond is op maïsland uitgegaan van een opbrengstdepressie van 20% in plaats van de 7% opbrengstdepressie bij de goed vochthoudende zandgrond uit de vorige paragrafen. Hierdoor komt de gemiddelde bruto opbrengst op 12.800 kg droge stof per hectare. Omdat de droogte vooral tijdens de bloei voorkomt, is gerekend met een voederwaarde van 860 VEM. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor het plan zonder en het plan met 6 hectare maïsteelt. De uitgangspunten voor maïsteelt zijn gelijk aan die in paragraaf 'uitgangspunten'. De resultaten van de berekeningen zijn in tabel 38 weergegeven. Op deze droge zandgrond is, zonder berekening, het verschil in saldo iets groter dan bij de goed vochthoudende zandgrond. Het verschil in opbrengst tussen het grasland en de snijmaïs is kleiner, terwijl de kosten voor de snijmaïsteelt niet lager zijn. Indien echter maïspremie ontvangen wordt geldt ook hier dat het saldo hoger is dan wanneer geen maïs geteeld wordt.

De lagere drogestof-productie op maïsland is gebaseerd op gegevens voor bouwland. Onduidelijk is of dit ook voor maïsland een goede schatting is. Daarom is ook berekend wat de gevolgen zijn als op maïsland maar 10% opbrengstderiving zou optreden.

Tabel 38. Gevolgen voor het saldo (gulden per bedrijf) van snijmaïsteelt bij wel en niet toepassen van beregening op droge zandgrond; bij wel beregenen wordt grasland en maïsland beregend.

beregening oppervlakte maïs (ha)	nee		ja	
	0	6	0	6
<b>Opbrengsten (excl. maïspremie)</b>	<b>358.500</b>	<b>358.950</b>	<b>358.500</b>	<b>358.500</b>
<b>Kosten, waarvan:</b>	<b>172.650</b>	<b>175.450</b>	<b>162.700</b>	<b>162.150</b>
- veevoer	68.890	65.540	58.950	53.460
- gewasbescherming	1.760	2.240	1.760	2.240
- meststoffen	11.040	10.400	12.060	11.100
- zaaizaad	660	2.990	660	2.990
- overig	56.930	56.800	56.880	56.390
- loonwerk	33.410	37.490	32.390	35.970
- variabele kosten beregening	0	0	2.470	2.430
<b>Saldo zonder maïspremie</b>	<b>185.850</b>	<b>183.500</b>	<b>193.350</b>	<b>193.950</b>
Maïspremie	0	3.620	0	3.620
<b>Saldo met maïspremie</b>	<b>185.850</b>	<b>187.050</b>	<b>193.350</b>	<b>197.550</b>

De opbrengst wordt dan 14.400 kg drogestof per hectare, waarbij een voederwaarde van 885 VEM per kg drogestof is ingeschat.

Bij deze uitgangspunten komt het saldo zonder maïspremie uit op f 186.850,-. Dit is, zonder de maïspremie mee te rekenen, f 1.000,- hoger dan bij de teelt van alleen gras.

Droogteschade op het gras- en maïsland kan voor een groot gedeelte opgeheven worden als intensief wordt beregend. Met name het voorkomen van vochttekorten in de bloeiperiode van de maïs is hierbij van belang. Voor beregening dient een haspelinstallatie aanwezig te zijn op het bedrijf. Het grasland wordt beregend met 105 mm per hectare en de snijmaïs met 120 mm per hectare. De droogteschade op grasland wordt hiermee voor 80 % opgeheven. De bruto snijmaïsoopbrengst neemt toe van 12.800 tot 15.400 kg drogestof per hectare. Omdat vooral beregend wordt in de bloeiperiode is de voederwaarde 910 VEM/kg ds. De variabele kosten voor beregening zijn ingeschat f 0,78 per mm (Beijer et al., 1995), wat neerkomt op ongeveer f 81,- per hectare grasland en f 94,- per hectare

maïsland. In tabel 38 zijn de saldo's ook weergegeven voor de situatie met beregening bij 0 en 6 hectare snijmaïs.

