



PraktijkRapport Rundvee 51

Stikstoflevering uit onvergiste en vergiste runderdrijfmest na zodebemesting van grasland op zware zeelei



Juni 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 200
Prijs € 17,50

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

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Boer, H.C. de, 2004. Stikstoflevering uit onvergiste en vergiste runderdrijfmest na zodebemesting van grasland op zware zeelei
40 pagina's, 23 tabellen, 12 figuren.

In deze studie is het effect van vergisting van runderdrijfmest op de stikstofopname na zodebemesting van grasland onderzocht. Onvergiste en vergiste runderdrijfmest werd begin maart en eind juni 2003 toegediend aan grasland op zware zeelei. De stikstofopbrengst van een aantal volgsneden werd bepaald. Bij toediening van 30-33 ton ha⁻¹ had vergiste drijfmest een significant hogere stikstofopbrengst van de eerste snede tot gevolg, zowel na toediening begin maart als na toediening eind juni. In de volgende sneden waren er geen significante verschillen tussen onvergiste en vergiste drijfmest.

Trefwoorden: runderdrijfmest, vergisting, zodebemesting, grasland, stikstofopbrengst, stikstofbenutting, drogestofopbrengst, voederwaarde, mineralen, klei, immobilisatie

Abstract

ISSN 1570 - 8616

de Boer, H.C., 2004. Nitrogen supply from raw and anaerobically digested cattle slurry injected shallowly into grassland on heavy sea clay
40 pages, 23 tables, 12 figures.

This study investigated the effect of anaerobic digestion of cattle slurry on nitrogen uptake by grassland that had been injected with the slurry. Raw and anaerobically digested cattle slurry were injected into grassland on heavy sea clay at the beginning of March and at the end of June 2003. The nitrogen yield of a number of consecutive cuts was determined. For both dates anaerobically digested slurry applied at a rate of 30-33 tonnes ha⁻¹ resulted in a significantly higher nitrogen yield of the first cut. In subsequent cuts there was no significant difference between raw slurry and anaerobically digested slurry.

Keywords: cattle slurry, anaerobic digestion, sod injection, grassland, nitrogen yield, nitrogen recovery, dry matter yield, feed value, minerals, clay, immobilisation



PraktijkRapport Rundvee 51

Stikstoflevering uit onvergiste en
vergiste runderdrijfmest na
zodebemesting van grasland op
zware zeelei

Nitrogen supply from raw and
anaerobically digested cattle slurry
injected shallowly into grassland on
heavy sea clay

H.C. de Boer

Juni 2004

Voorwoord

Vergisting van drijfmest staat momenteel sterk in de belangstelling. Om vergisting economisch rendabel te maken, is co-vergisting met restproducten een noodzaak. Wetgeving inzake co-vergisting is momenteel de belemmerende factor voor groei van het aantal vergistingsinstallaties. Wordt deze belemmering opgeheven, dan is een toename van het aantal installaties voorzien. Door deze toename zal ook het aanbod van vergiste drijfmest toenemen.

Vergisting verandert de samenstelling van drijfmest. Dit kan gevolgen hebben voor de bemestende waarde na zodemesting, en daarmee ook voor de opbrengst en kwaliteit van het gras en voor de grootte van stikstofverliezen naar het milieu. Naar de bemestende waarde van vergiste mest na zodebemesting is zeer weinig onderzoek verricht. Daarom heeft het Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group van Wageningen UR in 2003 onderzoek uitgevoerd om een eerste indruk te verkrijgen van verschillen tussen onvergiste en vergiste runderdrijfmest wat betreft hun waarde als stikstofmeststof.

Het onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van LNV uit het programma PO-9 (Duurzame Melkveehouderij).

De medewerkers van praktijkcentrum 'Nij Bosma Zathe' worden bedankt voor hun inzet, in het bijzonder proevencoördinator Jan Zonderland voor zijn betrokkenheid en nauwkeurige uitvoering.

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

Samenvatting

In Nederland groeit de belangstelling voor vergisting van mest, vooral in combinatie met restproducten. Door vergisting verandert de samenstelling van de mest. Organische stof wordt afgebroken en organisch gebonden nutriënten, zoals stikstof, kunnen vrijkomen in anorganische vorm. De verandering in samenstelling heeft waarschijnlijk consequenties voor de opname van stikstof na toediening van drijfmest aan grasland. De hypothese is dat na toediening van vergiste drijfmest de gewasopname van stikstof hoger zal zijn in de eerste snede en lager in de volgsneden. Deze hypothese is gebaseerd op het feit dat vergiste drijfmest gemiddeld meer anorganische en minder organische stikstof bevat, en het feit dat anorganische stikstof beter beschikbaar is voor het gewas dan organische stikstof. Bij een hogere stikstofopname uit drijfmest hoeft er minder aanvullende stikstof uit kunstmest gegeven te worden. Wordt het onderscheid tussen onvergiste en vergiste drijfmest echter niet gemaakt, dan kan teveel aanvullende stikstof uit kunstmest worden gegeven. Naast onnodige kosten kunnen hierdoor ook onnodige stikstofverliezen naar het milieu optreden. Vanuit het oogpunt van een efficiënt stikstofgebruik en een efficiënte bemesting is het noodzakelijk dat eventuele verschillen in stikstoflevering tussen onvergiste en vergiste drijfmest vastgesteld worden.

In Nederland is in het verleden onderzoek gedaan naar de stikstofwerking van vergiste drijfmest. Ook in het buitenland, met name in Denemarken, Duitsland en Groot-Brittannië is de afgelopen jaren onderzoek verricht. De stikstoflevering van vergiste drijfmest is echter meestal onderzocht bij bovengrondse toediening, wat in Nederland verboden is. Gegevens over de stikstoflevering van vergiste mest na zodebemesting zijn schaars. Daarom heeft het Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group van Wageningen UR in 2003 onderzoek verricht naar het verschil in stikstofopname tussen onvergiste en vergiste runderdrijfmest na zodenbemesting op grasland. Het voornaamste doel van dit onderzoek was een zuivere vergelijking van de stikstofopname na toediening van onvergiste en vergiste runderdrijfmest. Daarnaast werd aanvullende kennis verzameld over de verandering in samenstelling van de drijfmest door vergisting en over het effect van bemesting met vergiste mest op de voederwaarde van het gras van de eerste snede.

Uit de resultaten blijkt dat vergisting leidde tot een daling van het organische stofgehalte van 63 naar 43 g kg⁻¹ runderdrijfmest. De gehalten anorganische en organische stikstof veranderden niet. Op basis van een analyse op NDF, ADF en ADL werd geschat dat de afbraak van organische stof voor 37 % het gevolg was van afbraak van hemicellulose, voor 26 % het gevolg van de afbraak van cellulose en voor 37 % het gevolg van afbraak van overige, niet nader geïdentificeerde componenten. Het gehalte lignine veranderde niet.

Het effect van vergisting op de stikstofopbrengst van het gras bleek niet consistent te zijn bij (lage) giften van 16-18 ton ha⁻¹. Na een beargumenteerde afweging is besloten om te focussen op het effect bij de hogere giften van 30-33 ton ha⁻¹. Op deze niveaus was de stikstofopbrengst van de eerste snede na toediening van vergiste mest significant hoger. Na toediening begin maart was de stikstofopbrengst bij onvergiste mest 31,4 en bij vergiste mest 45,6 kg ha⁻¹, na toediening eind juni respectievelijk 27,0 en 34,8 kg ha⁻¹. Na toediening begin maart waren er geen significante verschillen tussen onvergiste en vergiste drijfmest wat betreft de stikstofopbrengst van de tweede, derde en vierde snede. Na toediening eind juni was de stikstofopbrengst van de tweede snede bij vergiste drijfmest hoger, maar het verschil was niet significant. Na toediening begin maart had vergisting van de mest geen effect op de voederwaarde of de gehalten aan mineralen van de eerste snede.

