



PraktijkRapport Rundvee 52

Voorjaarstoediening van dierlijke mest op zware klei



Oktober 2004

Rundvee





Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info.po.asg@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

© Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

ISSN 1570-8616
Eerste druk 2004/oplage 150
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

Referaat

ISSN 1570-8616

Kasper, G.J. en H. van Schooten (ASG, Praktijkonderzoek)
Voorjaarstoediening van dierlijke mest op zware klei (2004)
PraktijkRapportRundvee 52; 19 pagina's, 8 figuren, 8 tabellen

Voorjaarstoediening van dierlijke mest op zware klei op maisland kan een goed alternatief zijn voor de gebruikelijke najaarstoediening. De verwachting is dat de stikstofverliezen worden beperkt. Het project beschreven in dit rapport had als doelstelling het vergelijken van het effect van toediening van dierlijke mest in voor- en najaar op zware klei op drogestof-opbrengst en mineralenbenutting. De resultaten tonen dat de opbrengst van snijmais op zware kleigrond in Noord-Nederland varieert van bijna 13 tot bijna 18 ton ds/ha. Weers- en groeiomstandigheden zijn van grote invloed op de drogestof-opbrengst. Bij ideale omstandigheden van de bodem (droog en voldoende draagkrachtig) is het effect van de toedieningstechniek op de drogestofopbrengst niet significant. In 2002, een significant slechter maisjaar, gaven de toedieningstechnieken kunstmest, sleepslangensysteem en mestband hogere opbrengsten dan de overige toedieningstechnieken. Nmineraal in het voorjaar is bij de najaarsbemestingen 10-15 kg N/ha hoger dan bij de voorjaarsbemestingen. Dit betekent dat ca. 70-80% van de in het voorafgaande najaar toegediende N niet wordt teruggevonden. Het is belangrijk de kunstmestgift te baseren op Nmineraal in het voorjaar en de drijfmestgift om enerzijds een groei te realiseren zonder mineralentekort en anderzijds uitspoeling van mineralen in de daaropvolgende winter te voorkomen.

Trefwoorden:

Voorjaarstoediening, drijfmest, drogestofopbrengst, mineralenbenutting, snijmais, kunstmest, klei

Abstract

ISSN 1570-8616

Kasper, G.J. and H. van Schooten (ASG, Applied Research)
Spring application of manure to heavy clay (2004)
PraktijkRapport Rundvee 52; 19 pages, 8 figures, 8 tables

A spring application of manure to heavy clay soil on which maize is cultivated could be a good alternative to the usual autumn application, because nitrogen losses would probably be limited. The project described in this report aimed to compare spring and autumn applications of manure on heavy clay in terms of the effects on dry matter yield and mineral utilisation. The results show that the yield of forage maize on heavy clay soils in the north of the Netherlands varies from almost 13 to almost 18 tons dm/ha and that dry matter yield depends greatly on the weather and conditions for growth. Under ideal soil conditions (dry soil with sufficient bearing power), there was no significant effect of application technique on dry matter yield. In 2002, a significantly poorer year for maize, three treatments (fertiliser, the trailed umbilical hose applicator and the manure belt) resulted in higher yields than the other treatments. The mineral N content in the spring was 10-15 kg N/ha higher for the autumn applications than for the spring applications. This means that approx. 70-80% of the N applied in the preceding autumn was not retrieved. To achieve growth without a mineral deficit and also to avert minerals being leached out in the following winter, it is important to base the fertiliser application rate on the mineral N content in the spring and on the N mineral content of the slurry application.

Keywords:

Spring application, slurry, dry matter yield, mineral utilisation, forage maize, fertiliser, clay



PraktijkRapport Rundvee 52

Voorjaarstoediening van dierlijke mest op zware klei

Spring application of manure to heavy clay

G.J. Kasper
H. van Schooten

Oktober 2004

Voorwoord

De komende jaren wordt de mestwetgeving aangescherpt. Eén van de punten van aanscherping is het verbod op toediening van drijfmest in het najaar op kleigronden. Vanuit het oogpunt van mineralenbenutting is drijfmesttoediening in het voorjaar aan te bevelen. Momenteel wordt bij snijmaïs op kleigrond de drijfmest in het algemeen echter vóór het ploegen in het najaar toegediend. Dit is met name om structuurschade als gevolg van zware machines in het voorjaar te voorkomen. De afgelopen jaren zijn diverse nieuwe toedieningstechnieken beschikbaar gekomen. Deze kennen het nadeel van structuurschade mogelijk niet. Om het effect te beoordelen is in de periode 2000-2003 onderzoek verricht naar voorjaarstoediening van dierlijke mest op zware klei. Het onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van LNV in het kader van het LNV-programma PO-9 (Duurzame Melkveehouderij).

Dr. ir. Agnes van den Pol-van Dasselaar
Clustermanager bodem, gras en voedergewassen

Samenvatting

Snijmais wordt in Nederland met name geteeld op zandgrond. De laatste jaren neemt echter ook de oppervlakte mais op kleigrond sterk toe. Zo wordt in het rivierkleigebied jaarlijks circa twintig- tot dertigduizend hectare snijmais geteeld. Ook op de noordelijke klei heeft de maisteelt zijn intrede gedaan.

Op kleigrond wordt ter beperking van structuurschade in het algemeen dierlijke mest in het najaar toegediend, hetgeen tot aanzienlijke N-verliezen kan leiden als gevolg van uitspoeling in de winter. Voorjaarstoediening kan echter tot structuurschade leiden. Beide zaken zijn ongewenst.

De doelstelling van het onderzoek was het vergelijken van het effect van toedieningstechniek van dierlijke mest in voor- en najaar op zware klei op drogestofopbrengst en mineralenbenutting. Naar verwachting vermindert door voorjaarstoediening de nitraatuitspoeling in de winter en verbetert de mineralenbenutting.

Het onderzoek werd uitgevoerd op een perceel zware klei (55% afslibbaar) bestemd voor maisteelt op praktijkcentrum "Nij Bosma Zathe" gedurende de jaren 2000-2003 en omvatte behandelingen met 30 m³/ha rundveedrijfmest (=RDM), variërend in toedieningstechniek en toedieningstijdstip, en één behandeling met 90 kg N/ha kunstmest. Uitgangspunt was dat 30 m³ RDM dezelfde hoeveelheid beschikbare N levert als 90 kg N/ha uit kunstmest. Om na te gaan of de hoofdbehandelingen afhankelijk zijn van het bemestingsniveau zijn alle hoofdbehandelingen bij drie N-niveaus uitgevoerd door aanvullend stikstofkunstmest toe te dienen. Dit is gebeurd in een split-plot-structuur. Additioneel werd bij het zaaien op alle veldjes 20 kg N en 20 kg P₂O₅ als rijenbemesting gegeven. Er zijn vijf machines gebruikt: landbouwinjecteur (voorjaars- en najaarstoediening), mestband met sleepkouter (voorjaar), slangensysteem met sleepvoet (voorjaar), zelfrijdende landbouwinjecteur in hondegang (voorjaar) en tank direct gevolgd door ploegen (najaar). De teelt van mais vond plaats volgens advies.

Grondmonsters voor N-mineraal (Nmin) werden in het voorjaar net voor het zaaien en in het najaar na de oogst genomen en geanalyseerd.

De drogestofopbrengst varieerde over de jaren. Oorzaken moeten worden gezocht in de Nmin-voorjaar, weers- en groeiomstandigheden met name tijdens mesttoediening en zaaien. In het significant slechtere maisjaar 2002 gaven de toedieningstechnieken kunstmest, slang en mestband hogere opbrengsten dan de overige toedieningstechnieken. Waarschijnlijk heeft minder structuurbederf door de lagere belasting van de machines van deze technieken onder slechte bodemomstandigheden hieraan bijgedragen. Het is niet geheel duidelijk of de hogere opbrengst bij kunstmesttoediening veroorzaakt is door de hogere N-gift of door minder structuurbederf of door beide.

De extra bemesting van 50 en 100 kg N/ha had in 2002 de grootste effecten op de drogestofopbrengst. De oorzaak moet gezocht worden in het significant slechtere maisjaar 2002 ten opzichte van 2001 en 2003. De negatieve effecten van de minder goede omstandigheden, waarbij onder meer (verdichting van) de bodemstructuur een belangrijke rol speelt, werden hierdoor deels teniet gedaan. In 2001 waren andere factoren dan kunstmest beperkend voor de drogestofopbrengst. Hierdoor is het verklaarbaar dat in 2001 de extra N-giften van 50 en 100 kg N/ha geen hogere drogestofopbrengsten gaven. Het jaar 2003 kan als ideaal jaar worden gezien voor de zware kleigrond: de drogestofopbrengsten waren hoog en werden bij een extra gift van 100 kg N/ha significant hoger. Het effect van extra bemesting op de Nmin-najaar (0-90 cm) was jaarafhankelijk. In 2001 en 2002 gaf een extra gift van 50 kg N/ha nauwelijks hogere waarden van Nmin-najaar; in 2003 verhoogde de extra gift de Nmin-najaar wel. De hogere waarden van Nmin-najaar van de behandelingen kunstmest en mestband werden niet meer teruggevonden in de Nmin-voorjaar van het daaropvolgende jaar. De extra kunstmestgift van 50 kg N/ha had bij najaarstoediening een veel groter effect op de drogestofopbrengst dan bij de voorjaarstoediening. Het dient ter vervanging van de verdwenen stikstof in de winter. Berekend is dat 70-80% van de toegediende stikstof in het najaar tijdens de winterperiode is verdwenen.