Door beregening neemt het saldo toe, vooral omdat er veel minder voer aangekocht hoeft te worden. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat de vaste kosten van de beregeningsapparatuur niet in het saldo zijn opgenomen. Voor het bedrijf zonder maïsteelt is het verschil in saldo circa f 7.500,-. De jaarlijkse kosten van een beregeningsinstallatie mogen dus maximaal f 7.500,- bedragen. Bij het bedrijf met maïsteelt is dit f 10.500,-

Tenslotte zijn in tabel 39 een aantal milieukenngetallen weergegeven voor plannen met en zonder beregening. Door te beregenen dalen de overschotten op de mineralenbalans. Opvallend daarbij is dat de uitspoeling van nitraat wat toeneemt als er beregend wordt. Door beregenen zijn de produktiemogelijkheden op het grasland hoger, waardoor ook meer met stikstof bemest kan worden. Dit hogere bemestingsniveau gaat volgens de huidige inzichten gepaard met een hogere uitspoeling van nitraat.



**Tabel 39.** Overschot aan N, P en K op de mineralenbalans (kg per hectare), het nitraatgehalte in grondwater (mg NO<sub>3</sub> per liter) en de N-verliezen door nitraatuitspoeling en ammoniakemissie (kg N per hectare) bij gangbare maïsteelt op een droge zandgrond met en zonder berekening.

berekening oppervlakte maïs (ha)	nee		ja	
	0	6	0	6
N-overschot (kg/ha)	281	264	275	255
P-overschot (kg/ha)	20,4	19,6	18,7	17,4
K-overschot (kg/ha)	107,2	98,4	80,9	70,7
Nitraat-gehalte grondwater (mg/l)	68,2	75,8	85,9	89,1
N-verlies uitspoeling (kg/ha)	46,2	51,4	58,2	60,4
N-verlies ammoniakemissie (kg/ha)	54,1	50,5	56,2	52,1

## Resultaten andere studies

In onderzoek van Blanken et al. (1995) zijn gedurende een periode van drie jaar gegevens van circa 45 bedrijven verzameld. Deze bedrijven zijn vervolgens ingedeeld in een groep met weinig en een groep met veel maïs. Uit de vergelijking van de economische gegevens van deze bedrijven bleek dat in het algemeen het saldo opbrengst minus toegerekende kosten lager is op de bedrijven met veel maïs. Ook de kosten voor werk door derden was op de bedrijven met veel maïs wat hoger.

Nijssen (1995) heeft recent een studie uitgevoerd naar de gevolgen van verkaveling voor het bedrijfsresultaat. Er is onder andere gekeken naar de kosten voor veldwerk op percelen die ver van het bedrijf liggen. Grasland en snijmaïs zijn daarbij vergeleken. Maïsteelt op een veraf gelegen veldkavel bleek minder kosten voor veldwerk op te leveren dan grasland voor voederwinning.

## Teeltmaatregelen ten behoeve van milieu

Maïsteelt wordt in Nederland veelal in verband gebracht met emissies van nutriënten en bestrijdingsmiddelen. Met name de doelstellingen om de nitraatuitspoeling te

verlagen tot maximaal 50 mg/l en het terugdringen van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen hebben ertoe geleid dat er momenteel onderzoek wordt gedaan naar mogelijkheden om nutriënten beter te benutten en de hoeveelheid bestrijdingsmiddelen te beperken.

In deze paragraaf worden de gevolgen van rijenbemesting, een lagere N-gift op maïs, teelt van een vanggewas en (gedeeltelijke) mechanische onkruidbestrijdingsmethoden beschreven op bedrijfsniveau.

## Varianten gericht op verlagen N-uitspoeling

De nitraatuitspoeling op het maïsland ligt bij de doorgerekende plannen met beperkte beweiding op een goed vochthoudende zandgrond al onder de 50 mg/l. Bij de plannen met de droge zandgrond is de uitspoeling echter hoger. Dit wordt veroorzaakt doordat op droge zandgronden door de diepe ontwatering in verhouding meer N uitspoelt en minder denitrificeert dan op de beter vochthoudende zandgronden. Vandaar dat de berekeningen in het kader van het verlagen van de nitraatuitspoeling uitgevoerd zijn voor de droge zandgrond.