Voor de hogere stikstofopbrengst na toediening van vergiste mest wordt een drietal mogelijke verklaringen geopperd. Een eerste mogelijke verklaring is dat een deel van de organische stikstof in de vergiste drijfmest sneller afbreekbaar was dan hetzelfde deel in de onvergiste drijfmest. Een tweede mogelijke verklaring is dat er door hogere concentraties bacteriën en enzymen in vergiste mest meer van de organische stof in drijfmest en bodem afgebroken kon worden na toediening van vergiste mest. Een derde mogelijke verklaring is dat de stikstof in de vergiste mest beter beschikbaar was voor het gewas vanwege het lagere gehalte makkelijk afbreekbare organische stof. Na toediening van drijfmest kan tijdens afbraak van deze organische stof een deel van de anorganische stikstof uit drijfmest vastgelegd worden in microbiële producten. Op zware klei kan afbraak van deze microbiële producten sterk vertraagd worden, waardoor de hermineralisatie van de vastgelegde stikstof eveneens traag verloopt. Omdat vergiste drijfmest minder (makkelijk afbreekbare) organische stof bevat, wordt er minder stikstof vastgelegd, en is er meer direct beschikbaar voor het gewas.

Berekening van de hoeveelheid werkzame stikstof uit drijfmest met behulp van de Adviesbasis bemesting grasland en voedergrassen (2002) leidde tot een forse onderschatting van de hoeveelheid werkzame stikstof in de vergiste drijfmest. Door rekening te houden met de betere werking van de vergiste drijfmest kon, bij een doelgift voor de eerste snede van 100 kg werkzame stikstof en een drijfmestgift van 30 ton ha⁻¹, ongeveer 26 kg of 34 % op de aanvullende stikstofgift met kunstmest bespaard worden. Om onnodige kosten en stikstofverliezen naar het milieu te vermijden, is het aan te bevelen om bij een voldoende toename van het aantal vergistingsinstallaties een bemestingadvies voor vergiste mest op te stellen. Uit de resultaten van het onderzoek

blijkt verder dat de schatting van stikstoflevering uit onvergiste drijfmest verder verbeterd moet kunnen worden, en dat een uitbreiding van het advies in de Adviesbasis daarom gewenst is.

Summary

The anaerobic digestion of slurry, especially with the addition of other residual products, is attracting increasing interest in the Netherlands. Digestion changes the composition of the slurry: the organic matter is broken down, enabling organically bound nutrients such as nitrogen to be released in inorganic form. The changes in composition might have consequences for the recovery of nitrogen after slurry has been applied to grassland. It seems probable that the recovery of nitrogen from digested slurry will be higher in the first cut and lower in the following cuts. This hypothesis is based on the fact that on average, digested slurry contains more inorganic nitrogen and less organic nitrogen than raw slurry, and inorganic nitrogen is more available to crops than organic nitrogen. If the nitrogen supply from slurry is higher, less additional fertiliser nitrogen will be required. However, if there is no distinction between raw and digested slurry there is a risk of applying too much additional fertiliser, which could result in higher costs and a greater risk of nitrogen loss to the environment. For an efficient use of nitrogen and an efficient fertilisation strategy it is therefore important to ascertain possible differences in the nitrogen recovery of raw and digested slurry.

Various (mostly unpublished) studies have been done on the nitrogen recovery from digested slurry in the Netherlands as well as in Denmark, the UK and Germany. However, in most cases the nitrogen recovery has been established after surface application. In the Netherlands, the surface application of slurry is illegal, so most slurry is injected into grassland shallowly, via open slits. As few data are available on nitrogen recovery after such injection of digested slurry into grassland, the Applied Research section of the Animal Sciences Group of Wageningen UR (Lelystad, the Netherlands) carried out an experiment. The main goal was to establish the effect of anaerobic digestion on the nitrogen recovery. Additionally, information was collected on the changes in slurry composition and the effect of digested slurry on the feed value and nutrient content of the grass of the first cut.

It was found that digestion decreased the organic matter content of the slurry from 63 to 43 g kg⁻¹ fresh product. The contents of inorganic and organic nitrogen did not change. Based on analyses of NDF, ADF and ADL, it was assessed that the decrease in organic matter was caused by a breakdown of 37 % of the cellulose, 26 % of the hemicellulose and 37 % of other, unidentified components. The content of lignin remained unchanged.

The effect of digestion on the nitrogen recovery by grass appeared to be inconsistent at application rates of 16-18 tonnes slurry ha⁻¹. It was decided to focus on the effect of the higher rates of 30-33 tonnes ha⁻¹. At these rates, the nitrogen recovery of the first cut was significantly higher after the application of digested slurry. After application at the beginning of March, the nitrogen yield rose significantly from 31.4 to 45.6 kg ha⁻¹; after application at the end of June, it rose significantly from 27.0 to 34.8 kg ha⁻¹. Compared with the application of raw slurry, the application of digested slurry at the beginning of March had no significant effect on the nitrogen yields of the second, third and fourth cut. After application at the end of June, the nitrogen yield of the second cut was higher after application of digested slurry, but this difference was not significant. Application of digested slurry at the beginning of March did not significantly affect either the feed value or the nutrient uptake of the first cut.

There are three possible explanations for the higher nitrogen yield after application of digested slurry. First: it is possible that part of the organic nitrogen in the digested slurry was more easily decomposable than the same part in the raw slurry. Second: higher numbers of bacteria or higher concentrations of enzymes in the digested slurry could have stimulated the nitrogen mineralisation from organic matter in slurry and soil after application. Third: the nitrogen in digested slurry could have been more available because of its lower content of easily decomposable organic matter. Decomposition of this organic matter after application of slurry can result in the immobilisation of inorganic nitrogen from the slurry in microbial products. Heavy clay can seriously slow down the decomposition of microbial products. As a result, the re-mineralisation of the immobilised inorganic nitrogen can also be slow. As the digested slurry contained a smaller amount of easily decomposable organic matter, immobilisation after application could have been less and nitrogen from the slurry could have been more available to the grass.

At a target nitrogen level of 100 kg ha⁻¹ and a slurry application rate of 30 tonnes ha⁻¹, a saving of 26 kg nitrogen or 34 % of the additional nitrogen required via fertiliser could have been made if the greater availability of nitrogen in digested slurry had been taken into account.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 2 | Materiaal en methoden | 2 |
| 2.1 | Proefopzet | 2 |
| 2.2 | Uitvoering en waarnemingen | 3 |
| 3 | Resultaten | 6 |
| 3.1 | Bodem | 6 |
| 3.2 | Drijfmest | 6 |
| 3.3 | Weer | 8 |
| 3.4 | Drogestofopbrengst | 8 |
| 3.5 | Voederwaarde en mineralengehalte | 14 |
| 3.6 | Stikstofopbrengst | 14 |
| 3.7 | Schijnbare stikstofbenutting | 20 |
| 3.8 | Schijnbare stikstofwerking | 20 |
| 4 | Discussie | 21 |
| 4.1 | Proefopzet | 21 |
| 4.2 | Resultaten | 21 |
| 5 | Conclusies | 27 |
| | Praktijktoeepassing | 28 |
| | Literatuur | 29 |
| | Bijlagen | 30 |
| | Bijlage 1. Proefveldschema | 30 |
| | Bijlage 2. Neerslaggegevens | 31 |

1 Inleiding

In Nederland groeit de belangstelling voor vergisting van mest, vooral in combinatie met restproducten. Bij vergisting wordt organische stof onder gecontroleerde, anaërobe omstandigheden omgezet in o.a. methaan en koolstofdioxide. Door verbranding van het methaan in een generator wordt elektriciteit en warmte geproduceerd. Door vergisting verandert de samenstelling van de mest. Organische stof wordt afgebroken en organisch gebonden nutriënten, zoals stikstof, kunnen vrijkomen in anorganische vorm. Door afbraak van organische stof wordt vergiste drijfmest ook meer vloeibaar.

De verandering in samenstelling heeft waarschijnlijk consequenties voor de opname van de stikstof uit vergiste mest na toediening aan grasland. De hypothese is dat vergiste drijfmest meer anorganische stikstof en minder organische stikstof zal bevatten dan onvergiste drijfmest. Daarom wordt verwacht dat na toediening van vergiste drijfmest de gewasopname van stikstof hoger zal zijn in de eerste snede en lager in de volgsneden. Bij een hogere stikstofopname hoeft er minder aanvullende stikstof uit kunstmest gegeven te worden. Wordt het onderscheid tussen onvergiste en vergiste drijfmest echter niet gemaakt, dan kan teveel aanvullende stikstof uit kunstmest worden gegeven. Naast onnodige kosten kunnen hierdoor ook onnodige stikstofverliezen naar het milieu optreden. Vanuit het oogpunt van een efficiënt stikstofgebruik en een efficiënte bemesting is het noodzakelijk dat eventuele verschillen in stikstoflevering tussen onvergiste en vergiste drijfmest vastgesteld worden.