Uit het onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De opbrengst van snijmais op zware kleigrond in Noord-Nederland varieert van bijna 13 tot bijna 18 ton ds/ha. Weers- en groeiomstandigheden zijn van grote invloed op de drogestofopbrengst.
- Het effect van een aanvullende N-gift op de drogestofopbrengst was kleiner dan verwacht. Dit is mogelijk veroorzaakt door een langere nawerking van het gescheurde grasland dan de huidige norm van twee jaar.
- Gemiddeld over de jaren en over de bemestingsniveaus zat er nauwelijks verschil in opbrengst tussen de voorjaars- en najaarsbemestingen. Zonder aanvulling met N uit kunstmest was de opbrengst van de voorjaarsbemestingen gemiddeld 800 kg ds/ha hoger dan van de najaarsbemestingen. Hieruit blijkt dat de najaarsbemestingen sterker reageerden op een aanvullende N-bemesting dan de voorjaarsmethoden.
- Bij ideale omstandigheden van de bodem (droog en voldoende draagkrachtig) was het effect van de toedieningstechniek op de drogestofopbrengst niet significant. In 2002, een significant slechter jaar, gaven de toedieningstechnieken kunstmest, slang en mestband hogere opbrengsten dan de overige toedieningstechnieken.
- In geen van de drie jaren leverde voorjaarsbemesting dusdanige structuurproblemen op dat najaarsbemesting er beter uitkwam.

- N-min voorjaar was bij de najaarsbemestingen 10-15 kg N/ha hoger dan bij de voorjaarsbemestingen. Dit betekent dat ca. 70-80% van de in het voorafgaande najaar toegediende N niet wordt teruggevonden.
- Het is belangrijk de kunstmestgift te baseren op Nmin-voorjaar en de drijfmestgift om enerzijds een groei te realiseren zonder mineralentekort en anderzijds uitspoeling van mineralen in de daaropvolgende winter te voorkomen.

Summary

In the Netherlands, forage maize is generally grown on sandy soil, but in recent years there has been a sharp increase in the area of maize cultivation on clay soils. Some 20 000 to 30 000 ha of forage maize is now grown in the river clay region, and maize is now being cultivated on the clay soils in the north of the country too.

To limit structural damage to the clay soils, manure is usually applied in the autumn; this can lead to appreciable losses of N as a result of leaching in the winter. However, spring application can damage soil structure. Both these effects are undesirable.

The research described in this report aimed to compare spring and autumn applications of manure on heavy clay in terms of the effects on dry matter yield and mineral utilisation. It was expected that spring application would reduce the nitrate leaching in the winter and improve the mineral utilisation. The research was conducted from 2000 to 2003 in "Nij Bosma Zathe" practical centre, on a plot of heavy clay (55% clay content) earmarked for maize cultivation. It entailed treatments with 30 m³/ha cattle slurry (=RDM), varying in application technique and time of application, plus one treatment with 90 kg N/ha fertiliser. It was assumed that 30 m³ RDM would supply the same amount of available N as the 90 kg N/ha fertiliser application. To ascertain whether the main treatments depended on the fertilisation rate, all main treatments were given at three levels of N, by supplementing with artificial fertiliser. This was done in a split-plot design. In addition, all subplots received a row dressing of 20 kg N and 20 kg P₂O₅ at sowing. Five machines were used: a slurry injector (for spring and autumn applications), a manure belt with trailed coulter bar (spring), an umbilical hose applicator with trailing foot (spring), a self-propelled slurry injector with crab steering (spring) and a tank followed immediately by ploughing (autumn). The maize was grown in accordance with official recommendations. Soil samples were taken in spring just before sowing and in autumn after the harvest and analysed for mineral N content (N_{min}).

The dry matter yield varied over the years. The reasons were probably to do with the N_{min} in spring, and the weather and growing conditions – particularly during manure application and sowing. In 2002, a significantly poorer year for maize, the fertiliser-only, umbilical hose applicator and manure belt treatments gave higher yields than the other treatments. This was probably because the machines used for these treatments impose less load on the soil and so cause less damage to the soil structure when soil conditions are poor. It is not entirely clear whether the higher yields obtained from fertiliser application resulted from the larger dose of N or from less structural damage to the soil – or from both of these.

The extra fertilisations of 50 and 100 kg N/ha had the greatest effects on the dry matter yield in 2002. The reason must be that 2002 was a significantly worse year for maize than 2001 and 2003, which partly negated the adverse effects of the poorer conditions, in which soil structure (compaction) played an important role. In 2001, factors other than fertiliser limited the dry matter yield. This explains why in 2001 the extra N applications of 50 and 100 kg N/ha did not boost dry matter yields. 2003 can be seen as an ideal year for the heavy clay soil: the dry matter yields were high and after an extra application of 100 kg N/ha they were significantly higher. The effect of extra fertilisation on the N_{min} in autumn (0-90 cm) varied with the year. In 2001 and 2002, an extra application of 50 kg N/ha increased the N_{min}-autumn hardly at all, but in 2003 the extra application clearly raised the N_{min}-autumn. The higher values for N_{min} found in autumn in the fertiliser-only and manure belt treatments had disappeared by the following spring. The extra fertiliser application of 50 kg N/ha had a much greater effect on the dry matter yield when applied in autumn than when applied in spring. It replaced the nitrogen that had vanished during the winter. It was calculated that 70-80% of the nitrogen applied in the autumn disappeared during the winter.

The following conclusions can be drawn from this research:

- The yield of forage maize on heavy clay soils in the north of the Netherlands varies from almost 13 to almost 18 tons dm/ha. The dry matter yield depends greatly on the weather and conditions for growth.
- A supplementary application of N had less effect on the dry matter yield than expected. The probable reason for this is that the after-effects of the ploughed-up grassland lasted longer than the present norm of two years.
- On average, the spring and autumn manure and fertiliser application rates resulted in hardly any difference in yield between years or between spring and autumn applications. Without supplementary N from fertiliser the yield of the spring manure applications was, on average, 800 kg dm/ha higher compared with the autumn manure applications. This indicates that the autumn manure applications reacted more strongly to a supplementary N fertilisation than the spring treatments.
- Under ideal soil conditions (dry soil of sufficient bearing power), there was no significant effect of application technique on dry matter yield. In 2002, a significantly poorer year for maize, the treatments of fertiliser only, umbilical hose applicator and manure belt gave higher yields than the other treatments.

- In none of the three years did spring application produce such serious soil structure problems that the results of the autumn manure applications were better.
- For the autumn applications, the mineral N content in the spring was 10-15 kg N/ha higher than for the spring applications. This means that approx. 70-80% of the N applied in the preceding autumn was not retrieved.
- To achieve growth without a mineral deficit and also to avert minerals being leached out in the following winter, it is important to base the fertilisation rate on the mineral N content in the spring and on the mineral N content of the slurry application.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methoden	2
2.1	Locatie	2
2.2	Proefopzet	2
2.3	Zaaizaad en mestsamenstelling	3
2.4	Zaai- en oogstdata	3
2.5	Waarnemingen	3
2.6	Modelbeschrijving	4
3	Resultaten	5
3.1	Bulk density	5
3.2	Opbrengst en Nmin	5
3.2.1	Effect van bemestingstechniek	5
3.2.2	Effect extra stikstofbemesting	8
4	Discussie	12
4.1	Drogestofopbrengst en N-opbrengst	12
4.2	Nmin en mineralenbenutting	12
4.3	Bemesting volgens advies	13
5	Conclusies	14
6	Toepassing in de praktijk	15
	Literatuur	16
	Bijlagen	17
	Bijlage 1 Gemiddelde opbrengst (kg ds/ha)	17
	Bijlage 2 Drogestofgehaltes (%) bij de oogst	17
	Bijlage 3 Opbrengst (kg ds/ha) als modelresultaat bij verschillende toedieningstechnieken en drie N-trappen .	17
	Bijlage 4 N-opbrengst (kg/ha) als modelresultaat bij verschillende toedieningstechnieken en drie N-trappen ...	18
	Bijlage 5 Nmin-voorjaar (kg/ha) in bodemlaag 0-90 cm als modelresultaat bij verschillende toedieningstechnieken	18
	Bijlage 6 Nmin-najaar (kg/ha) in bodemlaag 0-90 cm als modelresultaat bij verschillende toedieningstechnieken en drie N-trappen	18
	Bijlage 7 Neerslaghoeveelheid (mm)	19
	Reeds verschenen PraktijkRapporten Rundvee	20

1 Inleiding

Mais wordt in Nederland met name geteeld op zandgrond. De laatste jaren neemt echter ook de oppervlakte mais op kleigrond sterk toe. Zo wordt in het rivierkleigebied jaarlijks circa twintig- tot dertigduizend hectare snijmais geteeld. Ook op de noordelijke klei heeft de maisteelt zijn intrede gedaan.

Op kleigrond wordt ter beperking van structuurschade in het algemeen dierlijke mest in het najaar toegediend, wat tot aanzienlijke N-verliezen kan leiden als gevolg van uitspoeling in de winter. Dit is ongewenst. Onderzoek van het AB-DLO (Gorissen et al., 1999) heeft uitgewezen dat voorjaarstoediening weliswaar leidt tot enige verbetering in vergelijking met najaarstoediening, maar dat de benutting nog steeds tegenvalt als gevolg van insporing. Wellicht dat verbetering van de toedieningstechniek, met minder structuurbederf, de lage N-benutting uit mest kan verbeteren. Een geschikte toedieningstechniek voor dierlijke mest in het voorjaar op zware kleigrond bij snijmais kan de mineralenverliezen sterk verlagen. Om deze hypothese te testen werd in 1999 het effect van verschillende toedieningstechnieken oriënterend bepaald. De proef bestond uit vijf behandelingen: vier verschillende toedieningstechnieken van rundveedrijfmest (RDM) en één behandeling met toediening van kunstmest. De RDM-toedieningstechnieken omvatten: tank plus bouwlandinjecteur, mestband met sleufkouter direct gevolgd door inwerken met cultivator, slangenaanvoer met sleepvoet direct gevolgd door inwerken met cultivator en zelfrijder (in hondegang) met bouwlandinjecteur. De resultaten van de oriënterende proef waren dusdanig perspectiefvol dat besloten is tot een veldproef in de periode 2000-2003. De resultaten van deze veldproef worden in dit rapport beschreven.

