



De stikstof-werkingscoëfficiënt van organische mest op maïsland

(Berkendijk, Heino, 1988-2002)

J.J. Schröder, H. van Schooten, M. Bruinenberg & W. van Dijk





De stikstof-werkingscoëfficiënt van organische mest op maïsland

(Berkendijk, Heino, 1988-2002)

J.J. Schröder¹, H. van Schooten², M. Bruinenberg² & W. van Dijk³

¹ Plant Research International, Wageningen

² Animal Sciences Group, Lelystad

³ Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad

© 2005 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.plant@wur.nl
Internet : www.plant.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
Summary	3
1. Inleiding	5
1.1 Werkingscoëfficiënten	5
Nawerking in huidig advies	5
1.2 Experimentele toetsing	5
2. Methode	7
2.1 Model	7
2.2 Berkendijkproef	7
2.3 Modelinput	8
3. Resultaten en discussie	11
3.1 Bodemvoorraad	11
3.2 Snijmaisopbrengst	11
3.3 Terugwinning	13
3.4 Werkingscoëfficiënt	14
4. Conclusie	17
Literatuur	19
Bijlage I.	4 pp.

Samenvatting

Resultaten van een veeljarige bemestingsproef op zandgrond, met snijmaïs als toetsgewas, zijn gebruikt om een bestaand model te toetsen. In dat model is aangenomen dat organische stikstof (N) in de bodem (exclusief vers materiaal uit mest en wintergewassen) afbreekt met een relatieve snelheid van 3% en dat eventuele wintergewassen en de organische N-fractie van mest afbreken met een relatieve snelheid van 25%. De instelling van de diverse parameters hoefde niet gewijzigd te worden om een bevredigende overeenstemming te krijgen tussen de waargenomen en de gesimuleerde N-opbrengsten. De resultaten geven aan dat de N-werking van organische mest toeneemt naarmate mest langer wordt toegepast. Voor rundveedrijfmest en runderstalmest werd berekend dat de N-werking toeneemt tot 80% na, respectievelijk, circa 8 en 14 jaar.

Summary

Observations on the response of silage maize to manure, derived from a long-term experiment on a sandy soil, were used to test an existing model. In the model we assumed that the relative decomposition rate of organic nitrogen (N) in the soil (excluding fresh material from manure and cover crops) amounts to 3% whereas we assumed that cover crops and the organic N fraction of manure decompose at a rate of 25%. Parameter setting did not need any adjustments to achieve a satisfactory match between observed and simulated N yields. The results imply that the relative N fertilizer value could increase to 80% when cattle slurry is used for approximately eight consecutive years. A similar fertilizer value could be reached after farmyard manure use for approximately fourteen consecutive years.

1. Inleiding

1.1 Werkingscoëfficiënten

Sinds jaar en dag vindt in binnen- en buitenland onderzoek plaats naar de N-werking van organische mest. Uit dat onderzoek blijkt dat de gemeten N-werking, afgezien van weer- en bodemeffecten, samenhangt met de aard, de hoeveelheid, het tijdstip en de methode van toediening. Ook de manier waarop een proef is opgezet speelt een rol. Daarbij vormt de proefduur één van de factoren omdat die bepaalt in welke mate de gezamenlijke nawerking van eerdere giften tot uiting komt (Schröder, 2005). De relatieve N-werking van organische mest ten opzichte van kunstmest-N ('N-werkingscoëfficiënt') blijkt doorgaans, hoe dan ook, kleiner dan 100 procent. Er is vooralsnog geen consensus over de mate waarin die N-werking kleiner is. In Europa bestaan dan ook grote verschillen ten aanzien van de gehanteerde N-werkingscoëfficiënten van organische mest (Schröder & Stevens, 2004).

Nawerking in huidig advies

Bij de voorbereiding van het nieuwe stelsel van gebruiksnormen rezen opnieuw vragen over de N-werking van organische mest. Hiertoe hebben Van Dijk *et al.* (2004) een literatuuronderzoek verricht. Daarbij is onder meer geconcludeerd dat rundveedrijfmest bij emissiearme toediening in het voorjaar een N-werkingscoëfficiënt heeft van circa 50% op grasland en circa 55% op bouwland. De auteurs gaven aan dat de genoemde werkingscoëfficiënten zich beperken tot de zogenaamde eerstejaarswerking. De rechtvaardiging voor deze keuze is bij grasland gelegen in het feit dat een eventuele N-nawerking wordt verrekend via (de geadviseerde) bemesting op basis van het N-leverend vermogen (NLV, grondsoortspecifiek geschat op basis van het N-totaal-gehalte). Voor bouwland zijn N-adviezen echter niet gebaseerd op een NLV-meting. Alleen bij snijmaïs wordt in het N-advies een grof onderscheid gemaakt van 25 kg N per ha voor 'land dat in voorgaande jaren gemiddeld meer dan 50 m³ en land dat minder dan 10 m³ drijfmest per ha per jaar ontving'. Voor bouwlandgewassen, maar mogelijk ook voor grasland als alternatief voor het gebruik van het NLV, bestaat daarom de behoefte om een beter beeld te krijgen van de N-werking bij herhaald mestgebruik op eenzelfde perceel. Overigens moet hierbij worden opgemerkt dat een deel van de N-nawerking, ook bij bouwlandgewassen, al impliciet verwerkt kan zijn bij de totstandkoming van het N-advies. Immers, als de proeven waarop het advies gebaseerd is gelegen hebben op percelen waar voorafgaand aan de proef regelmatig organische mest is toegediend, zou onvoldoende in de N-behoefte worden voorzien door de *huidige* N-adviesgift te dekken op basis van een *vernieuwde* N-werkingscoëfficiënt waarvan de waarde verhoogd is om recht te doen aan de N-nawerking tengevolge van regelmatig mestgebruik. In dat geval zou immers sprake zijn van een zekere dubbeltelling. Van Dijk *et al.* (2004) constateerden ook dat het contra-intuïtief is dat de (eerstejaars) N-werkingscoëfficiënt van mest op grasland, ondanks het langere groeiseizoen, lager is dan die van mest op bouwland. Zij voegden hier aan toe dat meer recente graslandproeven op een iets hogere N-werkingscoëfficiënt duiden, terwijl de N-werking van mest op bouwland mogelijk overschat wordt door uit te gaan van een te grote, modelmatig veronderstelde, mineralisatie van de organische N-fractie in het eerste jaar na toediening. Voor rundveedrijfmest wordt namelijk aangenomen dat 50% van de organische N-fractie mineraliseert in de eerste 12 maanden na toediening (waarvan 60% in een voor gewasopname relevante periode), terwijl uit buitenlands onderzoek blijkt dat in het eerste jaar na toediening soms niet meer dan 10% mineraliseert (Schröder *et al.*, 2005). Genoemde feiten brengen de werkelijke N-werkingscoëfficiënten voor grasland en bouwland wellicht meer op één lijn.