In Nederland is in het verleden onderzoek gedaan naar de stikstofwerking van vergiste drijfmest. Ook in het buitenland, met name in Denemarken, Duitsland en Groot-Brittannië is de afgelopen jaren onderzoek verricht. De stikstoflevering van vergiste drijfmest is echter meestal onderzocht bij bovengrondse toediening, wat in Nederland verboden is. Gegevens over de stikstoflevering van vergiste mest na zodebemesting zijn schaars. Daarom heeft het Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group van Wageningen UR in 2003 onderzoek verricht naar het verschil in stikstofopname tussen onvergiste en vergiste runderdrijfmest na zodenbemesting op grasland. Het voornaamste doel van dit onderzoek was een zuivere vergelijking van de stikstofopname na toediening van onvergiste en vergiste runderdrijfmest. Daarnaast werd aanvullende kennis verzameld over de verandering in samenstelling van de drijfmest door vergisting en over het effect van vergisting van drijfmest op de voederwaarde en mineralensamenstelling van het gras van de eerste snede.

2 Materiaal en methoden

2.1 Proefopzet

De proefopzet was een gerandomiseerde splitplotproef met vier herhalingen in vier blokken. De hoofdbehandeling was tijdstip van toediening, de splitbehandeling een combinatie van mestsoort en stikstofniveau. De niveaus van de behandelingen waren:

tijdstip van toediening: vóór de eerste snede en vóór de derde snede

meststof: onvergiste runderdrijfmest, vergiste runderdrijfmest, kalkammonsalpeter (KAS, 27 % N) en ammoniumsulfaat (AS, 21 % N)

stikstofniveau: 40 of 80 kg stikstof (anorganisch + organisch) uit kunstmest of drijfmest

De keuze voor twee tijdstippen van toediening was gebaseerd op de verwachting dat de stikstofopname uit drijfmest afhankelijk zou zijn van het tijdstip van toediening. De keuze van bemesting vóór de eerste en derde snede was gebaseerd op het feit dat dit in de praktijk normale tijdstippen zijn voor een bemesting met drijfmest.

KAS en AS werden als referentiemeststoffen in de onderzoeksopzet opgenomen. KAS is de meest gangbare stikstofkunstmeststof en daarom een belangrijke referentie. Daarnaast kan met behulp van KAS de stikstofwerking van drijfmest berekend worden. De stikstofwerking geeft aan hoeveel stikstof met KAS door een drijfmestgift vervangen wordt. De stikstof in KAS bestaat voor de helft uit ammoniumstikstof en voor de andere helft uit nitraatstikstof. AS was als extra referentiemeststof opgenomen omdat de stikstof in AS evenals in drijfmest vrijwel volledig uit ammoniumstikstof bestaat. De resultaten van de AS-behandelingen worden in dit rapport alleen gebruikt ter verklaring van de resultaten bij de drijfmestbehandelingen.

Er werden twee stikstofniveaus in de proefopzet opgenomen. Bekend is dat de stikstofbenutting afneemt als er meer stikstof gegeven wordt. Opname van twee stikstofniveaus maakte het mogelijk om de benutting bij twee niveaus te vergelijken tussen de mestsoorten.

Per tijdstip van toediening werd per blok een controle in tweevoud opgenomen. Het ene controleveld werd onbehandeld gelaten, het andere controleveld werd 'bemest' met een lege zodebemester. Doel van deze extra behandeling was bepaling van het snij- en berijdingseffect van de zodebemester op de graszode en de opbrengst. Bij toediening vóór de derde snede werd de behandeling 80 kg N met KAS in duplo opgenomen. Eén van deze velden werd tevens bemest met een lege zodebemester. Doel van deze behandeling was om na te gaan of een stikstofgift effect had op het snij- en berijdingseffect van de zodebemester op de graszode en opbrengst. De resultaten van de gesneden objecten worden in dit rapport alleen gebruikt ter verklaring van de resultaten bij de drijfmestbehandelingen.

De breedte van de veldjes werd bepaald door de breedte van de zodebemester (3,20 m). De bruto oppervlakte van de veldjes bedroeg $10 \text{ (l)} * 3,20 \text{ (b)} = 32 \text{ m}^2$. De netto oppervlakte van de veldjes bedroeg $10 \text{ (l)} * 1,5 \text{ (b)} = 15 \text{ m}^2$. Het aantal veldjes bedroeg 21 per blok en 84 in totaal. Een proefveldschema is opgenomen in Bijlage 1.

Het proefveld bestond uit bestaand praktijkgrasland op jonge zeeklei. Het gras was in het voorjaar van 2000 ingezaaid en bij start van het onderzoek drie jaar oud. Het grasland was in 2000 twee keer gemaaid en in 2001 en 2002 afwisselend gemaaid (twee keer) en beweid, meerdere weken achtereen en voornamelijk door jongvee. In 2001 was het grasland bemest met circa 50 m^3 runderdrijfmest ha^{-1} en 150 kg N ha^{-1} met KAS, in totaal circa $250 \text{ kg werkzame N ha}^{-1}$. In 2002 was het grasland bemest met circa 40 m^3 runderdrijfmest ha^{-1} en 200 kg N ha^{-1} met KAS, in totaal circa $280 \text{ kg werkzame N ha}^{-1}$.

Uit een botanische kartering op 13 mei 2003 bleek dat 77 % van het grasbestand bestond uit Engels raaigras, 1 % uit beemdlangbloem, 12 % uit ruw beemdgras, 2 % uit kweekgras, 2 % uit fioringras, 3 % uit straatgras en 3 % uit geknikte vossestaart. De totale bezetting was 90 %.

2.2 Uitvoering en waarnemingen

Bodem

Korte tijd voor toediening van de mest vóór de eerste snede (5-3-2003) werd bodemlaag 0-10 cm van het proefveld bemonsterd. Diagonaalsgewijs werden er op vijf evenwijdige lijnen in totaal 40 steken genomen. Het monster werd verzonden naar een laboratorium (ALNN te Warga) en geanalyseerd op: lutum, organische stof, pH-KCl, K-HCl, P-Al en N-totaal.

Op 26 augustus 2003 werden in het kader van een andere interesse de controlevelden bemonsterd. Per herhaling (veldnummers 1, 23, 58 en 67, Bijlage 1) werd laag 0-20 cm bemonsterd (15 steken veld¹) volgens het diagonale patroon. De monsters werden verzonden naar het laboratorium (ALNN te Warga) en geanalyseerd op: organische stof, gehalte afslibbare delen, dichtheid, N-totaal en C-totaal.

Drijfmest

De gebruikte drijfmest was afkomstig van de melkveestapel op praktijkcentrum 'Nij Bosma Zathe' (Goutum, Friesland). Het ruwvoerrantsoen (winter) van de veestapel bestond uit circa 75 % kuilgras en circa 25 % snijmaïs. Op 28 januari werd een goed gemengde, representatieve partij runderdrijfmest opgeslagen in een stalen tank met een inhoud van 10 m³. Enige tijd daarvoor was al gestart met toevoegen van drijfmest uit dezelfde kelder aan de mesofiele propstroomvergister op 'Nij Bosma Zathe'. Vanaf 13 januari 2003 was aan de vergister geen snijmaïs meer toegevoegd. Bij een tankinhoud van 80 m³ en een dagelijkse drijfmestvervanging van 2 m³ betekende dit dat er na 40 dagen geen toegevoegde organische stof meer in de tank aanwezig was. Op 6 en 7 maart (53 dagen na het stoppen met toevoegen van snijmaïs) werd een tweede stalen tank van 10 m³ gevuld met vergiste runderdrijfmest uit de navergistingsopslag. Beide mestsoorten waren dus afkomstig van dezelfde uitgangspartij en vergisting was vrijwel het enige verschil. De onvergiste mest in de tank werd op beide tijdstippen van toediening gebruikt; de vergiste mest werd op 5 maart rechtstreeks uit de navergistingsopslag gepompt. Uit deze navergistingsopslag werd vervolgens op 6 en 7 maart de opslagtank gevuld, en deze mest werd op het tweede tijdstip van toediening gebruikt.