De doelstelling van het onderzoek was het vergelijken van het effect van toedieningstechniek van dierlijke mest in voor- en najaar op zware klei op drogestofopbrengst en mineralenbenutting. Naar verwachting vermindert door voorjaarstoediening de nitraatuitspoeling in de winter en verbetert de mineralenbenutting.

2 Materiaal en methoden

2.1 Locatie

De proef werd uitgevoerd op een perceel zware klei (ca. 55% afslibbaar, voor bodemanalyse zie tabel 1) bestemd voor maïsteelt op praktijkcentrum "Nij Bosma Zathe" gedurende de jaren 2000-2003. De Nmin-waarden in de tweede helft van april van 2001, 2002 en 2003 waren resp. 31, 34 en 49 voor de bodelaag 0-30 cm.

Tabel 1 Bodemanalyse maïasperceel Ny Bosma Zathe

Datum grond-bemonstering	Organische stof (%)	pH-KCl	K-HCl ¹⁾	Pw ¹⁾	MgO	Slib(%) ²⁾	Lutum (%) ²⁾
22-5-2000	7,7	5,7	20	47	-		38
2-5-2002	8,2	5,6	22	10		53	

¹⁾ K-HCl in mg K₂O per 100 gram droge grond. Pw in mg P₂O₅ per liter grond

²⁾ afslibbaarheid (<16μ) en lutum (<2μ) in procenten van de droge grond

2.2 Proefopzet

De proef omvatte zes hoofdbehandelingen met rundveedrijfmest (RDM), variërend in toedieningstechniek en toedieningstijdstip, en één behandeling met kunstmest (tabel 2). Om na te gaan of de hoofdbehandelingen afhankelijk zijn van het bemestingsniveau zijn alle hoofdbehandelingen bij drie N-niveaus (0, 50 en 100 kg N/ha), als subplot, uitgevoerd door aanvullend stikstofkunstmest toe te dienen (breedwerpig) in de vorm van kalkammonsalpeter (KAS 27% N). Dit is gebeurd in een split-plot-structuur. De proef lag in vier herhalingen (blokken).

Tabel 2 Toedieningstechnieken, toedieningstijdstip en hoeveelheid toegediende mest

Afkorting	Toedieningstechniek	Toedieningstijdstip	Hoeveelheid
Inj_trekker	tractor +tank + bouwlandinjecteur	voorjaar	30m ³ RDM
Mestband ¹⁾	mestband met sleepkouter	voorjaar	30m ³ RDM
Slang	slangensysteem met sleepvoet	voorjaar	30m ³ RDM
Inj_zelfrijder	zelfrijdende bouwlandinjecteur (in hondegang)	voorjaar	30m ³ RDM
Kunstmest	proefveldkunstmeststrooier, breedwerpig	voorjaar	90 kg N, 55 kg P ₂ O ₅ +200 kg K ₂ O
Injecteur +ploegen, najaar	tractor +tank + bouwlandinjecteur	najaar	30m ³ RDM
Tank+ploegen, najaar	tractor +tank met breedspreader	najaar	30m ³ RDM

¹⁾ De mestband (ter grootte van een vliegtuigband) wordt getrokken door een trekker en afgesteund door twee kleine banden, waarbij de mest via de as wordt afgegeven naar de sleepkouter achter de band

De breedte van een veld werd bepaald door de werkbreedte van de machine die de mest toediende. Het aantal rijen per veld is hierop gebaseerd. Na mesttoediening in het voorjaar werd bij alle behandelingen de mest direct ingewerkt met een rotorkoepel. Door omstandigheden kon de proef in 2000 (zeer natte herfst) niet volgens plan worden uitgevoerd. Hierdoor kon pas in december worden geoogst. Ook in 2001 werd de proef niet volgens plan uitgevoerd als gevolg van mond- en klauwzeer. Er gold een vervoersverbod voor het gebied waardoor de mestband moest worden vervoerd. Omdat de mestband niet kon worden ingezet is hoofdbehandeling kunstmest toegepast. Hierdoor ontstond er onbalans in de dataset. Voor een juiste analyse is een statistisch model gemaakt (zie 2.6). Toediening van dierlijke mest vond plaats in het voorjaar óf in het najaar. In het voorjaar werd de mest in de tweede helft van april over het geploegde land toegediend. In het najaar werd de mest bij twee objecten (injecteur+ploegen, najaar en tank+ploegen, najaar) zo spoedig mogelijk na de maïsoogst toegediend. Daarna werd nog dezelfde dag het gehele perceel geploegd. Bemesting omvatte 30 m³ RDM of gelijkwaardige kunstmest, en voor de subplot: aanvulling met kunstmeststikstof om stikstoftrappen te krijgen. Additioneel werd bij het maïs zaaien op alle veldjes 20 kg N en 20 kg P₂O₅ als rijenbemesting gegeven.

2.3 Zaaizaad en mestsamenvestelling

Mais werd gezaaid van het ras Symphony. De samenstelling van de runderdrijfmest is weergegeven in tabel 3.

Tabel 3 Samenstelling runderdrijfmest van 2000 tot en met 2003*

Datum monstername	ds	ras	os	N-amm	N-org	N-tot	P ₂ O	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	C/N quotient
19-05-2000	97	27	70	2,5	2,3	4,8	1,8	9,1	0,1	-	-
21-12-2000	28	18	10	2,1	0,8	2,9	0,3	5,2	0,4	0,9	-
3-5-2001	78	20	58	2,2	1,9	4,1	1,2	5,0	1,1	-	-
10-1-2002	72	19	53	1,6	1,7	3,3	1,2	4,8	0,9	0,7	8,0
25-4-2002	70	18	52	1,5	1,7	3,2	1,3	5,0	1,0	0,8	8,1
3-10-2002	83	23	60	1,2	1,9	3,1	1,3	5,1	1,0	0,8	9,7
24-4-2003	82	20	62	1,4	2,0	3,4	1,3	5,6	0,9	0,7	9,1

*Gehalten zijn uitgedrukt in kilogram per ton product

ds = droge stof

ras = ruw as

N-amm = ammoniakale stikstof

N-org = organische stikstof

N-tot = totaal stikstof

P₂O₅ = fosfaat

K₂O = kali

MgO = magnesiumoxide

Na₂O = natriumoxide

C/N quotient = C/N-quotient geeft de koolstof-stikstofverhouding weer. Het is een maatstaf voor de hoeveelheid stikstof die vrij kan komen bij afbraak van organische stof.

2.4 Zaa- en oogstdata

De zaa- en oogstdata lagen tussen de jaren nogal uiteen door verschillen in weers- en groeiomstandigheden (tabel 4).

Tabel 4 Zaa- en oogstdata van 2000 tot en met 2003

Jaar	Zaaidatum	Oogstdatum
2000	6 mei	21 december
2001	8 mei	15 oktober
2002	15 mei	24 september
2003	26 april	18 september

De zaaidata waren van 2000 t/m 2002 vrij laat (gemiddeld: 10 mei), veroorzaakt door de noordelijke ligging en de zware grond. De grond moest voor het zaaien voldoende opgedroogd zijn. Voorjaar 2003 vormde een uitzondering, omdat door het droge voorjaar de grond eerder bekwaam was. De oogst in 2000 moest uitgesteld worden tot 21 december vanwege de zeer natte herfst. Het oogstbaar gewas was daardoor voor opbrengstbepaling en analyse op N-gehalte niet meer representatief. De oogstdatum 2003 was relatief vroeg door de warme en droge zomer; het gewas was echter niet noodriep.

2.5 Waarnemingen

Na bemesting werd, om de bodemverdichting te meten, op een eenvoudige manier de bulk density (droog) gemeten in de lagen 0-20 en 20-40 cm in 2000 en 2001. De bulk density is een maat voor het gewicht van de grond per volume-eenheid (g/cc), uitgedrukt op basis van gedroogde grond bij 110°C. Grondmonsters voor N-mineraal (Nmin) werden in het voorjaar voor het zaaien en in het najaar na de oogst genomen en geanalyseerd. In 2001, 2002 en 2003 werden van de bodemlagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm in het voorjaar per hoofdbehandeling grondmonsters genomen (7 behandelingen x 4 herhalingen), terwijl in het najaar voor elk veld monsters werden genomen. De verse opbrengst werd per rij bepaald en het drogestofgehalte per veld. Hieruit werd de drogestofopbrengst per veld bepaald.

2.6 Modelbeschrijving

Het statistisch model dat met behulp van het statistisch pakket Genstat (Genstat, 1998) werd gevormd, was als volgt:

$$\underline{Y} = \alpha_i + \beta_{j(i)} + \gamma_{k(ij)} + \eta_l + \kappa_m + (\alpha\eta)_{il} + (\alpha\kappa)_{im} + (\beta\eta)_{il} + (\beta\kappa)_{j(i)m} + (\gamma\eta)_{k(ij)l} + (\gamma\kappa)_{k(ij)m} + \underline{\epsilon}_b + \underline{\epsilon}_{p(b)} + \underline{\epsilon}_{v(bp)} + \underline{\epsilon}_{bj} + \underline{\epsilon}_{p(b)j} + \underline{\epsilon}_{v(bp)j}$$

Waarin:

\underline{Y} = drogestofopbrengst, N-opbrengst, N-mineraal in voorjaar en najaar.

α_i = effect van machine i ($i=1$ =injecteur, 2 =mestband, 3 =slang, 4 =zelfrijdende injecteur, 5 =kunstmeststrooier)

$\beta_{j(i)}$ = effect van seizoen van bemesting (binnen machine $i=1$) j (1 =voorjaar, 2 =najaar)

$\gamma_{k(ij)}$ = effect van uitrij-behandeling (binnen bemestingstype $i=1$ en seizoen $j=2$) k (1 =getrokken injecteur, 2 =bovengronds uitrijden)

η_l = effect van niveau van N-bemesting ($1=0$ kg N/ha, $2=50$ kg N/ha, $3=100$ kg N/ha)

κ_m = effect van kalenderjaar m ($1=2003$, $2=2002$, $3=2001$)

$(\alpha\eta)_{il}$, etc = interactie effecten

$\underline{\epsilon}_{b,p(b),v(bp),bj,p(b)j,v(bp)j}$ = random effecten van resp. blok, plot, veldje (inclusief interacties met jaar) $\sim N(0; \sigma^2)$.