1.2 Experimentele toetsing

Om na te gaan of de N-werking van mest inderdaad toeneemt bij herhaald gebruik zijn in principe veeljarige proeven nodig. In die proeven moeten naast continue behandelingen met passende hoeveelheden organische mest, ook (bij grasland klaver-vrije) onbemeste behandelingen zijn opgenomen waar wel voldoende P- en K-compensatie gegeven is. Idealiter zijn ook kunstmest-N-behandelingen met matige giften in de proef opgenomen om de N-werkingscoëfficiënt van de mest zo exact mogelijk te kunnen berekenen (Schröder, 2005). Vanwege de grootte-orde van de

te onderscheiden N-effecten en de dikwijls grote tussen-jaar variatie, dienen dit soort proeven liever langer dan korter dan vijf jaar te duren. Helaas is dit type proeven schaars.

Tussen 1997 en 2003 heeft op De Marke onderzoek plaatsgevonden naar de lange-termijn N-werking van rundveedrijfmest op snijmaïsveld. Dit is gebeurd in de vorm van een split-plot proef waarin een drietal mestgiften (waaronder een onbemeste behandeling) gedurende een drietal jaren is toegediend. In de daarop volgende vier jaren zijn diezelfde mestgiften opnieuw jaarlijks toegediend maar dan op één van de aanvankelijke behandelingen van de eerste drie jaren. Op deze wijze konden eerstejaarswerkingen en nawerkingen ontrafeld worden. De uitkomsten zijn gebruikt voor het ijken van een model. De auteurs concludeerden dat de N-werkingscoëfficiënt van rundveedrijfmest toeneemt van circa 55-60% in het eerste jaar na toediening tot circa 80% na 6-8 jaren herhaalde toediening. Verder stelden zij vast dat de relatieve afbraaksnelheid van de organische N-fractie niet 50% is, zoals aangenomen in het bouwlandadvies, maar eerder in de orde ligt van 25-33% ligt (Schröder *et al.*, 2005).

Bovenstaande bevindingen zijn deels gebaseerd op modelonderzoek en hebben betrekking op slechts één locatie. Er bestaat daarom behoefte aan een toetsing met gegevens die elders zijn verzameld. Dit rapport doet verslag van een dergelijke toetsing. Daartoe is gebruik gemaakt van een proef die tussen 1988 en 2002 (15 jaar) heeft plaatsgevonden op Proefboerderij Aver Heino.

2. Methode

2.1 Model

In het door Schröder *et al.* (2005) gebruikte model ter bepaling van de korte- en lange-termijnwerking van organische mest worden drie organische N-pools onderscheiden: stabiele bodem-organische N, labiele bodem-organische N en verse organische N. Deze laatste pool bestaat uit organische N in de vorm van organische mest-N en N die eventueel in de vorm van een groenbemester (wintergewas) wordt toegediend. De drie pools breken elk met een constante en per pool verschillende snelheid af (d.w.z. een jaarlijks, vast percentage van de pool) waarbij de vrijgekomen N volgens zogenaamde transfercoëfficiënten aan één van de andere pools, dan wel aan de posten 'gewas', 'groenbemester' en 'verliezen' wordt toegewezen. Ook externe N-inputs ('depositie', 'kunstmest', 'organische mest') worden volgens transfercoëfficiënten toegewezen aan 'bodem-organische N', 'gewas', 'groenbemester' en 'verliezen'. Schröder *et al.* (2005) ontleenden de waarden voor de diverse transfercoëfficiënten aan onafhankelijke datasets. Op basis van literatuuronderzoek deden Schröder *et al.* (2005) voorts een aanname over de verhouding van de omvang van de labiele en de stabiele pool van 'bodem-organische N'. In combinatie met de veronderstelde transfercoëfficiënt voor de overdracht van N uit de labiele naar de stabiele bodem-pool, resulteert één en ander in een vaste verhouding tussen de afbraaksnelheden van beide pools. Als gevolg van die vaste verhouding kan de afbraaksnelheid van beide pools tezamen worden uitgedrukt in één getal (zie voor details: Schröder *et al.*, 2005). De metingen van de proef op De Marke zelf werden gebruikt voor het berekenen van de afbraaksnelheden van de bodem-organische N en de verse organische N van, met name, mest. De berekeningen gaven aan dat de afbraaksnelheid van organische bodem-N 3% per jaar bedroeg (op basis van de gewogen bijdragen van de labiele en de stabiele pool tezamen) en de afbraaksnelheid van organische N in mest 25% per jaar bedroeg. Een afbraaksnelheid voor organische bodem-N van 3% lijkt hoog vergeleken met de 'klassieke' 2% van Kortleven (1963). Daarbij moet bedacht worden dat de gevonden 3% betrokken is op de N-voorraad in de bovenste 30 cm. Omdat de organische N in diepere lagen ook zal bijdragen aan mineralisatie (gevolgd door N-opname), daalt de afbraaksnelheid naarmate de berekening betrokken wordt op een grotere laagdiepte. Zo zou de berekende afbraaksnelheid tot precies 2% dalen als in de lagen dieper dan 30 cm nog eens de helft van de organische N aanwezig is die in de laag 0-30 cm aanwezig is. De resulterende set van parameters (transfercoëfficiënten en afbraaksnelheden) is in ongewijzigde vorm gebruikt om de N-opbrengsten in een proef met snijmaïs aan de Berkendijk te Heino te simuleren. De enige wijziging die in het model werd aangebracht betreft de mogelijkheid om ook organische mestsoorten met een ander relatief aandeel aan ammonium-N (voor rundveedrijfmest typisch 50%) te kunnen hanteren. Aanleiding hiervoor vormde het feit dat in een aantal behandelingen van de proef te Heino tussen 1999 en 2002 is overgestapt van drijfmest op stalmest.