Op het eerste tijdstip van toediening (5 maart 2003) werd zowel de onvergiste als de vergiste mest goed gemixt en in enkelvoud bemonsterd. De monsters werden verzonden naar het laboratorium (ALNN te Warga) en geanalyseerd (natchemisch) op: drogestof, asrest, organische stof, VC-os (Tilley & Terry, ijklijn graskuil), NDF (zetmeelarm), ADF en ADL (volgens van Soest & Goering), N-NH₃/NH₄, N-totaal, P₂O₅, K₂O en pH-H₂O. Het doel van de analyse op VC-os, NDF, ADF en ADL was een indruk te krijgen van de samenstelling van de organische stof in de drijfmest en veranderingen daarin als gevolg van vergisting.

Op het tweede tijdstip van toediening (24 juni 2003) werden de mestsoorten op dezelfde wijze bemonsterd, maar deze keer in duplo. De monsters werden naar het laboratorium verzonden (ALNN te Warga) en geanalyseerd op drogestof, organische stof, N-NH₃/NH₄, N-org en pH-H₂O.

Na het mixen en bemonsteren van de mest werd de zodebemester gevuld met circa de helft van de totale hoeveelheid drijfmest uit de opslagtank. De drijfmestgift werd ingesteld door drijfmest uit te rijden op een proefstrook en de combinatie (trekker en zodebemester) vóór en na het uitrijden te wegen. Deze procedure werd bij iedere combinatie van drijfmestsoort en giftniveau herhaald. Eerst werd 15 ton ha⁻¹ vergiste mest uitgereden en vervolgens 30 ton ha⁻¹ vergiste mest. Na het legen van de zodebemester werd de onvergiste mest in dezelfde volgorde toegediend. In de tank van de zodebemester werd de drijfmest voortdurend gemixt.

De zodebemester had een tank met een inhoud van 6 m³, stond op twee banden van elk 80 cm breed en was uitgerust met een BSA verdringerpomp (capaciteit 3000 liter/min). Het element (bouwjaar 1992) woog 760 kg en was van het type ZB 3216 (Vredo). De code geeft aan dat de werkbreedte 3,20 meter bedroeg met 16 dubbele schijven (op 20 cm van elkaar).

De zodebemesting resulteerde in open gleuven van 5-7 cm diep en circa 2 cm breed. De afstand tussen de sleuven bedroeg 20 cm.

Kunstmest

De kunstmest werd één dag eerder of later dan de drijfmest toegediend. De veldjes met behandeling 'toediening vóór de eerste snede' werden alleen vóór de eerste snede bemest en daarna niet meer. De veldjes met behandeling 'toediening vóór de derde snede' kregen vóór de eerste en tweede snede een stikstofbemesting van respectievelijk 60 en 30 kg N ha⁻¹ met KAS. Het doel van deze bemesting was de zode in een goede conditie te

houden. Na de behandelingsbemesting vóór de derde snede werden ook deze veldjes niet meer bemest. Bij gebruik van AS of KAS als behandelingsmeststof werd de kunstmest met de hand gestrooid. In alle overige gevallen werd KAS met de proefveldkunstmeststrooier toegediend.

Met AS (21 % N, 60 % SO_3) werd een aanzienlijke hoeveelheid zwavel gegeven. Om strengeling van zwaveffecten met behandelingseffecten te voorkomen, werd bij alle overige behandelingen aanvullend $114 \text{ kg SO}_3 \text{ ha}^{-1}$ gegeven met $260 \text{ kg K}_2\text{SO}_4 \text{ ha}^{-1}$ (50 % K_2O , 44 % SO_3). Hierdoor was de zwavelgift op alle veldjes gelijk aan de zwavelgift bij 40 kg N met AS. De aanvullende zwavelgift werd niet afgestemd op de hoeveelheid zwavel die met een bemesting met 80 kg N ha^{-1} met AS gegeven werd. De gift van $114 \text{ kg SO}_3 \text{ ha}^{-1}$ was al bijzonder hoog; de Adviesbasis bemesting grasland en voedergrassen (2002) adviseert een zwavelgift van $45 \text{ kg SO}_3 \text{ ha}^{-1}$ bij zwaveltoestand 'zeer laag'. Verondersteld werd dat de hogere zwavelgift door de gift van 80 kg N ha^{-1} met AS ($229 \text{ kg SO}_3 \text{ ha}^{-1}$) ten opzichte van de gift met $114 \text{ kg SO}_3 \text{ ha}^{-1}$ geen positief effect meer zou hebben op de opbrengst.

Naast de aanvullende zwavelbemesting kregen de veldjes met behandeling 'toediening vóór de eerste snede' op het tijdstip van toediening een ruime basisbemesting. De fosfaatgift bedroeg $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ met tripelsuperfosfaat (45 % P_2O_5). De kaligift bedroeg $130 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. Bij de behandelingen met AS werd de $130 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ met K-60 (60 % K_2O) gegeven. Bij alle overige behandelingen werd de kaligift van 130 kg ha^{-1} al met de aanvullende zwavelbemesting met K_2SO_4 (50 % K_2O , 44 % SO_3) toegediend.

Aangezien de werkzaamheid van fosfaat, kali en zwavel uit drijfmest slechts globaal bekend is, werd de bijdrage van drijfmest aan de fosfaat-, kali- en zwavelvoorziening buiten beschouwing gelaten. Verwacht werd dat de basisgiften met kunstmest hoog genoeg zouden zijn om een extra effect van fosfaat, kali en zwavel uit drijfmest uit te sluiten.

De veldjes met hoofdbehandeling 'toediening vóór de derde snede' kregen geen fosfaat, kali of zwavel bij de bemesting vóór de eerste snede. Deze basisbemesting werd pas bij de bemesting vóór de derde snede toegediend. De basisbemesting werd steeds toegediend met de proefveldkunstmeststrooier.

Gewas

Per veldje werd de grasopbrengst per snede bepaald door maaien met de 'Haldrup' proefveldmaaier. In het midden van een veldje werd over een breedte van 1,5 m een strook van 10 m lang uitgemaaid. De eerste snede werd gemaaid bij een geschatte opbrengst van de kunstmestveldjes van circa $3500 \text{ kg ds ha}^{-1}$. Na toediening vóór de eerste snede werden in totaal vier sneden geoogst; na toediening vóór de derde snede in totaal twee (Tabel 1). Vanwege de lage stikstofniveaus en de droge zomer groeide er weinig gras in de latere sneden. Na het maaien van de vierde snede was de bijgroei zo gering dat er geen vijfde snede meer geoogst werd.

Tabel 1 Maaidata van de sneden per tijdstip van toediening

| snede | Tijdstip van toediening | |
|-------|-------------------------|-----------------------|
| | eerste snede (5 maart) | derde snede (24 juni) |
| 1 | 16-5-2003 | 16-5-2003* |
| 2 | 23-6-2003 | 23-6-2003* |
| 3 | 07-8-2003 | 07-8-2003 |
| 4 | 16-9-2003 | 16-9-2003 |

* voorsnede

Van het gemaaid gras werd per veldje en per snede een grasmonster genomen. Het drogestofgehalte van de grasmonsters werd bepaald door drogen bij $70 \text{ }^\circ\text{C}$ en de gedroogde monsters werden ter analyse naar een laboratorium verzonden. Van hoofdbehandeling 'toediening vóór de eerste snede' werden de monsters van de eerste snede van de behandelingen onvergiste en vergiste drijfmest en KAS bij stikstofniveau 80 kg ha^{-1} verzonden naar het ALNN te Warga en natchemisch geanalyseerd op: drogestof, ruw eiwit, ruw celstof, ruw as, suiker, VC-os, N-totaal, natrium, kalium, magnesium, calcium, fosfor, mangaan, zink, ijzer, zwavel, koper, cobalt, seleen en molybdeen. Alle overige monsters werden verzonden naar het Blgg te Oosterbeek en natchemisch geanalyseerd op drogestof en N-totaal.

Weer

Ter beoordeling van de weersomstandigheden tijdens het onderzoek werden gegevens van de neerslag en gewasverdamping (volgens Makkink) van het KNMI gebruikt (station Leeuwarden). Het neerslagoverschot werd berekend door per maand de referentiegewasverdamping op de hoeveelheid neerslag in mindering te brengen.