Het bovenstaand model kan als "maximaal" (of niet-opgeschoond) analysemodel worden gekenmerkt. De aanpak bij het gebruik van dit model was zodanig, dat bij niet-significante effecten is overgegaan tot bundeling of verwijdering van de betreffende term. Dit betrof bijvoorbeeld de behandelingen 'injecteur+ploegen, najaar' en 'tank+ploegen, najaar' met vrijwel dezelfde effecten op opbrengst, Nmin-voorjaar en Nmin-najaar. Ze werden daarom als één term, najaarsbemesting, in het model opgenomen.

Een andere reden voor aanpassing van het maximale model was dat bij sommige responsvariabelen niet op alle veldjes is gemeten. Bijvoorbeeld bij N-mineraal in het voorjaar is er niet per N-trap gemeten, waardoor het effect van N-trap uit het maximale model kon worden gehaald.

3 Resultaten

3.1 Bulk density

De bulk density werd in de jaren 2000 en 2001 gemeten in de lagen 0-20 en 20-40 cm (tabellen 5 en 6). Door de gekozen bemonsteringstechniek weken de volumes van de gestoken grondmonsters af (de boor kon niet geheel worden gevuld). Hierdoor kon de bulk density niet op een juiste wijze worden berekend. Om toch een indicatie te geven van de gevonden waarden zijn de gewichten aan droge stof grond (=ds) weergegeven. De aldus berekende waarden verschilden duidelijk tussen de lagen 0-20 (tabel 5) en 20-40 cm (tabel 6). De standaardafwijking was in beide lagen het laagst voor de behandeling kunstmest. De toedieningstechnieken van drijfmest verschilden niet van elkaar.

Tabel 5 Indicaties voor de bulk density (g ds) in de laag 0-20 cm voor 5 bemestingstechnieken

Jaar		Inj_trekker	mestband	slang	Inj_zelfrijder	kunstmest
2000	Gemiddeld	79	77	85	81	73
	Sd	12,2	25,3	21,2	18,8	8,6
2001	Gemiddeld	93	¹⁾	78	82	80
	Sd	23,9		23,8	19,1	17,1

¹⁾ Geen meting in verband met MKZ

Tabel 6 Indicaties voor de bulk density (g ds) in de laag 20-40 cm voor 5 bemestingstechnieken

Jaar		Inj_trekker	mestband	slang	Inj_zelfrijder	kunstmest
2000	Gemiddeld	150	141	139	130	130
	Sd	15,1	18,9	15,8	14,4	9,9
2001	Gemiddeld	137	¹⁾	147	141	143
	sd	20,4		16,4	23,7	8,8

¹⁾ Geen meting in verband met MKZ

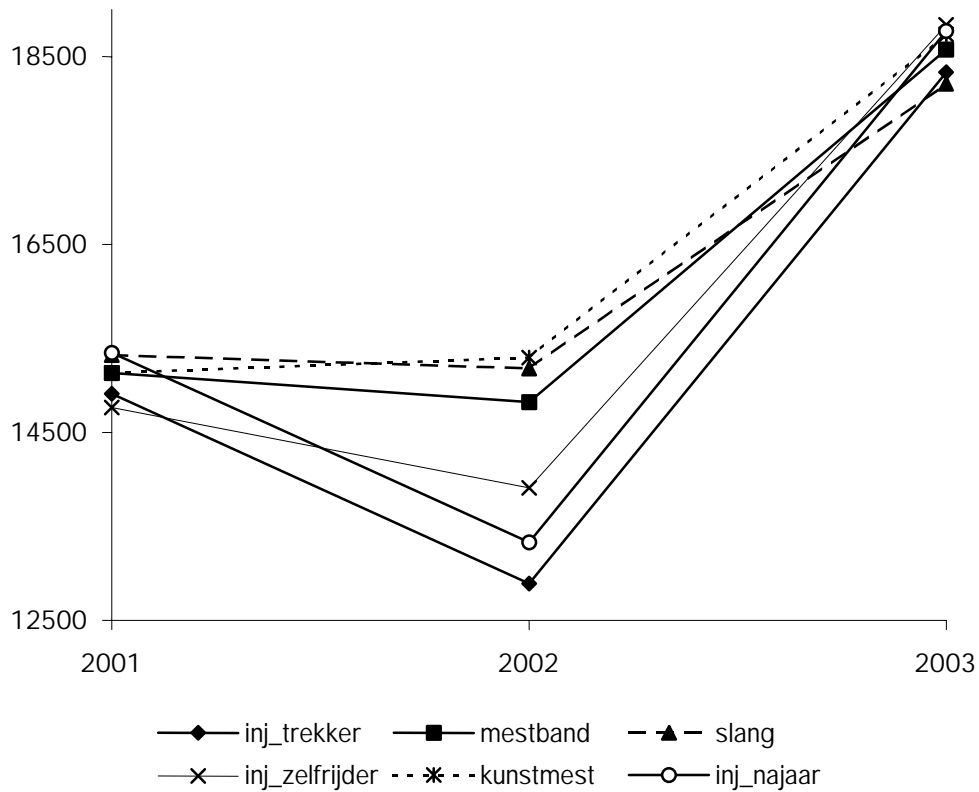
3.2 Opbrengst en Nmin

De opbrengsten en drogestofgehaltenes per object voor de jaren 2000 tot en met 2003 zijn weergegeven in de bijlagen 1 en 2. De drogestofopbrengsten, N-opbrengsten, Nmin-voorjaar en Nmin-najaar per N-trap als modelresultaat zijn weergegeven in de bijlagen 3 t/m 6.

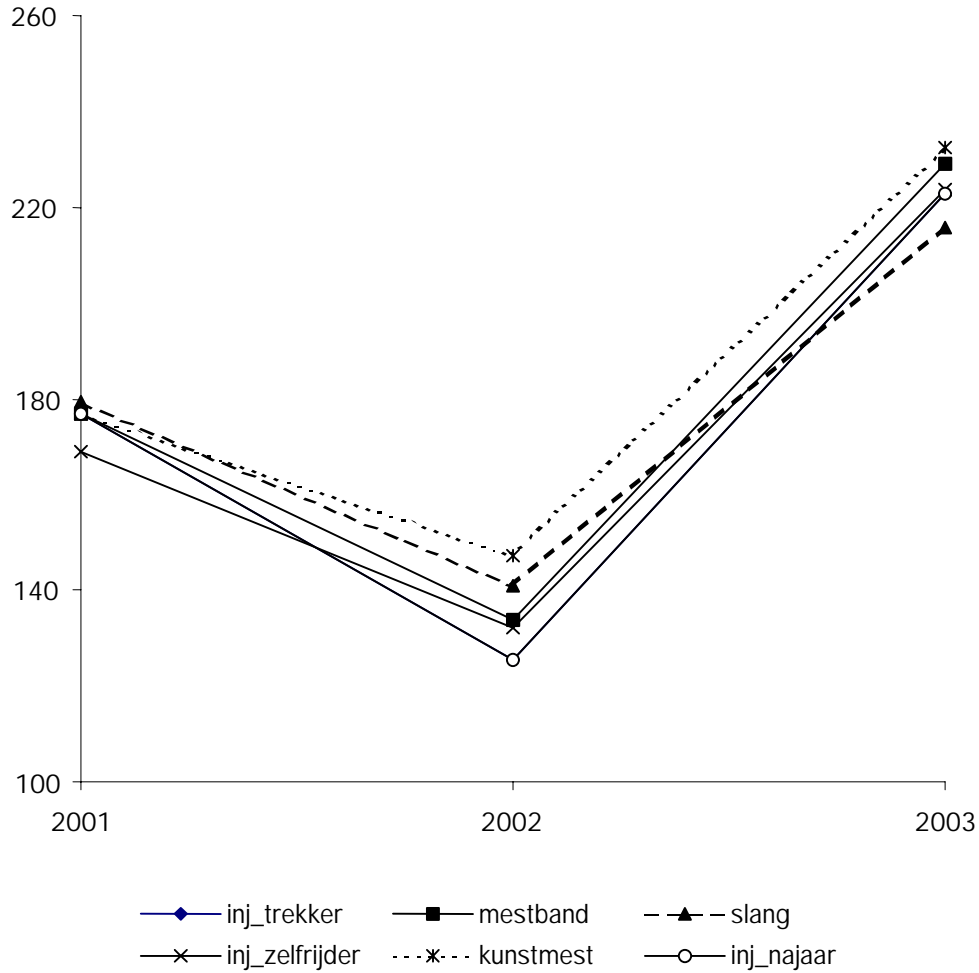
3.2.1 Effect van bemestingstechniek

Het met het statistisch model geschatte effect van bemestingstechniek in 2001 t/m 2003 op drogestofopbrengst, N-opbrengst en Nmin in voor- en najaar is weergegeven in de figuren 1 t/m 4. De opbrengst van het jaar 2000 is niet meegenomen omdat ze door het late oogsttijdstip (21 december 2000) niet meer representatief was.

De verschillen in drogestofopbrengsten tussen de bemestingstechnieken waren per jaar verschillend (figuur 1). In 2001 was het verschil tussen injectie-zelfrijder en injectie-najaar het grootst, bijna 600 kg ds/ha. Dit verschil was significant ($p < 0,05$). In 2002 gaven slangensysteem, kunstmest en mestband hogere opbrengsten dan de injectietechnieken in voor- en najaar ($p < 0,05$). Het slangensysteem en kunstmest leverden op hun beurt weer hogere opbrengsten dan de mestband ($p < 0,05$). In 2003 zijn geen significante verschillen tussen bemestingstechnieken geconstateerd.