2.2 Berkendijkproef

De maïsproef in Heino werd in 1988 gestart op een veldpodzol met circa 3% organische stof in de bovenste 30 cm. Gedurende de gehele duur van de proef vormden winterbehandelingen de hoofdfactor van de proef: braak, rogge (stoppelzaai) en (tot en met 1998) Italiaans raaigras (onderzaai). Binnen de hoofdfactor werden vijf bemestingstrappen onderzocht waaronder een behandeling met een zeer lage N-gift (20 kg N per ha per jaar in de vorm van een rijenbemesting). De vier overige behandelingen bestonden in de periode 1988-1994 uit een basisgift van rundveedrijfmest en kunstmest-N rijenbemesting, aangevuld met oplopende breedwerpige kunstmest-N-giften. Opzet en resultaten van deze periode zijn gerapporteerd in Schröder *et al.* (1992), Van Dijk *et al.* (1995) en Schröder *et al.* (1996). In de periode 1996-2002 bestonden de vier overige behandelingen uit een kleine basisgift kunstmest-N (20 kg N per ha per jaar als rijenbemesting) en oplopende hoeveelheden drijfmest. Binnen de winterbehandeling 'Italiaans raaigras' werden deze bemestingstrappen tussen 1999 en 2002 vervangen door oplopende stalmestgiften die al dan niet van een aanvullende kunstmest-N-gift (rijenbemesting) werden voorzien. De onderzaai van Italiaans raaigras werd hierbij vervangen door een stoppelzaai van rogge. Opzet en resultaten van de periode 1996-2002 zijn gerapporteerd in Bruinenberg *et al.* (2004). Door compensatiebemesting met kunstmest-P, -K, -Mg en -Ca werd gedurende de gehele proefperiode (1988-2002) gewaarborgd dat de diverse behandelingen alleen qua N-voorziening van elkaar verschilden.

Bij een nadere analyse van de proefveldschema's bleek dat de diverse bemestingsbehandelingen uit de twee latere proefperiodes (1996-1998 en 1999-2002) niet in alle vier herhalingen op één en dezelfde voorbehandeling werden aangelegd. Voor een correcte analyse van lange-termijn effecten is dit wel nodig. Als gevolg hiervan konden niet alle aanvankelijke 3 x 5 behandelingen tot en met 2002 worden betrokken in de analyse. In dat geval bleef het aantal betrokken jaren beperkt tot 1988-1994 of 1988-1998. De onbemeste behandelingen hebben wel gedurende alle 15 jaren op eenzelfde plaats gelegen. Omdat de analyse gericht was op het toetsen van een model ter voorspelling van de N-werking van organische mest, zijn de behandelingen waarin gedurende de periode 1988-1994 naast mest relatief veel kunstmest gegeven werd (N4 en N5 met, respectievelijk, 100 en 140 kg kunstmest-N per ha per jaar) in alle jaren van de analyse uitgesloten. In Tabel 1 is aangegeven welke behandelingen dit rapport bij de analyse betreft en met welke mest- en kunstmestgiften dit gemiddeld gepaard ging. De precieze jaarlijkse aan- en afvoer van N staan vermeld in Bijlage 1.

Tabel 1. *Behandelingen uit de Berkendijkproef zoals gebruikt bij de toetsing van het model en de gemiddelde aanvoer van stikstof en fosfaat daarbij.*

Code	Winterbehandeling	Kunstmest		Dierlijke mest	
		kg N per ha	kg P ₂ O ₅ per ha	kg NH ₄ -N per ha	kg N-org per ha
BN1N1N1	braak	20	92	0	0
BN2N3N3	braak	20	20	77	73
BN3	braak	60	20	86	95
GN1N1SN1	gras*	15	92	0	0
GN2N3SN4	gras*	15	36	68	95
GN3N5N3	gras*	39	31	57	72
RN1N1N1	rogge	20	92	0	0
RN2	rogge	20	20	86	95
RN3N2	rogge	45	20	72	75

* rogge i.p.v. gras vanaf 1999

2.3 Modelinput

De input van het model bestond uit de geregistreerde giften aan minerale N in de vorm van kunstmest-N, de giften aan ammonium-N en organische N in de vorm van drijfmest of stalmest, en een schatting van de ondergeploegde hoeveelheid wintergewas-N. Aangenomen is dat de jaarlijkse atmosferische depositie 49 kg N per ha bedroeg, omwille van vergelijkbaarheid met de proef op De Marke. Voor het initialiseren van het model moest verder een aanname gedaan worden over de omvang van de geaccumuleerde organische N als gevolg van drijfmestgebruik in de jaren voorafgaand aan de proef. Daartoe werd aangenomen dat 10 jaar lang 70 m³ rundveedrijfmest per ha was toegediend met daarin 2,2 kg organische N per ton mest. De omvang van de voorraad stabiele en labiele organische bodem-N werd vervolgens geschat door de resterende voorraad verse organische mest-N in mindering te brengen op de gemeten voorraad totale organische N in de bodem bij aanvang van de proef in 1988, zijnde circa 5400 kg N per ha in de bovenste 30 cm. Deze voorraad werd geschat op basis van de gemeten hoeveelheden organische stof (waaruit het volumegewicht van de grond werd geschat) en het N-totaal-gehalte in de lagen 0-20 en 20-40 cm. Daarbij werd de halve hoeveelheid N-totaal in de laag 20-40 cm opgeteld bij de hoeveelheid in de laag 0-20 cm. Deze gecompliceerde normalisatie naar de laag 0-30 cm was nodig omdat de (te toetsen) parameterinstellingen waren gebaseerd op de proef op De Marke waar de laag 0-30 cm het uitgangspunt vormde. Het model is niet alleen beoordeeld op een correcte simulatie van de N-opbrengst van snijmaïs, maar ook op een correcte simulatie van de hoeveelheid organische N in de laag 0-30 cm aan het einde van de proef in 1994. In dat jaar waren echter alleen bodemanalyses van de laag 0-20 cm beschikbaar. Verondersteld is dat in de ontbrekende

laag 20-30 cm 37% van de hoeveelheid N aanwezig was die in de laag 0-20 cm werd aangetroffen. Dit percentage werd afgeleid uit de waarnemingen in de periode 1988-1994.