Voor het terugdringen van de uitspoeling is het verlagen van de stikstofbemesting een belangrijke eerste maatregel. Dit gaat echter gepaard met een lagere opbrengst. Om

deze opbrengstderving zoveel mogelijk te voorkomen is het vervolgens wenselijk de stikstof die gegeven wordt zoveel mogelijk in de rij toe te dienen. Uitspoeling van nitraat treedt op doordat er minerale stikstof in het najaar in de bodem achterblijft. Door deze stikstof in gewassen te binden kan uitspoeling voorkomen worden. Van daar dat er ook plannen doorgerekend zijn waarin een wintergewas is geteeld.

In tabel 40 is een overzicht gegeven van de doorgerekende teeltsystemen. Deze systemen zijn tot stand gekomen op basis van de informatie uit de eerdere bijdragen in deze bundel. Het betreft een zo goed mogelijke inschatting van de effecten die op kunnen treden.

In alle gevallen is ervan uitgegaan dat aan het begin van het groeiseizoen 30 kg minerale N in de bodem beschikbaar is. De fosfaatbemesting is afgestemd op de verwachte onttrekking door het gewas en een overschot van circa 30 kg  $P_2O_5$  voor het op peil houden van de fosfaattoestand in de bodem. Plan I betreft de uitgangssituatie. Er wordt bemest met 150 kg werkzame

N. In plan II is dit niveau teruggebracht naar 50 kg N per hectare snijmaïs. De opbrengstderving is ingeschat op 10%. In plan III is de stikstofbemesting van 50 kg per hectare gecombineerd met de teelt van een wintergewas. Dit wintergewas levert het volgende jaar 30 kg N per hectare. Door deze extra beschikbare N is de opbrengstderving iets geringer dan in plan II. In de plannen IV en V is vervolgens alle stikstof middels rijenbemesting verstrekt. Door de betere beschikbaarheid van de stikstof is ook nu een wat geringere opbrengstderving ingerekend.

In alle gevallen is uitgegaan van maïsteelt op de droge zandgrond zonder berekening. Hierdoor is gerekend met een voederwaarde van 860 VEM per kg droge stof maïs.

In tabel 41 staan de gevolgen voor het inkomen van teeltsystemen waarbij gestreefd wordt naar een vermindering van de nitraatuitspoeling. Bij systeem II is de stikstofbemesting op maïsland met 100 kg verlaagd. Hierdoor daalt het saldo met f 1.800,-. Deze daling wordt vrijwel volledig

Tabel 40. Overzicht doorgerekende teeltsystemen gericht op het verminderen van de nitraatuitspoeling op maïsland.

element	mestsoort	wijze toedienen	systeem				
			I	II	III	IV	V
$m^3$	dierlijk	-	47	11	11	11	11
N	dierlijk	breedwerpig rijenbemesting	130	30	30	-	-
	kunstmest	rijenbemesting	20	20	20	20	20
$P_2O_5$	dierlijk	breedwerpig rijenbemesting	86	20	20	-	-
	kunstmest	rijenbemesting	8	63	66	71	73
$K_2O$	dierlijk	breedwerpig rijenbemesting	334	78	78	-	-
	kunstmest	breedwerpig	-	181	185	192	196
wintergewas		-/+	-	-	+	-	+
relatieve opbrengst		%	100	90	92	95	97

Tabel 41. Opbrengsten, kosten en saldo (gulden per bedrijf) bij 5 alternatieve teeltsystemen voor snijmaïs, gericht op het verminderen van de nitraatuitspoeling; bedrijven op droge zandgrond met 6 hectare maïsteelt.

teeltsysteem	I	II	III	IV	V
<b>Opbrengsten (excl. maïspremie)</b>	<b>358.950</b>	<b>358.900</b>	<b>358.900</b>	<b>358.900</b>	<b>358.900</b>
<b>Kosten, waarvan:</b>	<b>175.400</b>	<b>177.200</b>	<b>178.000</b>	<b>176.400</b>	<b>177.100</b>
- veevoer	65.540	66.800	66.560	66.160	65.900
- gewasbescherming	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240
- meststoffen	10.360	10.380	10.400	10.450	10.470
- zaaizaad	2.990	2.990	3.230	2.990	3.230
- overig	56.800	56.740	56.760	56.770	56.780
- loonwerk	37.490	38.070	38.800	37.780	38.500
<b>Saldo zonder maïspremie</b>	<b>183.500</b>	<b>181.700</b>	<b>180.900</b>	<b>182.500</b>	<b>181.800</b>