Figuur 1 Effect toedieningstechnieken op opbrengst (kg ds/ha)

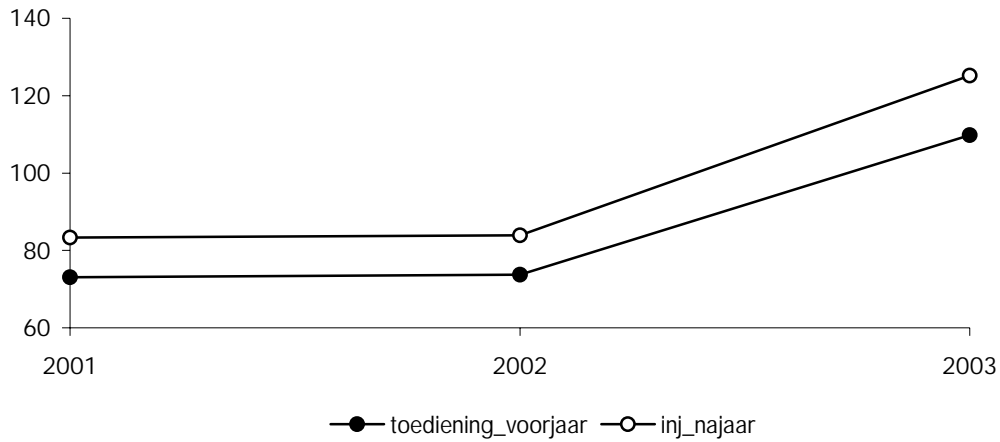
De N-opbrengsten (figuur 2) zijn berekend uit het N-gehalte in maïs en de drogestofopbrengsten. Verschillen tussen toedieningstechnieken zijn afhankelijk van jaren. In 2001 gaf het slangensysteem 10 kg N/ha meer dan de injectie-zelfrijder ($p < 0,05$). In 2002 gaf kunstmest 15 kg N/ha meer dan de mestband en tot 22 kg N/ha meer dan de injectietechnieken in voor- en najaar ($p < 0,05$). In 2002 gaf het slangensysteem 8 tot 15 kg N/ha meer dan de mestband resp. de injectietechnieken ($p < 0,05$). In 2003 waren de N-opbrengsten van mestband en kunstmest 7 tot 15 kg N/ha hoger dan de overige technieken ($p < 0,05$).

Figuur 2 Effect toedieningstechnieken op N-opbrengst (kg/ha)

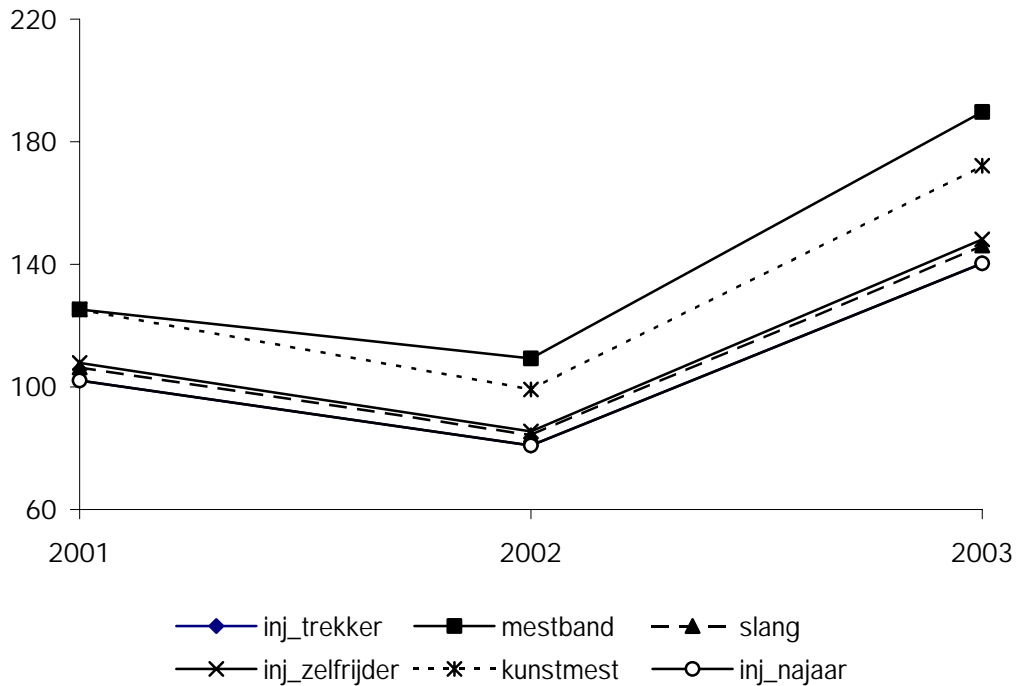
Wanneer drijfmest in het najaar werd toegediend, werd in het daaropvolgende voorjaar 10-15 kg meer N in de bodem (0-90 cm) gevonden dan bij de behandelingen met drijfmesttoediening in het voorjaar ($p < 0,05$). In 2003 was N_{min} -voorjaar tot ruim 40 kg/ha hoger dan in 2001 en 2002 (figuur 3).

In 2001, 2002 en 2003 was N_{min} -najaar voor mestband en kunstmest hoger dan voor injectie ($p < 0,05$). Het verschil was voor de mestband 25-50 kg N/ha en voor kunstmest 20-30 kg N/ha (figuur 4).

Figuur 3 Effect toedieningstechnieken op Nmin-voorjaar, 0-90 cm (kg/ha)



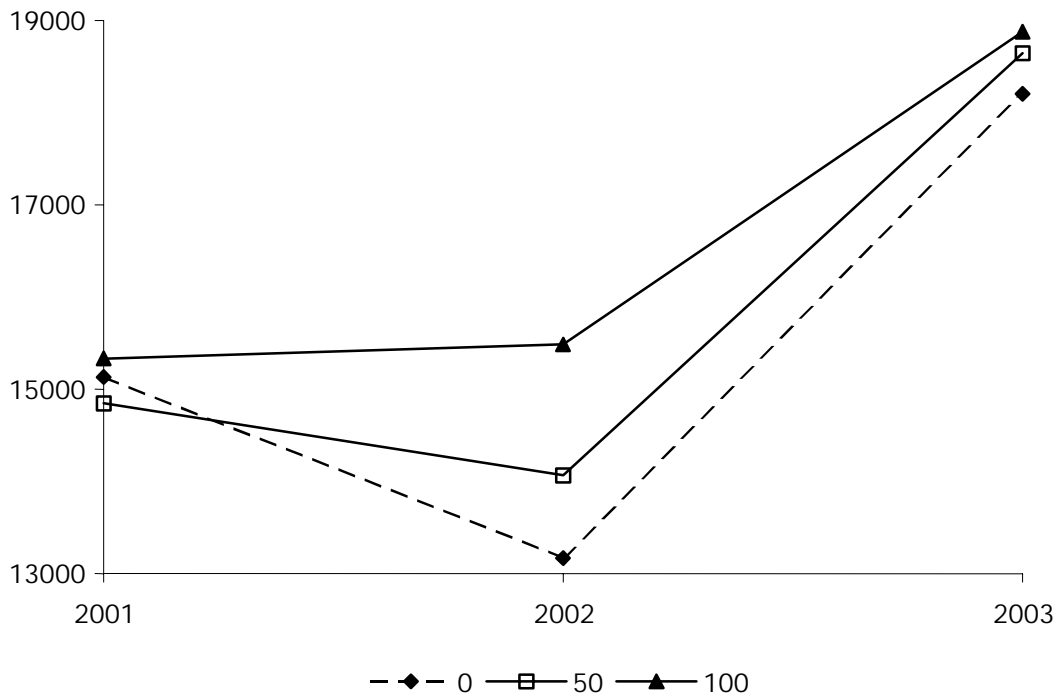
Figuur 4 Effect toedieningstechnieken op Nmin-najaar, 0-90 cm (kg/ha)



3.2.2 Effect extra stikstofbemesting

Het met het statistisch model geschatte effect van aanvullende bemesting met kunstmeststikstof in 2001 t/m 2003 op drogestofopbrengst, N-opbrengst en Nmin in voor- en najaar is weergegeven in de figuren 5 t/m 8.

Het effect van een aanvullende bemesting met kunstmeststikstof op de opbrengst was afhankelijk van jaren (figuur 5). In 2002 was het effect het grootst. Wanneer binnen jaren gekeken wordt, dan valt op dat in 2001 een extra bemesting van 50 kg N/ha een bijna 300 kg ds/ha lagere opbrengst gaf dan geen extra bemesting ($p < 0,05$). Dit was niet verwacht. In 2002 was het effect van een extra bemesting van 100 kg N/ha ten opzichte van 50 kg N/ha (+1500 kg ds/ha) hoger dan van een extra bemesting van 50 kg N/ha ten opzichte van geen extra bemesting (+ 1000 kg) ($p < 0,05$). In 2003 was het effect van een extra bemesting van 100 kg N/ha niet verschillend van een extra bemesting van 50 kg N/ha, maar wel groter dan bij een extra bemesting ($p < 0,05$).