De N-opbrengst van de wintergewassen werd alleen gemeten in de periode 1988-1994. De gemeten N-opbrengsten (vermeerderd met een hoeveelheid van 10 kg N per ha voor wortels en stoppels) zijn in het model gebruikt als plafond voor de realiseerbare N-investering in wintergewassen. Voor de periode 1996-2002 werd de jaarlijkse N-opbrengst van eventueel aanwezige wintergewassen geschat op 35 kg N per ha.

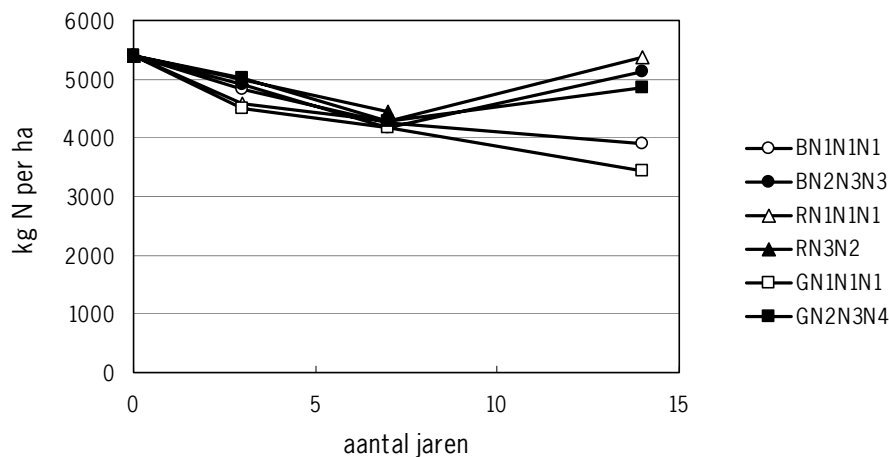
In 1995 werden geen metingen aan bodem en gewassen verricht. Het gehele proefveld, met uitzondering van de onbemeste behandelingen, ontving in dat jaar naar schatting 35 m³ rundveedrijfmest per ha met daarin naar schatting 77 kg ammonium-N en 77 kg organische N per ha. In de winters voorafgaand en volgend op het seizoen van 1995 werden geen wintergewassen verbouwd.

3. Resultaten en discussie

3.1 Bodemvoorraad

Zonder organische bemesting daalde de N-voorraad van de bodem geleidelijk met gemiddeld circa 100 kg N per ha per jaar. Er waren geen aanwijzingen dat de teelt van een wintergewas deze daling in alle gevallen teniet kon doen: bij rogge bleef de daling weliswaar uit, maar bij Italiaans raaigras was de daling zelfs nog groter dan bij braak. Bij matig gebruik van organische mest (70-80 kg minerale N en 70-100 kg organische N per ha per jaar, vergeleken met, respectievelijk, circa 140 en 140 kg N per ha per jaar in de jaren voorafgaand aan de proef) trad een beperkte daling op van circa 30 kg N per ha per jaar. De daling was ook hier niet kleiner bij de teelt van een wintergewas (Figuur 1). Kennelijk zijn de bijdragen van wintergewassen te gering om ze binnen een periode van 15 jaar nauwkeurig te kunnen vaststellen. Hierbij moet bedacht worden dat het gaat om de detectie van kleine veranderingen tegen een grote achtergrond.

Het model laat zich onder meer beoordelen op de mate waarin veranderingen van de hoeveelheid bodem-organische N gedurende de gehele proefduur correct gesimuleerd worden. Hiervoor lenen zich de vijf behandelingen, zoals eerder aangegeven, in Figuur 1. De gesimuleerde jaarlijkse daling van de N-voorraad van onbemeste behandelingen zonder wintergewas bedroeg 90 kg N per ha per jaar (geobserveerd 101), van onbemeste behandelingen met wintergewas 78 kg N per ha per jaar (geobserveerd 28), van bemeste behandelingen zonder wintergewas 48 kg N per ha per jaar (geobserveerd 19) en van bemeste behandelingen met wintergewas 30 kg N per ha per jaar (geobserveerd 40). Gemiddeld over de behandelingen is de geobserveerde daling 20 kg N per ha per jaar minder dan de gesimuleerde daling. Omdat een dergelijke afwijking (overeenkomend met minder dan een half procent van de achtergrondvoorraad) klein is, voldoet het model in dit opzicht redelijk.

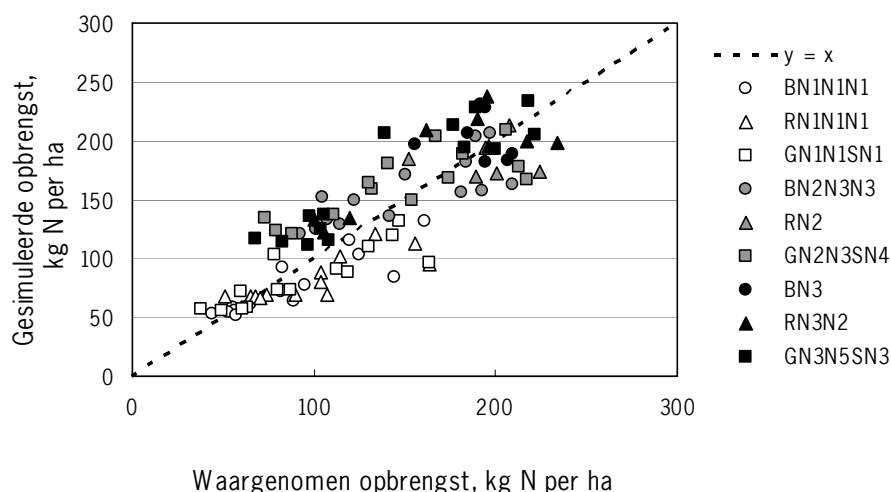


Figuur 1. Waargenomen verandering van de totale voorraad organische N in de bodem (0-30 cm) (Berkendijk 1988-2002).