Berekeningen

De stikstofopbrengst werd berekend door de drogestofopbrengst te vermenigvuldigen met het N-gehalte van het gras.

De schijnbare stikstofbenutting (Apparent Nitrogen Recovery, ANR) werd als volgt berekend:

$$\text{ANR} = ((\text{stikstofopbrengst behandeling} - \text{stikstofopbrengst controleveld}) / \text{totale stikstofgift behandeling}) * 100 \%$$

De ANR is schijnbaar omdat met deze berekening onder andere impliciet wordt aangenomen dat na toediening van drijfmest de mineralisatie van stikstof uit bodemorganische stof even groot is als op de onbehandelde controle. Tevens wordt impliciet aangenomen dat de stikstofhoeveelheid in de wortels door bemesting niet verandert. Uit onderzoek (bijvoorbeeld Sørensen & Jensen, 1995) blijkt dat toediening van drijfmest of kunstmest de mineralisatie van stikstof uit de bodemorganische stof kan stimuleren, en dat tevens de hoeveelheid stikstof in de wortelmassa kan toenemen. Een ANR-berekening is daarom niet meer dan een poging om verschillende mestsoorten zo objectief mogelijk te vergelijken.

Omdat de ANR wordt berekend met deling was het niet mogelijk om een statistische vergelijking tussen behandelingen te maken. Er mag echter aangenomen worden dat een significant verschil in stikstofopbrengst ook een significant verschil in ANR oplevert, tenzij de hoeveelheden stikstof tussen behandelingen duidelijk (> 5 %) afwijken. Dit betekent dat uitspraken met een hoge mate van betrouwbaarheid alleen binnen kunstmeststoffen of drijfmestsoorten gedaan kunnen worden. Daarnaast kunnen vergelijkingen alleen binnen een tijdstip gemaakt worden.

De schijnbare stikstofwerking (=werkingscoëfficiënt) werd als volgt berekend:

$$\text{Schijnbare stikstofwerking} = \text{ANR mestsoort} / \text{ANR KAS}$$

De stikstofwerking geeft de prestatie weer van een mestsoort in vergelijking met KAS. Als een mestsoort in een specifieke situatie een stikstofwerking van 50 % heeft, betekent dit dat een gift van 100 kg N met deze mestsoort gelijkstaat aan een gift van 50 kg N met KAS in dezelfde situatie.

Statistische analyse

De resultaten werden statistisch geanalyseerd met behulp van variantie-analyse. Waarden met een gestandaardiseerd residu groter dan 3,0 werden in één ronde verwijderd. De significantie van verschillen werd getoetst met behulp van Student's t-test ($\alpha=0,05$). De behandelingen (AS, KAS, DM en VDM bij de twee stikstofniveaus) werden steeds getoetst binnen een tijdstip van toediening. Statistische vergelijking tussen de tijdstippen was niet mogelijk vanwege een aanzienlijk verschil in variantie.

De eventuele aanwezigheid van een vruchtbaarheidsverloop binnen de blokken werd beoordeeld door het residu (y-as) uit te zetten tegen het veldnummer (x-as). Er bleek geen duidelijk vruchtbaarheidsverloop binnen de blokken aanwezig te zijn.

3 Resultaten

3.1 Bodem

De bodem bestond uit relatief zware zeelei met een lutumgehalte van 41 % in laag 0-10 cm (Tabel 2) en een afslibbaarheid van 56 % (Tabel 3). Het organische stofgehalte was met 8 % normaal voor een zware kleigrond. De fosfaat- en kalitoestand waren respectievelijk 'vrij laag' en 'zeer hoog' (Adviesbasis bemesting grasland en voedergrassen, 2002). Volgens de formule in de Adviesbasis bemesting grasland en voedergrassen (2002) bedroeg het stikstofleverend vermogen (NLV) van deze bodem 182 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹.

Tabel 2 Analyseresultaten grondbemonstering (0-10 cm) op 5-3-2003

| Parameter | Eenheid | Waarde |
|-----------------|--|--------|
| lutum | % van droge grond | 41 |
| organische stof | % van droge grond | 8,0 |
| pH-KCl | pH-KCl | 6,6 |
| K-HCl | mg K ₂ O per 100 g droge grond | 37 |
| K-getal | - | 41 |
| P-Al | mg P ₂ O ₅ per 100 g droge grond | 22 |
| N-totaal | mg per 100 g droge grond | 474 |

In laag 0-20 cm was het organische stofgehalte nauwelijks lager dan in laag 0-10 cm. Het gehalte nam licht af van 8,0 naar 7,7 % (Tabel 3). De bodem was dus ook op grotere diepte relatief rijk aan organische stof. Het gehalte N-totaal daalde eveneens nauwelijks, van 474 naar 463 mg 100 g⁻¹ droge grond. De C/N-verhouding van laag 0-20 cm bedroeg 9,1; omdat de C-totaal in laag 0-10 niet bepaald was, kon de C/N-verhouding van laag 0-10 niet berekend worden.

Tabel 3 Analyseresultaten grondbemonstering (0-20 cm) op 26-8-2003

| Parameter | Eenheid | Waarde |
|-----------------|--------------------------------|--------|
| vocht | % van verse grond | 19,2 |
| afslibbaar | % van droge grond | 56 |
| organische stof | % van droge grond | 7,7 |
| N-totaal | mg per 100 g droge grond | 463 |
| C-totaal | mg per 100 g droge grond | 4205 |
| dichtheid | kg l ⁻¹ verse grond | 1,53 |

3.2 Drijfmest

Veranderingen in samenstelling drijfmest

Door vergisting was het organische stofgehalte van de drijfmest op het eerste tijdstip van toediening afgenomen van 63 tot 43 g kg⁻¹, een daling van circa 20 g kg⁻¹ of 32 % (Tabel 4). Tijdens opslag in de tanks gedurende 83 dagen nam het organische stofgehalte van de vergiste mest verder af tot circa 36 g kg⁻¹. Hierdoor was bij toediening van de drijfmest vóór de derde snede het organische stofgehalte van de vergiste mest in totaal afgenomen met 27 g kg⁻¹ of 43 %. Opvallend is dat tijdens opslag van de onvergiste mest geen verandering van het organische stofgehalte optrad (Tabel 4).

Op het eerste tijdstip van toediening was er geen verschil in anorganisch stikstofgehalte tussen onvergiste en vergiste drijfmest (Tabel 4). Op het tweede tijdstip van toediening was het anorganische stikstofgehalte van vergiste mest iets hoger (8 %). Het totale N-gehalte bleef vrijwel onveranderd. Tijdens opslag in de tanks gedurende 83 dagen nam het totale N-gehalte van zowel onvergiste als vergiste drijfmest toe. Bij onvergiste drijfmest nam het gehalte toe van 3,1 tot 3,3 g kg⁻¹ (+6 %) en bij vergiste mest van 3,0 tot 3,2 g kg⁻¹ (+7 %). Door vergisting nam de pH toe, van 7,8 tot 8,3 (+6 %). Tijdens de opslagperiode nam de pH van beide mestsoorten af, van 7,8 tot 7,1 (-9 %) bij onvergiste mest en van 8,3 tot 8,0 (-4 %) bij vergiste mest. De gemeten verschillen in samenstelling waren doorgaans klein.

Tabel 4 Samenstelling vergiste en onvergiste drijfmest op twee tijdstippen van toediening en relatieve (%) gehalte van vergiste mest vergeleken met onvergiste mest

| Parameter | Eenheid | 5-3-2003 | | | 24-6-2003 | | |
|-------------------------------|----------------------------|-----------|---------|-----|-----------|---------|-----|
| | | onvergist | vergist | % | onvergist | vergist | % |
| drogestof | g kg ⁻¹ product | 82 | 62 | 76 | 82 | 54 | 66 |
| asrest | g kg ⁻¹ product | 19 | 19 | 100 | 20 | 18 | 90 |
| organische stof | g kg ⁻¹ product | 63 | 43 | 68 | 62 | 36 | 58 |
| N-NH ₃ | g kg ⁻¹ product | 1,3 | 1,3 | 100 | 1,2 | 1,3 | 108 |
| N-totaal | g kg ⁻¹ product | 3,1 | 3,0 | 97 | 3,3 | 3,2 | 97 |
| P ₂ O ₅ | g kg ⁻¹ product | 1,5 | 1,3 | 87 | - | - | - |
| K ₂ O | g kg ⁻¹ product | 4,8 | 4,5 | 94 | - | - | - |
| pHH ₂ O | - | 7,8 | 8,3 | 106 | 7,1 | 8,0 | 113 |

Het gehalte verteerbare organische stof daalde door vergisting van 19,3 naar 8,9 g kg⁻¹ product (Tabel 5). De gehalten hemicellulose, cellulose en lignine worden respectievelijk geschat door het gehalte (NDF-ADF), (ADF-ADL) en ADL. Het gehalte hemicellulose daalde door vergisting van 11,7 naar 4,4 g kg⁻¹ product. Het gehalte cellulose daalde door vergisting van 14,9 naar 9,8 g kg⁻¹ product. Het gehalte lignine nam licht toe van 8,2 tot 8,4 g kg⁻¹.