Figuur 5 Effect extra bemesting (kg N/ha) op opbrengst (kg ds/ha)

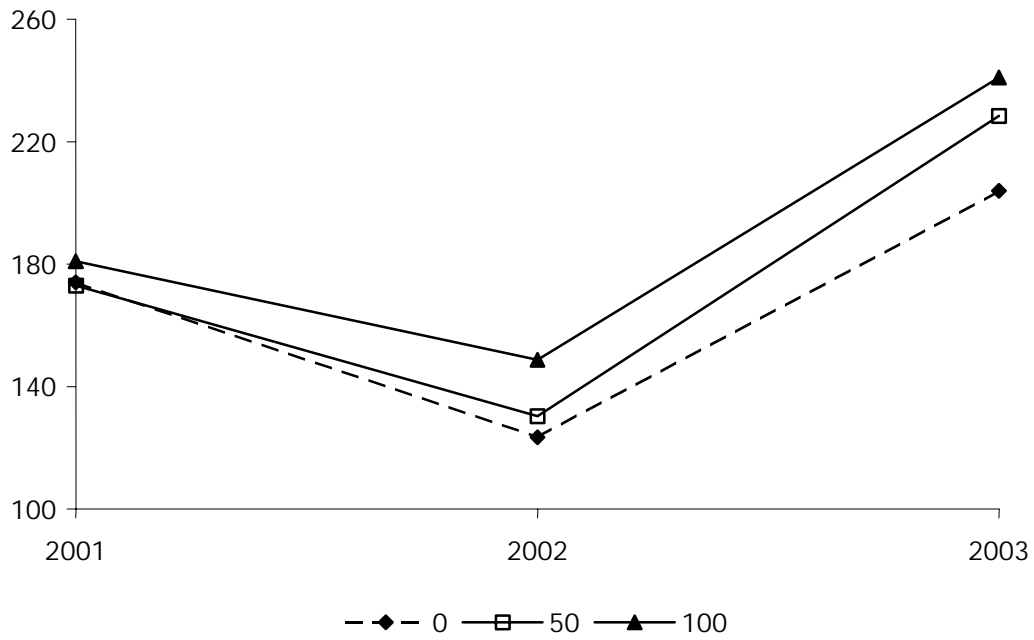
Het effect van extra bemesting op de N-opbrengst (figuur 6) is vergelijkbaar met het effect op de drogestofopbrengst. Omdat het N-gehalte bij een extra bemesting van 50 en 100 kg N/ha in 2002 vrijwel gelijk is, maar in 2003 hoger is dan bij geen extra bemesting, is in figuur 6 het verschil tussen een extra bemesting van 0, 50 en 100 kg N/ha in 2002 kleiner en in 2003 groter dan in figuur 5.

Het effect van de aanvullende bemesting met kunstmeststikstof op de N-opbrengst is afhankelijk van jaren. In 2003 is het effect van extra bemesting van 50 kg N/ha ten opzichte van geen extra bemesting op de N-opbrengst (+24 kg/ha) groter dan in 2001 (-1 kg/ha) en 2002 (+7 kg/ha) ($p < 0,05$); dit geldt ook voor het effect van de extra bemesting van 100 kg N/ha ten opzichte van geen extra bemesting: voor 2001, 2002 en 2003 resp. +6, +26 en +37 kg N/ha.

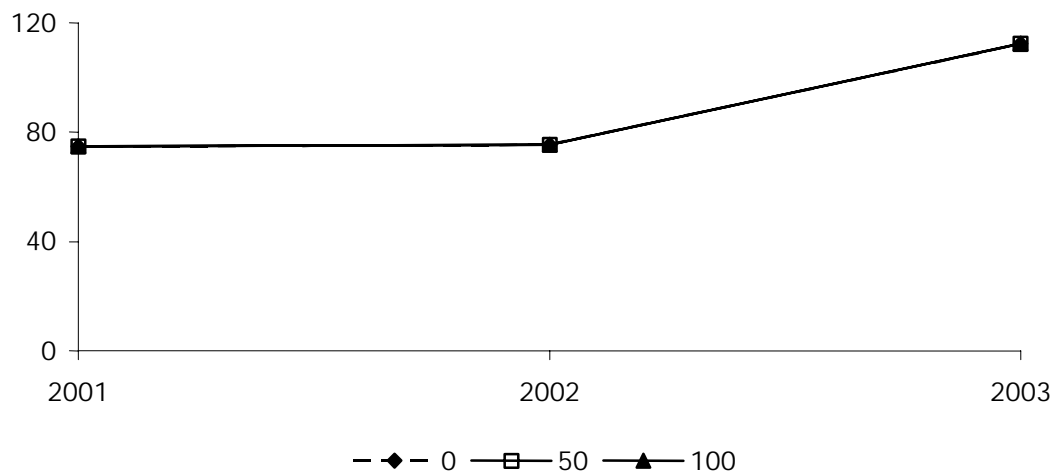
De behandelingen 0, 50 en 100 kg N/ha extra werden bij de bepaling van de Nmin in het voorjaar gezamenlijk geanalyseerd. In 2003 was de Nmin-voorjaar 37 kg/ha hoger dan in 2001 en 2002 ($p < 0,05$) (figuur 7).

Het effect van extra bemesting op Nmin-najaar verschilde tussen jaren (figuur 8). Het effect van een extra bemesting van 50 kg N/ha op Nmin-najaar was in 2003 groter (+41 kg/ha) dan in 2001 (+7 kg/ha) en 2002 (+4 kg/ha) ($P < 0,05$). Het effect van een extra bemesting van 100 kg N/ha was in 2003 ook groter (+86 kg/ha) dan in 2001 (+43 kg/ha) en 2002 (+18 kg/ha) ($p < 0,05$).

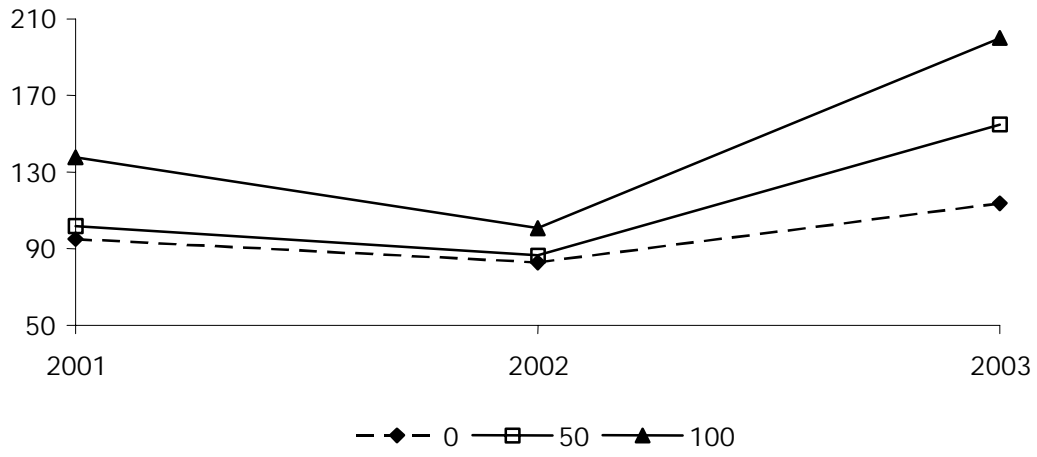
Figuur 6 Effect extra bemesting (kg N/ha) op N-opbrengst (kg/ha)



Figuur 7 Effect extra bemesting (kg N/ha) op Nmin-voorjaar (kg/ha)



Figuur 8 Effect extra bemesting (kg N/ha) op Nmin-najaar (kg/ha)



4 Discussie

4.1 Drogestofopbrengst en N-opbrengst

Het effect van stikstof op de drogestofopbrengst was lager dan verwacht. Een mogelijke oorzaak is een lange nawerking van stikstof uit het gescheurde grasland (1997 was het laatste jaar gras). De verschillen in drogestofopbrengst tussen jaren zijn grotendeels terug te voeren op de verschillen in weers- en groeiomstandigheden tussen jaren. Ook de hoedanigheid van de bodem bij het toedienen van mest en bij het klaar maken van het zaaibed en het zaaien is van groot belang. Bij een droge bodem zal het toedienen van mest met zware machines minder structuurbederf geven dan bij een natte of matig vochtige bodem. In 2003 waren de omstandigheden van weer en bodem vrijwel ideaal voor het toedienen van mest en het inzaaien van mais. Twee weken voor het zaaien viel geen neerslag. Ter vergelijking: in de twee weken voor de zaaidatum 8 mei 2001 en 15 mei 2002 viel resp. 14 en 23 mm neerslag. Vanaf de zaaidatum tot 1 juni 2003 viel 125 mm. Ter vergelijking: in 2001 en 2002 viel vanaf de zaaidatum tot 1 juni resp. 40 en 58 mm neerslag (bijlage 7). Dit betekent dat de groeiomstandigheden voor de jonge maisplanten in 2003 ideaal waren voor de zware kleigrond. In 2001 en 2002 waren de omstandigheden tijdens mesttoediening en zaaien minder goed evenals de groeiomstandigheden. In 2001 uitte zich dat in een lagere drogestofopbrengst met geringe variaties tussen toedieningstechnieken en extra N-bemesting via kunstmest. In 2002 was de opbrengst ook lager, maar was er een significant verschil tussen toedieningstechnieken: mestband, slang en kunstmest gaven hogere drogestofopbrengsten. De bodemomstandigheden waren in 2002 waarschijnlijk ongunstiger dan in 2001, met name bij de mesttoediening en het inzaaien. Gevolg was dat de toedieningstechnieken kunstmest, slang en mestband door minder structuurschade hogere drogestofopbrengsten gaven dan de overige toedieningstechnieken.