3.2 Snijmaïsoopbrengst

De snijmaïsoopbrengsten van Heino werden redelijk goed voorspeld als de parameterinstelling van De Marke geheel ongewijzigd gelaten werd (Figuur 2). Het model onderschatte de N-opbrengst van onbemeste snijmaïs in de eerste jaren nadat met bemesting gestopt was, terwijl het de N-opbrengst van bemeste snijmaïs enigszins overschatte. Hierbij zij opgemerkt dat de juistheid van de simulatie van onbemeste snijmaïs niet alleen afhangt van een correcte instelling van de afbraaknelheid van organische bodem-N, maar ook van een correcte instelling van de afbraak-

snelheid van organische mest-N, namelijk de afbraak van geschatte mestgiften in de jaren voorafgaand aan de proef. Een verlaging van de afbraaksnelheid van organische mest-N van 25% naar 10% of een verhoging hiervan van 25% naar 33% gaven geen verbetering van de overeenstemming tussen waargenomen en gesimuleerde opbrengsten (Tabel 2). Een verhoging van de afbraaksnelheid naar 50%, zoals verondersteld in de bouwland-adviesbasis, gaf een minder goede overeenstemming. Op zichzelf vormt het bevredigende modelresultaat van de Heino-proef geen sluitend bewijs voor een correcte berekening van de (na)werking van mest. Anders dan in de proef van De Marke konden eerstejaarswerkingen en nawerkingen immers niet goed ontward worden. Vanuit die optiek is het immers ook denkbaar dat de goede overeenstemming bij gebruik van een relatief lage waarde voor de afbraaksnelheid van organische mest-N ten opzichte van het bestaande advies een noodzakelijke aanpassing is om een te lage inschatting van de ammoniakvervluchtiging (thans ingesteld op 10% van de toegediende ammonium-N) te compenseren. Als dit het geval zou zijn, dan zou de onderschatting van de N-opbrengst van snijmaïs gedurende de eerste jaren echter nog groter geweest zijn. Immers, bij gebruik van een hogere afbraaksnelheid zou de N-nawerking van de mest die voorafgaand aan de proef gegeven is, lager zijn geweest. Een hogere ammoniakvervluchtiging uit drijfmest dan de veronderstelde 10% is daarom niet zo aannemelijk. Of deze veronderstelling ook correct is voor stalmest, is niet na te gaan omdat stalmest pas in de laatste vier jaren in de proef was opgenomen. Omdat er bij stalmest tijd verstrijkt tussen uitrijden en inwerken, in tegenstelling tot de situatie bij injectie van drijfmest, gaat bij stalmest mogelijk een groter deel van de toegediende ammonium verloren dan hier is aangenomen.



Figuur 2. Vergelijking van waargenomen en voorspelde N-opbrengst van snijmaïs bij een veronderstelde relatieve afbraaksnelheid van 3% van de N-bodemvoorraad (labiele en stabiele organische N) en 25% van de verse organische N in mest en wintergewassen (Berkendijk 1988-2002).

Tabel 2. Statistische indicatoren voor de mate van overeenstemming tussen waargenomen en gesimuleerde N-opbrengsten van snijmaïs, in relatie tot de betrokken behandelingen en de relatieve afbraaksnelheid (RDR, jr^{-1}) van verse organische N in, met name, dierlijke mest (bij een veronderstelde relatieve afbraaksnelheid van 3% per jaar (jr^{-1}) van de stabiele en labiele organische bodem-N) op Heino (1988-2002) en, ter vergelijking, De Marke (1997-2003).

Proef	Behandeling	RDR	Aantal waarnemingen	M ^a	SE _M ^b	R ^c	±10 ^d	±20 ^d
Heino	Geen mest ^e	0,10	41	8	3,6	0,88	34	63
		0,25	41	13	3,3	0,85	41	66
		0,33	41	16	3,5	0,83	41	61
		0,50	41	19	3,8	0,81	34	49
	Wel mest	0,10	64	-3	3,7	0,80	16	44
		0,25	64	-12	3,5	0,80	19	39
		0,33	64	-12	3,6	0,79	19	38
		0,50	64	-11	3,7	0,78	22	42
	Wel/geen mest	0,10	105	1	2,7	0,86	23	52
		0,25	105	-3	2,7	0,86	28	50
		0,33	105	-1	2,9	0,85	29	47
		0,50	105	1	3,1	0,84	27	45
Marke	Geen mest ^e	0,10	17	7	3,9	0,64	41	82
		0,25	17	1	3,7	0,63	65	76
		0,33	17	0	3,6	0,64	59	82
		0,50	17	9	3,7	0,66	47	82
	Wel/geen mest	0,10	45	2	3,0	0,89	44	69
		0,25	45	0	2,9	0,89	58	31
		0,33	45	2	2,6	0,90	58	76
		0,50	45	17	2,6	0,90	31	76

^a gemiddeld verschil tussen waargenomen en gesimuleerde waarde, waarbij positieve waarden duiden op onderschatte opbrengsten bij de simulatie (kg N ha^{-1})

^b standaard fout van het gemiddelde verschil tussen waarneming en simulatie (kg N ha^{-1})

^c correlatiecoëfficiënt (%)

^d percentage van de simulaties binnen ±10 of ±20 $\text{kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ van de overeenkomstige waarneming

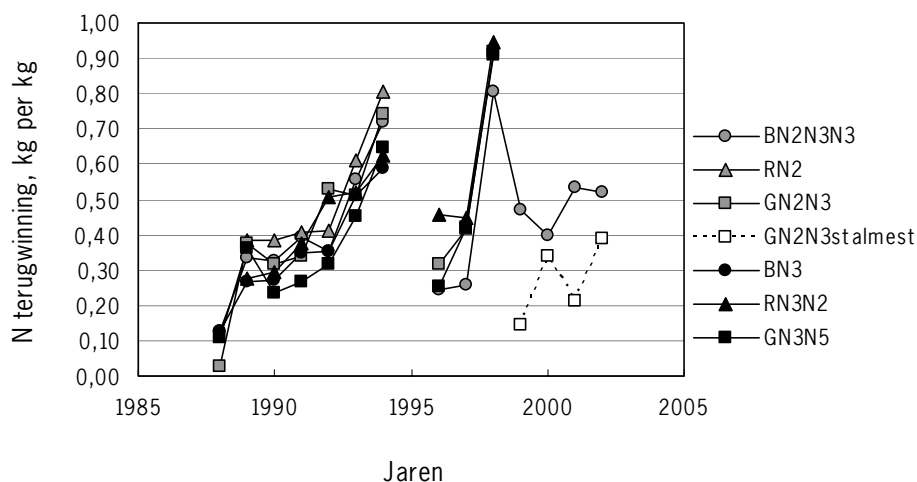
^e veldjes waarop deze behandelingen lagen kregen in de jaren voorafgaand aan de proef (Heino) wel mest of in voorafgaande jaren binnen de proef (De Marke), afhankelijk van de behandeling, wel mest.