veroorzaakt door een toename van de voeraankoop om de lagere maïsoopbrengst te compenseren. Bij teeltsysteem III is uitgegaan van gebruik van een wintergewas. Hierdoor komt 30 kg extra stikstof beschikbaar voor de maïs. Door deze extra stikstof wordt een iets hogere opbrengst behaald. Doordat echter een zeer vroeg ras moet worden geteeld, blijft deze opbrengstverhoging beperkt tot circa 2%. Voor het inzaaien van het wintergewas moeten echter extra kosten gemaakt worden. De kosten komen voor zaaien en zaaizaad op ongeveer f 180,- per hectare uit. Hierdoor zijn de kosten voor zaaizaad en loonwerk wat hoger. Resultaat hiervan is dat het telen van het wintergewas een verdere daling van het saldo veroorzaakt met zo'n f 800,-. Hierbij is geen rekening gehouden met een eventueel hogere voederwaarde van de vroege maïsrassen. Zoals in tabel 37 is weergegeven, heeft een hogere voederwaarde een positief effect op het inkomen. Dit kan de extra kosten door de teelt van het wintergewas compenseren.

Bij de varianten IV en V is ervan uitgegaan dat de beperkte hoeveelheid stikstof die nog gegeven wordt in de rij wordt toegediend. Dit zowel bij kunstmest als bij dierlijke mest, hoewel dit op praktijkschaal voor dierlijke mest nog niet wordt toegepast. Verondersteld is dat hierdoor de stikstof

beter beschikbaar is waardoor de opbrengst van de maïs toeneemt. Vergeleken met de breedwerpige gift in variant II leidt bemesting in de rij tot een toename van het saldo met f 800,-. Hierbij is echter geen rekening gehouden met een hogere prijs voor de toediening van de dierlijke mest in de rij. Over de extra kosten die dit met zich zal meebrengen is nog geen informatie beschikbaar.

In de bijdrage van Schröder en Van Dijk is aangegeven dat het verlagen van de stikstofbemesting een forse reductie van de nitraatuitspoeling betekent. Ook in deze berekeningen is dit naar voren gekomen. De daling van de N-gift met 100 kg in variant II betekent volgens de huidige inzichten dat de hoeveelheid residuele N daalt van ruim 70 kg per hectare naar bijna 30 kg per hectare. Ook op de droogste gronden zou dit kunnen leiden tot nitraatgehalten in grondwater die lager zijn dan 50 mg per liter. Door de teelt van wintergewassen en rijenbemesting zal de uitspoeling naar verwachting nog verder kunnen dalen. Uit de bijdrage van Schröder blijkt dat een wintergewas als rogge de hoeveelheid nitraatstikstof met circa 25 kg per hectare verlaagt. Een exacte inschatting van het uiteindelijke nitraatgehalte in grondwater is echter met de huidige kennis erg moeilijk.

## Onkruidbestrijding

Ook met betrekking tot onkruidbestrijding zijn er nieuwe systemen ontwikkeld. Gangbaar is een geheel chemische bestrijding van onkruiden. Daarnaast zijn berekeningen uitgevoerd voor een combinatie van chemische en mechanische onkruidbestrijding en voor een geheel mechanische bestrijding. In tabel 42 zijn de resultaten voor deze drie methoden naast elkaar gezet.

De combinatie van voor opkomst eggen en vroege chemische bestrijding met een halve dosering is bij de gehanteerde uitgangspunten niet van invloed op de opbrengst. De kosten voor gewasbeschermingsmiddelen dalen met f 70,- per hectare en de kosten voor loonwerk (eggen) nemen met f 70,- toe. Dit betekent dat er vrijwel niets verandert in het saldo. Indien voor onkruidbestrijding duurdere middelen of meer bespuitingen nodig zijn, worden de besparingen door een halve dosering te gebruiken groter.

Een andere mogelijkheid is geheel mechanische onkruidbestrijding. In dit geval zijn de loonwerkkosten voor het eggen en schoffelen op f 300,- per hectare geschat (KWIN, 1996). Bij deze methode is de op-

brengrst 3% lager ingeschat dan bij de andere methoden (zie bijdrage Van der Weide et al.). Door de wat lagere opbrengst per hectare zijn in dit geval de voerkosten wat hoger. Ook de loonwerkkosten zijn hoger vanwege de mechanische bestrijding. De besparing op bestrijdingsmiddelen kan deze hogere kosten niet opheffen. Het saldo is als gevolg hiervan f 1.200,- lager.