Tabel 5 Samenstelling organische stof van vergiste en onvergiste drijfmest op eerste tijdstip van toediening en relatieve (%) gehalte van vergiste mest vergeleken met onvergiste mest

| Parameter | Eenheid | Drijfmest | | |
|-----------------------------|------------------------------|-----------|---------|-----|
| | | onvergist | vergist | % |
| drogestof | g kg ⁻¹ product | 82 | 62 | 76 |
| VC-os | % | 30,6 | 20,8 | 68 |
| NDF | g kg ⁻¹ drogestof | 425 | 365 | 86 |
| ADF | g kg ⁻¹ drogestof | 282 | 294 | 104 |
| ADL | g kg ⁻¹ drogestof | 100 | 136 | 136 |
| totale organische stof | g kg ⁻¹ product | 63 | 43 | 68 |
| verteerbare organische stof | g kg ⁻¹ product | 19,3 | 8,9 | 46 |
| hemicellulose | g kg ⁻¹ product | 11,7 | 4,4 | 38 |
| cellulose | g kg ⁻¹ product | 14,9 | 9,8 | 66 |
| lignine | g kg ⁻¹ product | 8,2 | 8,4 | 102 |
| overig | g kg ⁻¹ product | 28,2 | 20,4 | 72 |

De absolute daling van het totale gehalte organische stof (20 g kg⁻¹ product) was groter dan de daling van de hoeveelheid verteerbare organische stof (10,4 g kg⁻¹ product). De afbraak van de organische stof was voor 37 % het gevolg van afbraak van hemicellulose, voor 26 % het gevolg van afbraak van cellulose en voor 37 % het gevolg van afbraak van overige componenten.

Uit de analyse in duplo op het tweede tijdstip van toediening bleek dat bemonstering en analyse van de drijfmest goed reproduceerbaar waren (Tabel 6).

Tabel 6 Gegevens drijfmestanalyse in duplo op 24-6-2003

| Parameter | Eenheid | Drijfmest | | | |
|--------------------|----------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
| | | onvergist | vergist | onvergist | vergist |
| herhaling | - | 1 | 2 | 1 | 2 |
| drogestof | g kg ⁻¹ product | 81 | 82 | 54 | 54 |
| asrest | g kg ⁻¹ product | 20 | 20 | 18 | 18 |
| organische stof | g kg ⁻¹ product | 61 | 62 | 36 | 36 |
| N-NH ₃ | g kg ⁻¹ product | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 |
| N-totaal | g kg ⁻¹ product | 3,3 | 3,3 | 3,1 | 3,2 |
| pHH ₂ O | - | 7,0 | 7,2 | 7,8 | 8,1 |

Gerealiseerde drijfmestgiften

De gerealiseerde drijfmestgiften waren iets hoger dan de geplande giften (Tabel 7). Zowel bij de geplande gift van 15 als 30 ton ha⁻¹ lag de gift bij toediening vóór de eerste snede steeds lager dan bij toediening vóór de derde snede. Binnen een tijdstip van toediening was er binnen een stikstofniveau nauwelijks verschil in gerealiseerde gift tussen onvergiste en vergiste drijfmest. Alleen bij toediening vóór de eerste snede was bij de geplande drijfmestgift van 30 ton ha⁻¹ de gerealiseerde gift bij vergiste mest iets hoger dan bij onvergiste mest (+4 %).

Tabel 7 Geplande en gerealiseerde drijfmestgiften (ton ha⁻¹) op beide tijdstippen van toediening

| Drijfmest | Geplande gift (ton ha ⁻¹) | Gerealiseerde gift (ton ha ⁻¹) | |
|-----------|---------------------------------------|--|-----------|
| | | 5-3-2003 | 24-6-2003 |
| onvergist | 15 | 16,0 | 18,2 |
| vergist | 15 | 16,0 | 18,0 |
| onvergist | 30 | 30,7 | 33,5 |
| vergist | 30 | 32,0 | 33,3 |

Gerealiseerde stikstofgift met drijfmest

De gerealiseerde stikstofgiften met drijfmest waren op beide tijdstippen van toediening hoger dan de geplande stikstofgiften (Tabel 8). Dit gold met name bij toediening vóór de derde snede.

Tabel 8 Gerealiseerde giften N-totaal (kg ha⁻¹) en N-NH₃ (kg ha⁻¹) met drijfmest op beide tijdstippen van toediening

| Drijfmest | N-niveau (kg ha ⁻¹) | Gerealiseerde gift | | | |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|-----------|--|-----------|
| | | N-totaal (kg ha ⁻¹) | | NH ₃ (kg ha ⁻¹) | |
| | | 5-3-2003 | 24-6-2003 | 5-3-2003 | 24-6-2003 |
| onvergist | 40 | 49,6 | 60,1 | 20,8 | 21,8 |
| vergist | 40 | 48,0 | 57,6 | 20,8 | 23,4 |
| onvergist | 80 | 95,2 | 110,6 | 39,9 | 40,2 |
| vergist | 80 | 96,0 | 106,6 | 41,6 | 43,3 |

3.3 Weer

In het voorjaar van 2003 viel er minder neerslag dan gemiddeld in de periode 1971-2000 (Bijlage 2, Figuur 9). In mei viel er overmatig veel regen (112 mm vs. 53) en in mindere mate ook in juli (93 vs. 67). In juli en augustus was de hoeveelheid neerslag zeer gering en (veel) minder dan gemiddeld in de periode 1971-2000. Vanaf juni was er sprake van een neerslagtekort, dat opliep tot -133 mm eind augustus (Figuur 10). Pas in december was het neerslagtekort weer aangevuld. Vooral in de maanden augustus en september moet het gewas zwaar te lijden hebben gehad onder droogtestress. Na toediening van de bemesting op 5 maart viel er in drie dagen daarna een aanzienlijke hoeveelheid neerslag, met name op 8 maart (Figuur 11). Na toediening van de bemesting op 24 juni viel er de zes dagen daarna geen neerslag, maar de vier dagen daarna viel er in korte tijd een grote hoeveelheid, met name op 2 juli (Figuur 12).

3.4 DrogestofopbrengstEerste snede na mesttoediening

Na toediening vóór de eerste snede was er een significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de drogestofopbrengst van de eerste snede ($P=0,006$; $LSD=364$). Bij stikstofniveau 40 kg ha⁻¹ was er geen significant verschil in drogestofopbrengst tussen onvergiste en vergiste drijfmest (Tabel 9). Bij stikstofniveau 80 kg ha⁻¹ was de drogestofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest significant hoger dan de drogestofopbrengst na toediening van onvergiste drijfmest. Het verschil bedroeg 445 kg of 29 %. Verdubbeling van de gift onvergiste drijfmest had geen significant effect op de drogestofopbrengst. Verdubbeling van de gift vergiste drijfmest had wel een significant effect op de drogestofopbrengst. Deze nam toe van 1268 tot 1969 kg ha⁻¹, een toename van 701 kg of 55 %.