3.3 Terugwinning

Anders dan in de proef van De Marke, zijn de geconstateerde verschillen in N-opbrengst bij bemeste objecten niet alleen het gevolg van verschillen in N-nawerking. Dit komt doordat individuele veldjes van jaar tot jaar verschillende hoeveelheden en soms ook verschillende soorten mest kregen. Effecten op de N-opbrengst als gevolg van de verschillen in toegediende hoeveelheid kunnen genormaliseerd worden door niet de absolute verschillen in N-opbrengst te analyseren, maar de relatieve verschillen ten opzichte van de hoeveelheid N die gegeven is (N-terugwinning of N-recovery). Dan nog resteert als bron van variatie de wisselende aard van de gegeven meststof-combinatie (kunstmest, ammonium-N in mest, organische N in mest). De waargenomen N-terugwinning ondergaat

daarnaast bovendien nog invloed van weersomstandigheden en van het feit dat de terugwinning als zodanig niet rechtevenredig is met de gift, terwijl het model dit wel aanneemt.

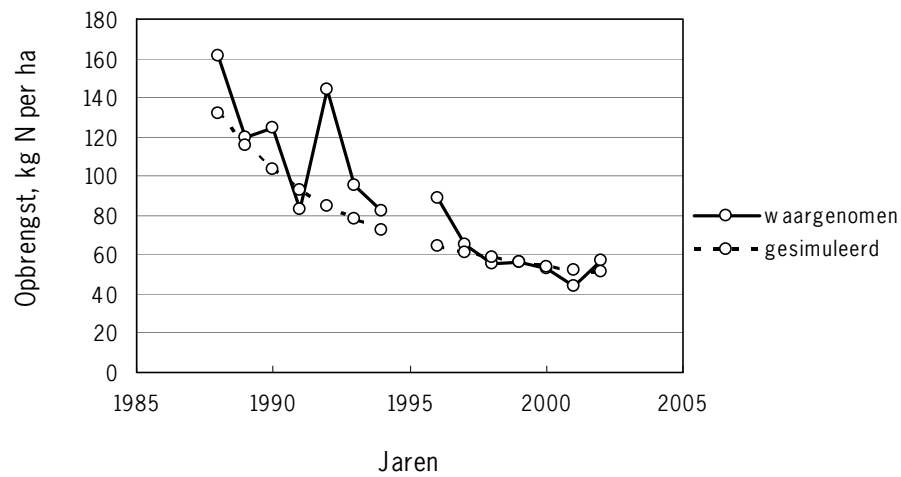
Gedurende de eerste periode (1988-1994) liep de terugwinning van rundveedrijfmest op van circa 10% naar circa 70% (Figuur 3). In de proef waren geen kunstmest-N-behandelingen opgenomen waarmee had kunnen worden nagegaan of de N-terugwinning van kunstmest-N niet ook gaandeweg beter werd. Zelfs als dat het geval was geweest, suggereren de resultaten uit de periode 1988-1994 sterk dat de N-werking van mest (d.w.z. de verhouding van de N-terugwinningen van mest-N en kunstmest-N) met de tijd groter werd. In de periode tussen 1996 en 2002, echter, daalde de N-terugwinning van drijfmest-N opnieuw naar waarden van gemiddeld 50% (spreiding 30%-90%). De oorzaak hiervan is niet bekend. Evenmin is bekend of de terugwinning van kunstmest-N een vergelijkbaar beeld zou hebben vertoond. Dat zou tot gevolg hebben gehad dat de berekende N-werking van mest in de periode 1996-2002 op zichzelf niet lager was dan in de eerste periode. De terugwinning van stalrestmest-N (gecombineerd met een rogge stoppelzaai) was in alle vier onderzochte jaren lager dan de terugwinning van drijfmest-N, met name in 1999. Dit hangt vanzelfsprekend samen met de lagere $\text{NH}_4\text{-N/Norg}$ -verhouding van stalrestmest. Een lagere N-terugwinning impliceert dat ook de N-werking van stalrestmest in alle jaren lager was en wel het sterkst in het eerste jaar van toediening.



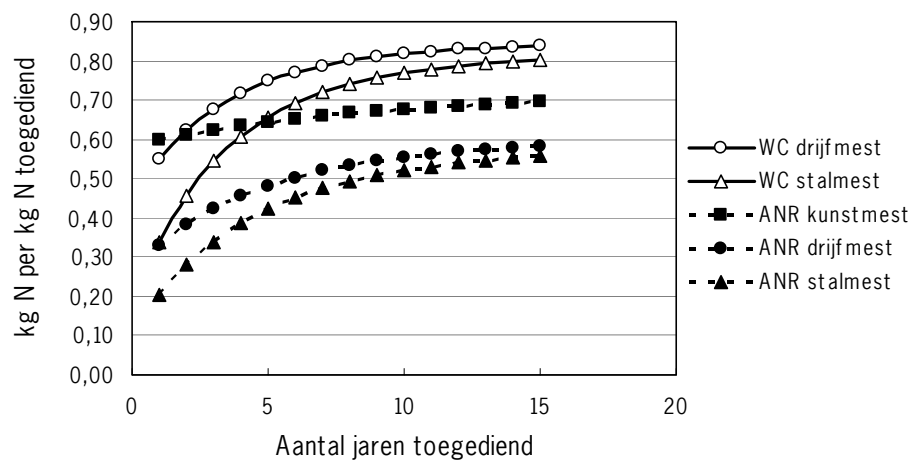
Figuur 3. Waargenomen verloop van de N-terugwinning (Berkendijk 1988-2002).