4.2 N_{min} en mineralenbenutting

De iets hogere N_{min}-voorjaar (10-15 kg N/ha) bij najaarstoediening van dierlijke mest ten opzichte van voorjaarstoediening geeft aan dat na toediening in het najaar een groot deel is zoek geraakt. In 2001, 2002 en 2003 was het plan om in het najaar net na de oogst te bemesten. Dit werd vanwege de natte herfst van 2000 en 2001 uitgesteld tot resp. 21 december 2000 en 10 januari 2002 (tabel 4); in de herfst van 2002 werd wel volgens plan bemest. Gezien de mestsamenstelling van dierlijke mest (tabel 3) werd respectievelijk 63, 48 en 42 kg N/ha toegediend. Dit betekent dat ca. 70-80% van de toegediende stikstof is verdwenen. Volgens van Dijk et al. (1995) verklaart nitraatuitspoeling voor 80-90% de afname van de hoeveelheid minerale bodem-N tussen herfst en winter. Bij uitspoeling speelt ook de neerslag een rol. In de winter van 2001-2002 zou meer stikstof uitgespoeld kunnen zijn dan in de winter van 2002-2003 als gevolg van de grotere hoeveelheid neerslag (bijlage 7)

Bij de behandeling met kunstmest is waarschijnlijk meer N beschikbaar geweest voor het gewas dan bij dierlijke mest. Dit verklaart de hogere N-opbrengsten (figuur 2) en hogere N_{min}-najaar (figuur 4) bij kunstmest. Ook bij de mestband in 2002 en 2003 was de N_{min}-najaar hoger (figuur 4). De N_{min}-voorjaar van het daaropvolgende jaar was voor kunstmest en mestband niet hoger dan voor de andere voorjaarstoedieningstechnieken, wat aangeeft dat 20-30 kg N/ha is verdwenen tijdens de winterperiode, waarschijnlijk grotendeels door uitspoeling. Dit is voor kunstmest in overeenstemming met onderzoek van Schröder et al. (1992). Zij vonden ook dat naarmate ruimer bemest werd en de hoeveelheid N_{min}-najaar groter was, er meer van deze N gedurende de winter zoek raakte. Een logische verklaring voor de hogere N_{min}-najaar van de mestband is niet te geven.

De extra bemestingen met 50 en 100 kg N/ha resulteerden in 2002 vergeleken met 2001 en 2003 in de grootste opbrengstverhogingen. De oorzaak moet gezocht worden in het significant slechtere maisjaar 2002 ten opzichte van 2001 en 2003, waardoor kunstmest het negatieve effect van de minder goede omstandigheden, waarbij de bodemstructuur een belangrijke rol speelt, deels teniet kon doen. Bij voorjaars- en najaarstoedieningen voor het groeiseizoen 2002 werd de extra aangewende kunstmeststikstof (50 en 100 kg N/ha) grotendeels gebruikt voor verhoging van de drogestofopbrengst (figuur 1) en bijna niet voor N-opname of voor toename van de N_{min}-najaar (figuur 8) of voor toename van een combinatie van N-opname en N_{min}-najaar (tabel 7). In 2001 gaf een extra hoeveelheid kunstmest van 50 kg N/ha geen hogere drogestofopbrengst (figuur 5 en bijlage 3); dit gold ook voor de N-opbrengst in 2001 (figuur 6 en bijlage 4). Duidelijk is dat stikstof niet de beperkende factor is. Mogelijke verklaringen zijn: uitspoeling van N en/of het onvoldoende beschikbaar zijn van stikstof voor de plant als gevolg van b.v. lagere temperaturen (onvoldoende mineralisatie). Het jaar 2003, dat als ideaal jaar kan worden gezien, gaf niet alleen hoge drogestofopbrengsten die ook nog significant hoger werden door een extra

gift van 100 kg N/ha, maar ook hogere N-opbrengsten bij 50 en 100 kg N/ha (bijlagen 3 en 4). Hierbij speelden factoren als een hogere Nmin-voorjaar en goede bodem- en weersomstandigheden een belangrijke rol. Het effect van extra bemesting op Nmin-najaar (0-90 cm) is jaarafhankelijk: in 2001 en 2002 gaf 50 kg N/ha een nauwelijks hogere Nmin-najaar dan geen extra mestgift, maar in 2003 was dit wel het geval (figuur 8 en bijlage 6). Hiervoor zijn geen eenduidige verklaringen te geven. In 2001 werd bij een extra bemesting van 50 kg N/ha ook de opbrengst niet verhoogd. Kennelijk werkt een andere factor dan de extra bemesting met kunstmest beperkend. In 2002 was het effect van 50 kg N/ha op de drogestofopbrengst wel groot; stikstof leek de beperkende factor te zijn voor de opbrengst. In 2003 ging een behoorlijk hogere Nmin-najaar (40 kg N/ha) samen met een hogere drogestofopbrengst. Gezien alle omstandigheden zoals een goede bodem, hoge Nmin-voorjaar, ideale zaai-omstandigheden, voldoende vocht op het juiste moment en een warme zomer was het jaar 2003 ideaal voor de groei van maïs.

4.3 Bemesting volgens advies

De adviesbemesting voor maïs vóór het zaaien is 180-205 kg N/ha minus Nmin-vj (0-30 cm) (Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2002). Is het niveau van drijfmesttoedieningtoediening laag, b.v. 10 m³ rundveedrijfmest/ha, dan is het advies 205 kg N/ha minus Nmin-voorjaar (0-30 cm) en is het niveau van drijfmesttoediening hoog, b.v. 50 m³/ha, dan is het advies 180 kg N/ha minus Nmin-voorjaar (0-30 cm). Omdat in de huidige proef 30 m³/ha is toegediend met lage waarden, gaan we voor de volgende berekening uit van 200 kg N/ha minus Nmin-voorjaar (0-30 cm). De Nmin-voorjaar (0-30 cm bodemlaag) was in 2001, 2002 en 2003 gemiddeld resp. 31, 34 en 49 kg N/ha, zodat de adviesmestgift resp. 169, 166 en 151 kg N/ha was. Via dierlijke mest en rijenbemesting werd ca. 85 kg beschikbare N/ha gegeven. Aanvullend zou er dus in 2001, 2002 en 2003 nog resp. 84, 81 en 66 kg N/ha uit kunstmest moeten worden gegeven. Indien niet extra bemest werd, is daarom te weinig stikstof gegeven, bij een extra bemesting van 50 kg N/ha 20-30 kg N/ha te weinig en bij een extra bemesting van 100 kg N/ha 20-30 kg N/ha teveel. Geen extra bemesting zou tot te lage drogestofopbrengsten leiden, een extra bemesting van 50 kg N/ha zou suboptimale drogestofopbrengsten opleveren en een extra bemesting van 100 kg N/ha zou extra stikstofverliezen geven.

Mais die in het najaar werd bemest, gaf vergelijkbare opbrengsten als de maïs bemest in het voorjaar. Een belangrijke reden hiervoor is dat de extra kunstmestgift van 50 kg N/ha (in het voorjaar) bij najaarsbemesting met drijfmest een veel groter effect op de drogestofopbrengst had dan bij de voorjaarstoedieningen. In 2001, 2002 en 2003 zaten de drogestofopbrengsten bij de najaarsbemesting zonder extra kunstmest op het niveau van de laagste drogestofopbrengst van de voorjaarstoedieningen, maar als gevolg van de extra bemesting met 50 kg N/ha nam de drogestofopbrengst met resp. 603, 1789 en 1330 kg/ha toe (bijlage 3). Ter vergelijking: de gemiddelde verhoging van de drogestofopbrengst van de voorjaarstechnieken bedroeg voor 2001, 2002 en 2003 bij een extra bemesting met 50 kg N/ha: - 400, 640 en 250 kg/ha (bijlage 3). Hieruit blijkt dat de kunstmestgift (in het voorjaar) bij najaarstoediening van drijfmest efficiënter wordt aangewend voor de drogestofopbrengst.

5 Conclusies

In dit hoofdstuk worden de conclusies van het onderzoek naar toedieningstechnieken van rundveedrijfmest in voor- en najaar op drogestofopbrengst en mineralenbenutting weergegeven.

Uit het onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De opbrengst van snijmais op zware kleigrond in Noord-Nederland varieert van bijna 13 tot bijna 18 ton ds/ha. Weers- en groeiomstandigheden zijn van grote invloed op de drogestofopbrengst.
- Het effect van een aanvullende N-gift op de drogestofopbrengst was kleiner dan verwacht. Dit is mogelijk veroorzaakt door een langere nawerking van het gescheurde grasland dan de huidige norm van twee jaar.
- Gemiddeld over de jaren en over de bemestingsniveaus zat er nauwelijks verschil in opbrengst tussen de voorjaars- en najaarsbemestingen. Zonder aanvulling met N uit kunstmest was de opbrengst van de voorjaarsbemestingen gemiddeld 800 kg ds/ha hoger dan van de najaarsbemestingen. Hieruit blijkt dat de najaarsbemestingen sterker reageerden op een aanvullende N-bemesting dan de voorjaarsmethoden.
- Bij ideale omstandigheden van de bodem (droog en voldoende draagkrachtig) was het effect van de toedieningstechniek op de drogestofopbrengst niet significant. In 2002, een significant slechter jaar, gaven de toedieningstechnieken kunstmest, slang en mestband hogere opbrengsten dan de overige toedieningstechnieken.
- In geen van de drie jaren leverde voorjaarsbemesting dusdanige structuurproblemen op dat najaarsbemesting er beter uitkwam.
- N-min voorjaar was bij de najaarsbemestingen 10-15 kg N/ha hoger dan bij de voorjaarsbemestingen. Dit betekent dat ca. 70-80% van de in het voorafgaande najaar toegediende N niet wordt teruggevonden.
- Het is belangrijk de kunstmestgift te baseren op Nmin-voorjaar en de drijfmestgift om enerzijds een groei te realiseren zonder mineralentekort en anderzijds uitspoeling van mineralen in de daaropvolgende winter te voorkomen.

6 Toepassing in de praktijk

Bij ideale omstandigheden van de bodem voor de bemesting van mais met dierlijke mest op zware klei in het voorjaar (droog en voldoende draagkrachtig) maakt het geen verschil welke toedieningstechniek gebruikt wordt. Onder minder gunstige omstandigheden (nat, slechte draagkracht bodem) is het sleepslangensysteem aan te bevelen. De drogestofopbrengsten en N-opname zijn dan hoger dan bij injectietechnieken en de Nmin-najaar is vergelijkbaar met de injectietechnieken. De injectietechnieken voldoen onder minder goede omstandigheden minder goed, waarschijnlijk door de negatieve invloed van de zwaardere machines op de bodemstructuur en daardoor op de drogestofopbrengst. Het mestbandsysteem voldoet evenals het slangensysteem goed onder minder goede omstandigheden, maar deze techniek is nog niet praktijkrijp. Naast problemen met vervoer over de weg geeft het systeem voor veehouders te hoge kosten en voor loonwerkers een te lage capaciteit. Voorjaarsbemesting bespaart mineralen ten opzichte van najaarsbemesting. De aanvullende N-bemesting uit kunstmest moet op maat worden gegeven, anders treedt mineralenverlies op in de eerstvolgende winter. Bij voorjaarsbemesting verlies je groeidagen, omdat in verband met mesttoediening extra gewacht moet worden. Dit hoeft echter geen negatief effect op de totale drogestofopbrengst te hebben. Wel neemt het risico op oogstschade toe omdat een latere zaaidatum vaak samenhangt met een latere oogstdatum. Als gekozen is voor voorjaarsbemesting en de omstandigheden van bodem of weer zijn ongunstig dan kan in het uiterste geval nog overgegaan worden op toediening van kunstmest in plaats van drijfmest.