## Aanbevelingen voor de praktijk

\* Of de teelt van maïs op een melkveebedrijf aantrekkelijker is dan de teelt van gras hangt van een aantal factoren af. De verhouding tussen de productie per hectare grasland en per hectare maïsland speelt daarbij een belangrijke rol. Naarmate het verschil in productiever-schillen meer in het voordeel van de maïsteelt uitvalt, is overschakelen op maïsteelt aantrekkelijker. De keuze van het te telen ras speelt hierbij een belangrijke rol, evenals het productievermogen van de grond. Ook de mogelijkheid om de maïspremie te ontvangen maakt maïsteelt aantrekkelijker. Tenslotte zijn ook bedrijfsomstandigheden van belang. Bij

**Tabel 42.** Opbrengsten, kosten en saldo (guldens per bedrijf) bij drie systemen voor onkruidbestrijding in snijmaïs; bedrijven op droge zandgrond met 6 hectare maïsteelt, chemische, chemisch/mechanische en mechanische onkruidbestrijding.

onkruidbestrijding	chemisch	chemisch/ mechanisch	mechanisch
<b>Opbrengsten (excl. maïspremie)</b>	<b>358.950</b>	<b>358.950</b>	<b>358.900</b>
<b>Kosten, waarvan:</b>	<b>175.450</b>	<b>175.450</b>	<b>176.620</b>
- veevoer	65.540	65.540	65.920
- gewasbescherming	2.240	1.820	1.400
- meststoffen	10.400	10.400	10.400
- zaaizaad	2.990	2.990	2.990
- overig	56.800	56.800	56.800
- loonwerk	37.490	37.910	39.110
<b>Saldo zonder maïspremie</b>	<b>183.500</b>	<b>183.500</b>	<b>182.300</b>

minder goed verkavelde bedrijven kan de teelt van snijmais op een veldkavel voor- delen bieden.

- \* Uit de berekeningen blijkt dat de milieu- vriendelijker teeltsystemen in het alge- meen duurder zijn dan de traditionele systemen. Dit geldt zowel bij het voorko- men van nitraatuitspoeling als bij de onkruidbestrijding. Ook hierbij geldt echter weer dat individuele situaties in sterke mate het eindresultaat bepalen. Zo spe- len grondsoort en ontwatering een be- langrijke rol bij de uitspoeling van nitraat. De kosten voor onkruidbestrijding zijn afhankelijk van de mate van veronkrui- ding.
- \* Tenslotte zijn een aantal aspecten van belang die niet in deze berekeningen zijn meegenomen. Zo kan het toekomstig mestbeleid mogelijk via normstelling de maïsteelt aantrekkelijker maken. Maar ook praktische zaken als de mogelijkhe- den die de loonwerker heeft en de tarie- ven die hij berekent, beïnvloeden de afweging tussen grasland en maïsteelt.

Het zal duidelijk zijn dat de vraag of snij- maïsteelt aantrekkelijker is dan grasteelt niet met een algemeen geldend ja of nee beantwoord kan worden. Omdat bedrijfs- omstandigheden sterk van invloed zijn, zal per bedrijf deze vraag beantwoord moeten worden. Het in de berekeningen gebruikte bedrijfsbegrotingsprogramma BBPR kan daarbij ook voor individuele bedrijven ge- bruikt worden.

## Literatuur

Alem, G.A.A. van (1995). Doorrekenen melkvee- bedrijven geeft inzicht. Praktijkonderzoek, 8<sup>e</sup> jaargang

nr 4, p. 5-8. Praktijkonderzoek voor de Rundvee- houderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad.

Anonymus, (1987). De invloed van de waterhuis- houding op de landbouwkundige productie. Land- inrichtingsdienst, Utrecht, Mededeling Landinrich- tingsdienst 176. 42 p.

Anonymus, (1994). Tussenbalans 1992-1994. De Marke, Proefbedrijf voor melkveehouderij en milieu, Hengelo (Gld). 160 p.