3.4 Werkingscoëfficiënt

Naar zijn aard kan een toename van de N-terugwinning met de tijd wijzen op het geleidelijk tot werking komen van restanten organische mest-N, maar ook op een geleidelijke afname van de N-nalevering uit de bodem. Dit laatste resulteert in een steeds lagere N-opname van het onbemeste gewas. Van dit laatste was duidelijk sprake in Heino (Figuur 4). Als gevolg hiervan neemt de totale hoeveelheid beschikbare N uit 'bodem' en bemesting af en wordt deze beter benut vanwege het niet-lineaire karakter van de N-terugwinning. Als niet de nawerking de stijging van de terugwinning met de tijd verklaart maar de verminderde N-levering door de bodem, zou ook kunstmest een stijgende N-terugwinning vertonen. Omdat de N-werking van mest berekend wordt als de verhouding van de terugwinningen van mest-N en kunstmest-N kan het 'storende' effect van een verminderde N-levering door de bodem eruit wegerekend worden. Het model is voor een dergelijke analyse gebruikt. Daaruit bleek dat, bij de gegeven uitgangspunten, de N-bodemlevering afnam als niet bemest werd, dat zowel kunstmest-N als organische mest-N een nawerking vertoonden, al was die evident groter bij organische mest-N, en dat als gevolg van het voorgaande de N-werking steeg met de tijd. Bij rundveedrijfmest steeg de relatieve N-werking ('N-werkingscoëfficiënt') van 55% in het eerste jaar na toediening tot 80% in achtste jaar na toediening. Bij stalrestmest bedroeg de N-werking 34% in het eerste jaar van toediening en duurde het 14 jaar alvorens ook stalrestmest een N-werking van 80% bereikte. Uitgangspunt bij deze berekeningen vormt de aanname dat de initiële N-terugwinning van lage kunstmest-N-giften 60% bedraagt (Figuur 5).



Figuur 4. Waargenomen en gesimuleerd verloop van de N opbrengst van snijmaïs zonder bemesting en wintergewas (Berkendijk 1988-2002).



Figuur 5. Het voorspelde verloop van de N-terugwinning van kunstmest, rundveedrijfmest en rundveestalmest en de daaruit resulterende N-werkingscoëfficiënt van organische mest (Berkendijk 1988-2002).

4. Conclusie

De opzet van de proef in Heino was niet volmaakt voor het expliciet toetsen van de afbraaksnelheid van de fractie organische N van mest. Daarvoor zou een split-plot opzet nodig geweest zijn waarin in de hoofdfactor verschillende 'bemestingsvoorgeschiedenissen' waren aangelegd. Ook was de opzet van de proef niet volmaakt voor het expliciet vaststellen van de N-werkingscoëfficiënt van organische mest. Daarvoor zouden kunstmest-N-behandelingen moeten zijn opgenomen. Desondanks was het bemoedigend dat de N-opbrengsten van snijmaïs in Heino redelijk goed voorspeld werden bij een exact gelijke instelling van de afbraaksnelheden van de fractie organische N van mest (en bodem-N) als bij de proef op De Marke. Vanuit dat opzicht is de conclusie gerechtvaardigd dat de N-werking van organische mest toeneemt naarmate mest langer wordt toegepast. Voor rundveedrijfmest en runderstalmest werd berekend dat de N-werking toeneemt tot 80% na, respectievelijk, circa 8 en 14 jaar. Met de lopende split-plot proef op De Marke (2002-2005) waarin de respons van gras op stalmest, drijfmest en kunstmest wordt nagegaan, doet zich een nieuwe mogelijkheid voor om de lange-termijn N-werking van organische mest te toetsen.

Literatuur

- Bruinenberg, M., H. van Schooten & W. van Dijk, 2004.
Langetermijneffecten van gereduceerde mestgiften op maïsland 1996-2002. Intern Rapport 511, Animal Sciences Group, Lelystad, 41 pp.
- Kortleven, J., 1963.
Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en -afbraak. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 69-1, Pudoc, Wageningen, 109 pp.
- Schröder, J.J., 2005.
Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. *Bioresource Technology* 92 (2): 253-261.
- Schröder, J.J. & R.J. Stevens, 2004.
Optimising N additions: can we integrate fertiliser and manure use? In: Hatch, D.J., D.R. Chadwick, S.C. Jarvis & J.A. Roker (Eds.), *Controlling nitrogen flows and losses*, pp. 586-593.
- Schröder, J.J., L. ten Holte, W. van Dijk, W.J.M. de Groot, W.A. de Boer & E.J. Jansen, 1992.
Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Verslag 148, PAGV, Lelystad, 105 pp.
- Schröder, J.J., W. van Dijk & W.J.M. de Groot, 1996.
Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44: 293-315.
- Schröder, J.J., A.G. Jansen & G.J. Hilhorst, 2005.
Long term nitrogen fertilizer value of cattle slurry. *Soil Use and Management* (in druk)
- Van Dijk, W., J.J. Schröder, L. ten Holte & W.J.M. de Groot, 1995.
Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Verslag 201, PAGV, Lelystad, 97 pp.
- Van Dijk, W., J.G. Conijn, J.F.M. Huijsmans, J.C. van Middelkoop & K.B. Zwart, 2004.
Onderbouwing N-werkingscoëfficiënt organische mest. Studie t.b.v. onderbouwing gebruiksnormen. Rapport 337, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, 63 pp.

Bijlage I.

Giften aan kunstmest en aan ammonium-N en organische N via organische mest, geschatte N-vastlegging in wintergewassen, en gerealiseerde N-opbrengst in snijmaïs (kg N per ha per jaar) van behandelingen die bij de toets betrokken zijn (Berkendijk 1988-2002).