Tabel 9 Drogestofopbrengst (kg ha⁻¹) van de eerste snede na mesttoediening bij alle behandelingen

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|-------------------------|---------------------|
| | | vóór de eerste snede | vóór de derde snede |
| 0 | Geen | 978 | 834 |
| 40 | AS | 2245 | 1523 |
| | KAS | 2062 | 1758 |
| | DM | 1530 | 1212 |
| | VDM | 1268 | 1220 |
| 80 | AS | 3093 | 2301 |
| | KAS | 2938 | 2477 |
| | DM | 1524 | 1207 |
| | VDM | 1969 | 1539 |

Na toediening vóór de derde snede was er eveneens een significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de drogestofopbrengst van de derde snede ($P < 0,001$; $LSD = 164$). Bij stikstofniveau 40 kg ha⁻¹ was er geen significant verschil in drogestofopbrengst tussen onvergiste en vergiste drijfmest (Tabel 9). Bij stikstofniveau 80 kg ha⁻¹ was de drogestofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest significant hoger dan de drogestofopbrengst na toediening van onvergiste drijfmest. Het verschil bedroeg 332 kg of 28 %. Evenals bij de toediening vóór de eerste snede had ook bij toediening vóór de derde snede een verdubbeling van de gift onvergiste drijfmest geen significant effect op de drogestofopbrengst. Evenals bij toediening vóór de eerste snede had een verdubbeling van de gift vergiste drijfmest wel een significante toename van de drogestofopbrengst tot gevolg. Deze nam toe van 1220 tot 1539 kg ha⁻¹, een toename van 319 kg of 26 %.

Tweede snede na mesttoediening

Na toediening vóór de eerste snede was er een significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de drogestofopbrengst van de tweede snede ($P = 0,006$; $LSD = 291$). Bij stikstofniveau 40 kg ha⁻¹ was de drogestofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest significant lager dan de drogestofopbrengst na toediening van onvergiste drijfmest (Tabel 10). Het verschil bedroeg 467 kg of 20 %. Bij stikstofniveau 80 kg ha⁻¹ was er geen significant verschil in drogestofopbrengst tussen onvergiste en vergiste drijfmest. Verdubbeling van de gift onvergiste drijfmest had geen significant effect op de drogestofopbrengst. Verdubbeling van de gift vergiste drijfmest had wel een significant effect op de drogestofopbrengst. Deze nam toe van 1816 tot 2331 kg ha⁻¹, een toename van 515 of 28 %.

Tabel 10 Drogestofopbrengst (kg ha⁻¹) van de tweede snede na mesttoediening bij alle behandelingen

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|-------------------------|---------------------|
| | | vóór de eerste snede | vóór de derde snede |
| 0 | Geen | 1669 | 441 |
| 40 | AS | 2260 | 537 |
| | KAS | 2190 | 659 |
| | DM | 2283 | 597 |
| | VDM | 1816 | 534 |
| 80 | AS | 2074 | 689 |
| | KAS | 2014 | 802 |
| | DM | 2324 | 538 |
| | VDM | 2331 | 691 |

Na toediening vóór de derde snede was er geen significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de drogestofopbrengst van de vierde snede ($P = 0,105$; $LSD = 143$). Er was zowel een significant hoofdeffect van mestsoort ($P = 0,019$; $LSD = 101$) als van stikstofniveau ($P = 0,009$; $LSD = 72$). Gemiddeld over de twee stikstofniveaus was er geen significant verschil in drogestofopbrengst tussen onvergiste drijfmest (568 kg ha⁻¹) en vergiste drijfmest (613 kg ha⁻¹).

Derde snede na mesttoediening

Na toediening vóór de eerste snede waren er geen significante effecten van mestsoort ($P = 0,245$; $LSD = 127$) of stikstofniveau ($P = 0,940$; $LSD = 90$) of van een interactie tussen mestsoort en stikstofniveau ($P = 0,167$; $LSD = 179$) op de opbrengst van de derde snede (Tabel 11).

Tabel 11 Drogestofopbrengst (kg ha⁻¹) van de derde snede na mesttoediening vóór de eerste snede

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening |
|----------|------------|-------------------------|
| | | vóór de eerste snede |
| 0 | Geen | 652 |
| 40 | AS | 862 |
| | KAS | 859 |
| | DM | 779 |
| | VDM | 633 |
| 80 | AS | 813 |
| | KAS | 754 |
| | DM | 754 |
| | VDM | 799 |

Vierde snede na mesttoediening

Na toediening vóór de eerste snede waren geen significante effecten van mestsoort (P=0,603; LSD=102) of stikstofniveau (P=0,125; LSD=72) of van een interactie tussen mestsoort en stikstofniveau (P=0,584; LSD=144) op de drogestofopbrengst van de vierde snede (Tabel 12).

Tabel 12 Drogestofopbrengst (kg ha⁻¹) van de vierde snede na mesttoediening vóór de eerste snede

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening |
|----------|------------|-------------------------|
| | | vóór de eerste snede |
| 0 | Geen | 390 |
| 40 | AS | 395 |
| | KAS | 437 |
| | DM | 385 |
| | VDM | 316 |
| 80 | AS | 413 |
| | KAS | 436 |
| | DM | 472 |
| | VDM | 435 |

Totale drogestofopbrengst

Na toediening vóór de eerste snede was er een aanwijzing voor een significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de totale drogestofopbrengst (vier sneden) (P=0,056; LSD=706). Bij stikstofniveau 40 kg ha⁻¹ was de totale drogestofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest significant lager dan na toediening van onvergist drijfmest (Tabel 13). Het verschil bedroeg 945 kg ha⁻¹ of 19 %. Bij stikstofniveau 80 kg ha⁻¹ was er een aanwijzing voor een significant verschil tussen onvergist en vergiste drijfmest. Verdubbeling van de gift onvergist drijfmest had geen significant effect op de totale drogestofopbrengst. Verdubbeling van de gift vergiste drijfmest had een significant effect op de drogestofopbrengst. De drogestofopbrengst nam toe van 4032 tot 5533 kg ha⁻¹, een toename van 1501 kg of 37 %.

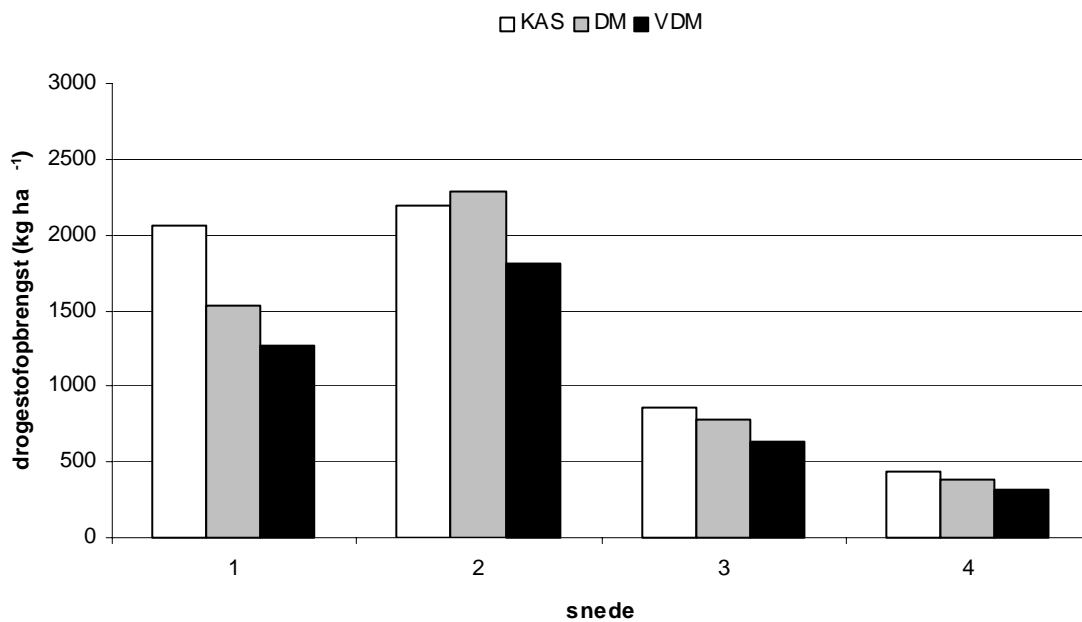
Tabel 13 Totale drogestofopbrengst (kg ha⁻¹) van alle behandelingen

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|-------------------------|---------------------|
| | | vóór de eerste snede | vóór de derde snede |
| | | som van vier sneden | som van twee sneden |
| 0 | Geen | 3688 | 1275 |
| 40 | AS | 5763 | 2061 |
| | KAS | 5548 | 2417 |
| | DM | 4977 | 1809 |
| | VDM | 4032 | 1753 |
| 80 | AS | 6393 | 2990 |
| | KAS | 6142 | 3280 |
| | DM | 5074 | 1746 |
| | VDM | 5533 | 2231 |