Blanken, K. et al. (1995). Mineralenmanagement op melkveehouderijbedrijven. Landbouw Economisch Instituut, Den Haag en Proefstation voor de Rund- veehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad. Rapportage in voorbereiding.

Goossensen, F.R. en A. van den Ham (1992). Re- kenregels voor het vaststellen van de nitraatuit- spoeling. Informatie en Kennis Centrum Landbouw, Ede, publikatie nr. 33. 38 p.

Holwerda, D., F. Ingelaat, G. Kolkman en L. Wester- laken, (1995). Kwantitatieve informatie veehouderij 1995-1996. Informatie en Kennis Centrum Land- bouw, Ede. 293 p.

Mandersloot, F., R. Schreuder en A.T.J. van Schep- ping (1995). Vermindering van stikstof- en fosfo- roverschotten op melkveebedrijven. Toegepast onderzoek naar duurzame melkveehouderij, p. 52- 56. Proefstation voor de Rundveehouderij, Scha- penhouderij en Paardenhouderij, Lelystad.

Nijssen, J.M.A. en A.T.J. van Scheppingen (1995). Verkaveling in de melkveehouderij. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad, publikatie nr. 107. 52p.

Scheppingen, A.T.J. van, S.J.F. Antuma en F. Man- dersloot (1995). Economische effecten van vermin- dering van N- en P-overschotten. Toegepast onder- zoek naar duurzame melkveehouderij, p. 57-61. Praktijkonderzoek voor de Rundveehouderij, Scha- penhouderij en Paardenhouderij, Lelystad.

Schreuder, R. et al. (1995). Mineralenstroom milieu- module in BBPR. Proefstation voor de Rundvee- houderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Lelystad, publikatie nr. 99, 33 p.

---

## Relevante publikaties

### AB-DLO

Schröder, J.J. (1991). De benutting van stikstof door maïs met speciale aandacht voor de wortels. Verslag 152, CABO-DLO, Wageningen, 53 pp.

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

Schröder, J.J. (1993). Duurzame maïsteelt is te koop. In: Beheer van het landelijk gebied: duurzaamheid als norm. Verslag Studiedag 14 april 1993, NILI-KGVL, Wageningen, 76-80.

Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, and F.G. Wijnands (1993). Nutriëntenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen: een theoretische verkenning. Rapport 186, CABO-DLO, Wageningen, 25 pp.

Schröder, J.J. en L. ten Holte (1994). De invloed van nitrificatieremmers, toedieningstijdstip en dosering van organische en minerale stikstof op de opbrengst van maïs en de verliezen naar het milieu. Verslag 179, CABO-DLO, Wageningen, 52 pp.

Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen, en F.G. Wijnands (1994). Nutriëntenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen: resultaten 1990-1993. Rapport 26, AB-DLO, Wageningen, 47 pp.

Schröder, J.J., J. Groenwold and T. Zaharieva (1994). Root growth and development of maize during the juvenile stage -rhizolab experiments in 1992 and 1993- Rapport 20, AB-DLO, Wageningen, 64 pp.

Schröder, J.J., L. ten Holte en G. Brouwer (1995). Rijenbemesting met drijfmest. Rapport 44, AB-DLO, Wageningen, 46 pp.

Bovenstaande verslagen en rapporten zijn te bestellen bij de bibliotheek van het DLO-instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) in Wageningen, Postbus 14, 6700 AA Wageningen, telefoon 0317-475700.

### PR

Melkveebedrijf met uitsluitend snijmaïs. Publikatie nr. 82, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij. Prijs f 12,50.

Snijmaïs in onderzoek. Praktijkonderzoek, Themaboek Snijmaïs 1992. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij. Prijs f 15,-.

Verkrijgbaar door het betreffende bedrag over te maken op Postbanknr. 2307421 van het Proefstation PR, Runderweg 6, 8219 PK Lelystad, onder vermelding van hetgeen verlangd wordt.

## IKC-RSP

De teelt van krachtvoer op het melkveehouderijbedrijf. Publikatienr. 18, mei 1991, prijs f 28,-.

Duurzame melkveehouderij op droge grond. Publikatienr. G 25, prijs f 20,-.

IKC-veehouderij Ede, Pascalstraat 10, 6716 AZ.

Te bestellen via Postbanknr. 431939.