Code	Jaar	Kunstmest		Organische mest		Wintergewas	Snijmaïs-opbrengst
		N	P ₂ O ₅	ammonium-N	organische N		
BN1N1N1	1988	20	90	0	0	0	161
	1989	20	90	0	0	0	120
	1990	20	80	0	0	0	125
	1991	20	72	0	0	0	83
	1992	20	72	0	0	0	144
	1993	20	72	0	0	0	95
	1994	20	72	0	0	0	82
	1995	20	-	0	0	0	
	1996	20	105	0	0	0	89
	1997	20	105	0	0	0	65
	1998	20	105	0	0	0	55
	1999	20	105	0	0	0	56
	2000	20	105	0	0	0	53
	2001	20	105	0	0	0	44
	2002	20	105	0	0	0	57
	<i>gem</i>	<i>20</i>	<i>92</i>	<i>0</i>	<i>0</i>		

Code	Jaar	Kunstmest		Organische mest		Wintergewas	Snijmaïs-opbrengst
		N	P ₂ O ₅	ammonium-N	organische N		
BN2N3N3	1988	20	20	109	111	0	189
	1989	20	20	122	108	0	197
	1990	20	20	86	94	0	184
	1991	20	20	76	94	0	150
	1992	20	20	61	77	0	193
	1993	20	20	66	88	0	181
	1994	20	20	83	93	0	209
	1995	20	-	77	77	0	
	1996	20	20	75	60	0	122
	1997	20	20	87	69	0	105
	1998	20	20	66	42	0	142
	1999	20	20	57	66	0	114
	2000	20	20	51	69	0	101
	2001	20	20	54	36	0	92
	2002	20	20	90	6	0	107
	<i>gem</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>77</i>	<i>73</i>		

Code	Jaar	Kunstmest		Organische mest		Wintergewas	Snijmaïso- opbrengst
		N	P ₂ O ₅	ammonium-N	organische N		
GN1N1SN1	1988	20	90	0	0	27	147
	1989	20	90	0	0	38	143
	1990	20	80	0	0	36	130
	1991	20	72	0	0	31	78
	1992	20	72	0	0	30	164
	1993	20	72	0	0	53	113
	1994	20	72	0	0	0	119
	1995	20	-	0	0	0	
	1996	20	105	0	0	35	87
	1997	20	105	0	0	35	80
	1998	20	105	0	0	35	60
	1999	20	105	0	0	35	63
	2000	20	105	0	0	35	61
	2001	20	105	0	0	35	38
	2002	20	105	0	0	35	49
	<i>gem</i>	<i>20</i>	<i>92</i>	<i>0</i>	<i>0</i>		

Code	Jaar	Kunstmest		Organische mest		Wintergewas	Snijmaïso- opbrengst
		N	P ₂ O ₅	ammonium-N	organische N		
GN2N3SN4	1988	20	20	109	111	27	167
	1989	20	20	122	108	35	206
	1990	20	20	86	94	37	182
	1991	20	20	76	94	27	141
	1992	20	20	61	77	32	217
	1993	20	20	66	88	51	174
	1994	20	20	83	93	0	213
	1995	20	-	77	77	0	
	1996	20	55	75	60	35	132
	1997	20	55	87	69	35	130
	1998	20	55	66	42	35	154
	1999	0	50	21	159	35	79
	2000	0	50	15	108	35	88
	2001	0	50	36	120	35	73
	2002	0	50	36	123	35	111
	<i>gem</i>	<i>15</i>	<i>36</i>	<i>68</i>	<i>95</i>		

Code	Jaar	Kunstmest		Organische mest		Wintergewas	Snijmaïso- opbrengst
		N	P ₂ O ₅	ammonium-N	organische N		
GN3N5SN3	1988	60	20	109	111	27	189
	1989	60	20	122	108	35	218
	1990	60	20	86	94	37	177
	1991	60	20	76	94	27	139
	1992	60	20	61	77	32	200
	1993	60	20	66	88	51	183
	1994	60	20	83	93	0	222
	1995	20	-	77	77	0	
	1996	20	0	37.5	30	35	106
	1997	20	0	43.5	34.5	35	98
	1998	20	0	33	21	35	104
	1999	20	75	10.5	79.5	35	83
	2000	20	75	7.5	54	35	97
	2001	20	75	18	60	35	68
	2002	20	75	18	61.5	35	108
<i>gem</i>		<i>39</i>	<i>31</i>	<i>57</i>	<i>72</i>		

Code	Jaar	Kunstmest		Organische mest		Wintergewas	Snijmaïso- opbrengst
		N	P ₂ O ₅	ammonium-N	organische N		
RN1N1N1	1988	20	90	0	0	43	
	1989	20	90	0	0	41	134
	1990	20	80	0	0	20	156
	1991	20	72	0	0	26	114
	1992	20	72	0	0	14	164
	1993	20	72	0	0	0	104
	1994	20	72	0	0	0	104
	1995	20	-	0	0	0	
	1996	20	105	0	0	35	107
	1997	20	105	0	0	35	90
	1998	20	105	0	0	35	74
	1999	20	105	0	0	35	65
	2000	20	105	0	0	35	68
	2001	20	105	0	0	35	51
	2002	20	105	0	0	35	70
<i>gem</i>		<i>20</i>	<i>92</i>	<i>0</i>	<i>0</i>		

Code	Jaar	Kunstmest		Organische mest		Wintergewas	Snijmais- opbrengst
		N	P ₂ O ₅	ammonium-N	organische N		
RN3N2/5	1988	60	20	109	111	52	
	1989	60	20	122	108	63	195
	1990	60	20	86	94	30	190
	1991	60	20	76	94	40	162
	1992	60	20	61	77	15	234
	1993	60	20	66	88	0	196
	1994	60	20	83	93	0	217
	1995	20	-	77	77	0	
	1996	20	20	37.5	30	35	120
	1997	20	20	43.5	34.5	35	100
	1998	20	20	33	21	35	106
	<i>gem</i>	<i>45</i>	<i>20</i>	<i>72</i>	<i>75</i>	<i>40</i>	<i>162</i>

Code	Jaar	Kunstmest		Organische mest		Wintergewas	Snijmais- opbrengst
		N	P ₂ O ₅	ammonium-N	organische N		
BN3	1988	60	20	109	111	0	194
	1989	60	20	122	108	0	192
	1990	60	20	86	94	0	185
	1991	60	20	76	94	0	156
	1992	60	20	61	77	0	207
	1993	60	20	66	88	0	194
	1994	60	20	83	93	0	209
		<i>gem</i>	<i>60</i>	<i>20</i>	<i>86</i>	<i>95</i>	

Code	Jaar	Kunstmest		Organische mest		Wintergewas	Snijmais- opbrengst
		N	P ₂ O ₅	ammonium-N	organische N		
RN2	1988	20	20	109	111	52	
	1989	20	20	122	108	63	208
	1990	20	20	86	94	30	194
	1991	20	20	76	94	40	152
	1992	20	20	61	77	15	201
	1993	20	20	66	88	0	189
	1994	20	20	83	93	0	224
		<i>gem</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>86</i>	<i>95</i>	