Literatuur

- Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2002. Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Praktijkonderzoek Veehouderij, PraktijkBoek 22, Lelystad, 156 pp.
- Dijk, W. van, 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 snijmais, verslag nr. 201, Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, 97 pp.
- Genstat, 1998. Genstat 5 Release 4.1, fifth edition. Genstat Committee, Rothamsted. Institute for Arable Crops Research Harpenden, Hertfordshire AL5 2JQ. Clarendon Press, Oxford, UK.
- Gorissen, A., J.J. Schröder, O. Oenema & A.P. Whitmore, 1999. Deskstudie najaarstoediening dierlijke mest op kleigronden. Rapport 95, AB-DLO, Wageningen, 30 pp.
- Schröder, 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 snijmais, verslag nr. 148, Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, 105 pp.

Bijlagen

Bijlage 1 Gemiddelde opbrengst (kg ds/ha)

Toedieningstechniek	2001			2002			2003		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Extra bemesting (kg N/ha)	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Inj_trekker	15989	14907	15063	11888	12262	14127	18120	18179	19099
Mestband *	14986	14702	15583	13627	14538	16260	18387	18387	18911
Slang	15282	15259	16028	14205	15236	16097	17420	18574	18637
Inj_zelfrijder	14973	14405	14919	12728	13210	15797	18062	19038	19407
Kunstmest	15604	15332	14759	15194	15483	15258	19009	18566	18670
Injecteur +ploegen, najaar	14824	15184	16086	11514	13408	15452	18435	19133	18847
Tank+ploegen, najaar	15148	15894	14956	11629	13722	14549	17723	19014	18817
Gemiddeld	15258	15098	15342	12969	13980	15363	18165	18699	18913

*) in 2001 is mestband vervangen door kunstmest

Bijlage 2 Drogestofgehaltes (%) bij de oogst

Toedieningstechniek	2001			2002			2003		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Extra bemesting (kg N/ha)	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Inj_trekker	35,3	34,5	34,8	28,8	28,0	29,5	34,8	32,9	31,6
Mestband *	37,0	35,3	35,0	29,2	28,3	28,3	33,6	31,8	31,4
Slang	36,2	34,7	35,8	29,1	29,5	29,6	33,6	32,9	31,6
Inj_zelfrijder	35,9	34,9	35,8	28,1	28,6	29,3	33,3	33,6	33,3
Kunstmest	35,0	35,9	34,7	28,5	27,4	27,3	32,8	31,4	31,6
Injecteur +ploegen, najaar	36,4	35,9	36,0	28,4	29,6	30,3	33,8	33,5	31,5
Tank+ploegen, najaar	36,8	36,6	35,0	29,0	30,7	29,8	33,6	34,0	33,1
Gemiddeld	36,1	35,4	35,3	28,7	28,9	29,2	33,7	32,9	32,0

*) in 2001 is mestband vervangen door kunstmest

Bijlage 3 Opbrengst (kg ds/ha) als modelresultaat bij verschillende toedieningstechnieken en drie N-trappen

Toedieningstechniek	2001			2002			2003		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Extra bemesting (kg N/ha)	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Inj_trekker	15033	14569	15132	11913	12634	14133	18054	18319	18627
Mestband *	15257	14792	15355	13842	14563	16062	18296	18561	18870
Slang	15447	14983	15546	14199	14920	16419	17931	18196	18505
Inj_zelfrijder	14888	14423	14987	12931	13652	15151	18556	18821	19130
Kunstmest	15257	14792	15355	14318	15039	16538	18455	18720	19029
Najaarsbehandeling	14912	15515	15619	11791	13581	14619	17932	19265	19112
Gemiddeld	15132	14846	15332	13166	14065	15487	18204	18647	18879

*) in 2001 is mestband vervangen door kunstmest

Bijlage 4 N-opbrengst (kg/ha) als modelresultaat bij verschillende toedieningstechnieken en drie N-trappen

Toedieningstechniek	2001			2002			2003		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Extra bemesting (kg N/ha)									
Inj_trekker	175	174	182	115	121	140	202	227	239
Mestband *	175	174	182	123	130	149	209	233	246
Slang	177	176	184	130	137	155	195	220	232
Inj_zelfrijder	167	166	174	122	128	147	203	228	240
Kunstmest	175	174	182	137	143	162	212	236	249
Najaarsbehandeling	175	174	182	115	121	140	202	227	239
Gemiddeld	174	173	181	124	130	149	204	229	241

*) in 2001 is mestband vervangen door kunstmest

Bijlage 5 Nmin-voorjaar (kg/ha) in bodemlaag 0-90 cm als modelresultaat bij verschillende toedieningstechnieken

Toedieningstechniek	2001	2002	2003
Inj_trekker	73	74	110
Mestband *	73	74	110
Slang	73	74	110
Inj_zelfrijder	73	74	110
Kunstmest	73	74	110
Najaarsbehandeling	83	84	125
Gemiddeld	75	81	113

*) in 2001 is mestband vervangen door kunstmest

Bijlage 6 Nmin-najaar (kg/ha) in bodemlaag 0-90 cm als modelresultaat bij verschillende toedieningstechnieken en drie N-trappen

Toedieningstechniek	2001			2002			2003		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Extra bemesting (kg N/ha)									
Inj_trekker	87	93	126	74	78	91	102	139	180
Mestband *	107	115	155	101	105	122	138	188	243
Slang	91	97	131	78	81	94	107	145	187
Inj_zelfrijder	92	99	133	79	82	96	108	147	190
Kunstmest	107	115	155	91	95	111	125	171	221
Najaarsbehandeling	87	93	126	74	78	91	102	139	180
Gemiddeld	95	102	138	83	87	101	114	155	200

*) in 2001 is mestband vervangen door kunstmest

Bijlage 7 Neerslaghoeveelheid (mm)

Maand	2001	2002	2003
Jan		66	61
Feb	55	119	29
Mrt	53	19	27
Apr	76	62	39
Mei	50	60	98
Jun	49	78	46
Jul	50	98	66
Aug	87	115	9
Sept	186	41	40
Okt	74	89	67
Nov	102	86	32
Dec	106	83	77
Totale neerslag	892	916	591

Reeds verschenen PraktijkRapporten Rundvee

21	Huisvesting melkvee	W. Ouweltjes		
22	Hygiëneprotocollen voor pathogenen in boerderijzuivel	B. Slaghuis	2003	€ 17,50
23	Optimalisatie oogsttijdstip en conservering van triticale-GPS	G.J. Kasper en H. Everts	2003	€ 17,50
24	Snijmaïs op melkveebedrijven: gevolgen voor milieu en economie	A. Evers e.a.	2003	€ 17,50
25	Relatie tussen voeding en ammoniakemissie vanuit de melkveestal	G. van Duinkerken	2003	€ 17,50
27	Alternatieve Voedergewassen	H. de Boer	2003	€ 17,50
28	Melkwaliteit en automatisch melken; een risico-inventarisatie	Y. van de Vorst en W.Ouweltjes	2003	€ 17,50
29	Vier jaar primaire mestscheiding op lkb	M. de Haan	2003	€ 17,50
30	Drie jaar high-techbedrijf	A. van der Kamp, e.a.	2003	€ 17,50
31	Invloed van de melker op gedrag en productie van de koe	J. Poelarends	2003	€ 17,50
32	Diergezondheid biologische houderij versus gangbare houderij	I. Eijck, G. Smolders, M. v.d. Gaag, M. Bokma	2003	€ 17,50
33	Herziening bemonsteringsdiepte op grasland	H.C. de Boer	2003	€ 17,50
34	Licht nader belicht	G. Biewenga	2003	€ 17,50
35	Vitaminen in voeding etc	G. Smolders	2003	€ 17,50
36	Rosekalveren	J. Heeres	2003	€ 17,50
37	Prototype van een Dynamisch Krachtvoer Advies Systeem voor melkvee	G. van Duinkerken	2003	€ 17,50
38	Cigarant® als krachtvoervervanger in een rantsoen voor melkvee	A. Klop, G. Remmelink, K. van Houwelingen	2003	€ 17,50
39	LKB 2002	M. de Haan	2003	€ 17,50
40	Rosekalveren	J. van Delen	2003	€ 17,50
41	Voorjaarsgebruik vanggewassen	G. van Laarhoven	2003	€ 17,50
42	Nitraatuitspoeling	H. de Boer	2004	€ 17,50
43	Stikstofdrijfmest van runderdrijfmest	M. Bruinenberg	2004	€ 17,50
44	Stikstofuitspoeling	G.J. Holshof	2004	€ 17,50
45	Economische gevolgen van de omschakeling naar een biologische bedrijfsvoering voor Aver Heino	M. de Haan	2004	€ 17,50
46	Ammoniakemissie	G. van Duinkerken	2004	€ 17,50
47	GPS vleeshouderij	L. Sebek	2004	€ 17,50
48	P- en N-overschot	J. van Middelkoop	2004	€ 17,50
49	Mechanische onkruidbestrijding	H. van Schooten	2004	€ 17,50
50	Naar een betere bodemkwaliteit op zandgrond	M. de Visser	2004	€ 17,50
51	Stikstoflevering	H. de Boer	2004	€ 17,50