## PAGV

### Verslagen

- |  |   |      |
|--|---|------|
| 16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984. ....   | 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<br>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,- |
| 35. Biologie en ecologie van zware nachtschade ( <i>Solanum nigrum</i> ). Ir. W.G.M. van den Brand, maart 1985 .....   | f | 10,- |
| 37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmaïs. Ir.C.L.M. de Visser en Ir. H.F.M. Aarts, april 1985 .....   | f | 10,- |
| 47. Biologie en ecologie van melganzevoet ( <i>Chenopodium album</i> ). Ir. W.G.M. van den Brand, december 1985 .....  | f | 10,- |
| 52. Biologie en ecologie van hanepoot ( <i>Echinochla crus-gali</i> ). Ir. W.G.M. van den Brand, juli 1986 .....   | f | 10,- |
| 73. Het optimale oogsttijdstip van snijmaïs. Ing. H.M.G. van der Werf, april 1988 .....  | f | 10,- |
| 78. Bijzaaien en overzaaien van snijmaïs. Ing. H.M.G. van der Werf en H. Hoek, december 1988 .....   | 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. LC.N. de la Lande Cremer (IB), mei 1989 .....  | f | 10,- |
| 93. Wortelverbruining bij snijmaïs. Ir. J. Schröder, A.G.M. Ebskamp en K. Scholte, oktober 1989 .....  | f | 10,- |
| 106. Stikstofdeling bij snijmaïs. Ir. J. Schröder, juli 1990 .....   | f | 10,- |
| 108. Optimale plantgetal van snijmaïs en van korrelmaïs. Ir. J.J. Schröder, juli 1990 .....  | 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,-
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 . . . . .	f	10,-
148. Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmaïs. 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 . . . . .	f	10,-
155. Productie- en kwaliteitsverloop bij snijmaïs. Ing. D. van der Schans, ing. H.M.G. van der Werf MSc en ir. W. van den Berg, april 1993 . . . . .	f	15,-
176. Bedrijfs-Systemen Onderzoek Vredepeel - Invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1993. Ing. B.M.A. Kroonen-Backbier, ir. Y. Hofmeester en ir. F. Wijnands, september 1994 . .	f	15,-
182. Inventarisatie van onderzoeksvragen over de fosfaatvoorziening. Ing. J. Alblas, ir. W. van Dijk en ing. C.A.Ph. van Wijk, november 1994 . . . . .	f	15,-
191. De invloed van plantveredeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstof- benutting door maïs tijdens de jeugdgroei. Ing. D.A. van der Schans, ir. W. van Dijk en dr. ir. O. Dolstra, juni 1995 . . . . .	f	15,-
201. Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Ir. W. van Dijk, ir. J. Schröder, L. ten Holte en ing. W.J.M. de Groot, juli 1995 . . . . .	f	15,-

**Publikaties**

30. Effecten van grote drijfmestgiften bij de teelt van snijmaïs. Ir. J.J. Schröder, september 1985 . . . . .	f	10,-
62. Verspreiding van onkruiden en planteziekten met dierlijke mest - een risico-analyse Ir. A.G. Elema en dr. ir. Scheepens, augustus 1992 . . . . .	f	15,-
73a. Jaarboek 1993/1994 akkerbouw, november 1994 . . . . .	f	30,-
75. Kwantitatieve informatie 1995, december 1994 . . . . .	f	30,-
76. Werkplan 1995, januari 1995 . . . . .	f	20,-

**Themaboekjes**

4. Snijmaïs, maart 1984 . . . . .	f	10,-
10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw, maart 1990 . . . . .	f	15,-
14. Bedrijfssystemen voor een Akkerbouw met toekomst, december 1992 . . . . .	f	25,-
15. Duurzame onkruidbestrijding, november 1993 . . . . .	f	25,-



### Teelthandleidingen

13. Voederbieten, april 1983 .....	f	10,-
25. Luzerne, september 1988 .....	f	15,-
53. Teelt van suikermaïs, juli 1993 .....	f	25,-
58. Teelt van maïs, december 1993 .....	f	25,-

### Rassenbulletins

- Snijmaïs (nr. 52) .....	f	5,-
- Korrelmaïs/CCM/MKS (nr. 53) .....	f	5,-
- Voederbieten (nr. 35) .....	f	5,-

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