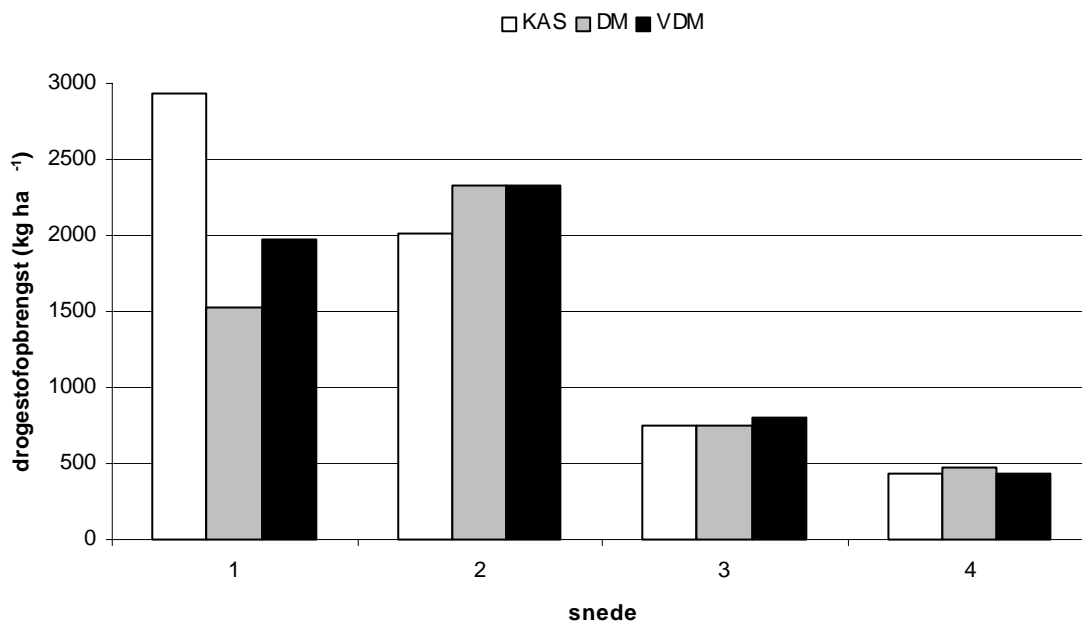
Na toediening vóór de derde snede was er een sterk significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de totale drogestofopbrengst (twee sneden) ($P < 0,001$; $LSD = 227$). Bij stikstofniveau 40 kg ha^{-1} was er geen significant verschil tussen onvergiste en vergiste drijfmest (Tabel 13). Bij stikstofniveau 80 kg ha^{-1} was de totale drogestofopbrengst na toediening van vergiste mest significant hoger dan de totale drogestofopbrengst na toediening van onvergiste mest. Het verschil bedroeg 485 kg of 28% . Verdubbeling van de gift onvergiste drijfmest had geen significant effect op de totale drogestofopbrengst. Verdubbeling van de gift vergiste drijfmest had een significant hogere opbrengst tot gevolg. Deze nam toe van 1753 tot 2231 kg ha^{-1} , een toename van 478 kg of 27% .

De verdeling van de drogestofopbrengst over de sneden na toediening vóór de eerste snede is weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2 voor respectievelijk de stikstofniveaus 40 en 80 kg ha^{-1} .

Figuur 1 Drogestofopbrengst (kg ha^{-1}) van vier sneden na toediening van KAS, onvergiste drijfmest en vergiste drijfmest vóór de eerste snede bij stikstofniveau 40 kg ha^{-1}

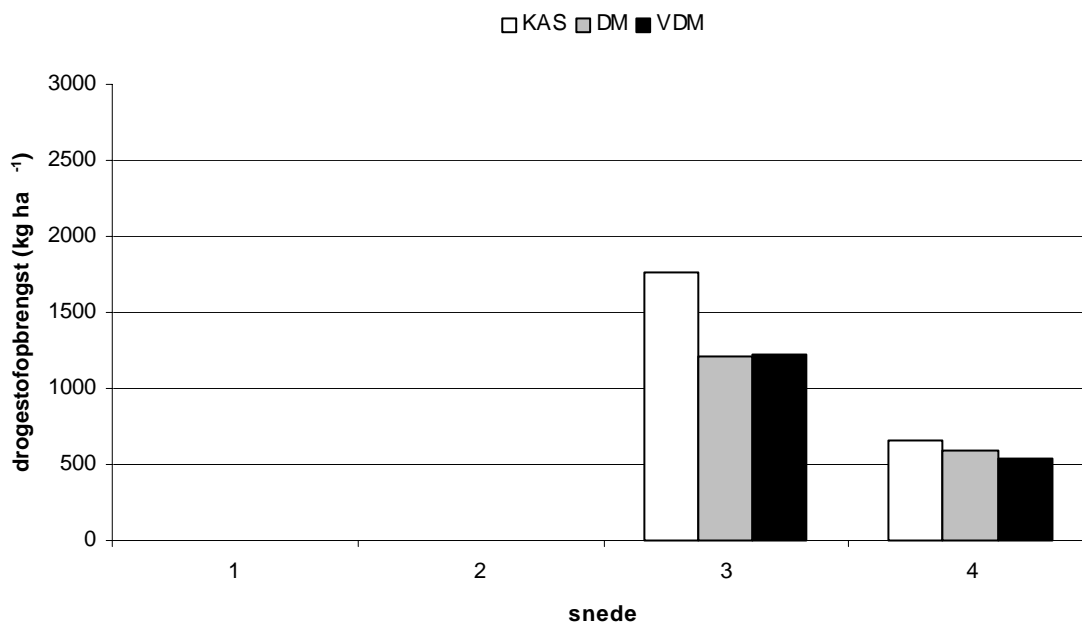


Figuur 2 Drogestofopbrengst (kg ha^{-1}) van vier sneden na toediening van KAS, onvergiste drijfmest en vergiste drijfmest vóór de eerste snede bij stikstofniveau 80 kg ha^{-1}

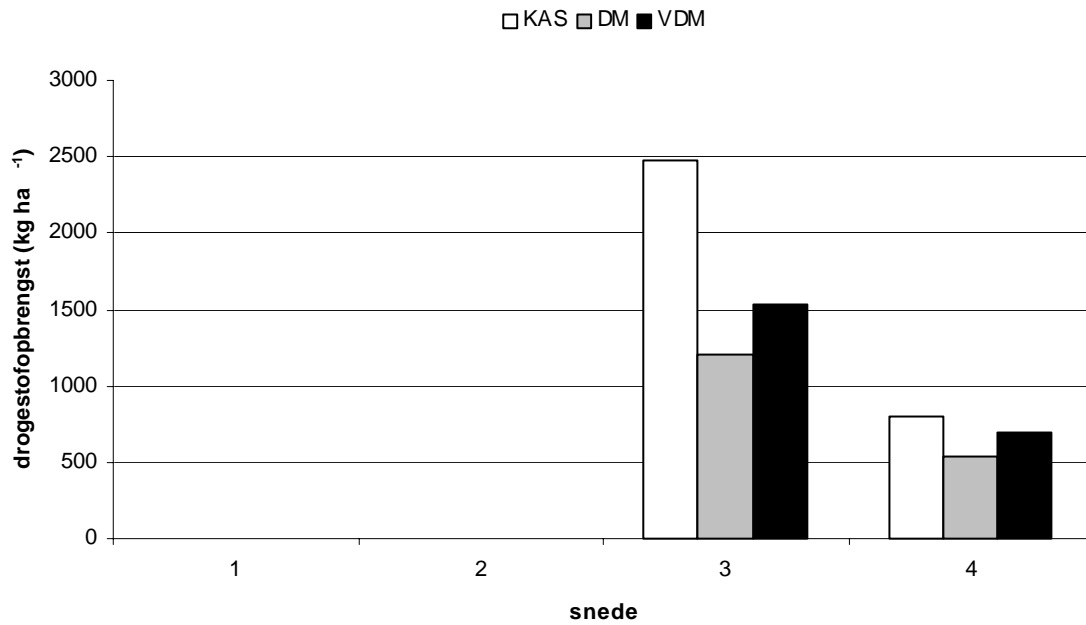


De verdeling van de drogestofopbrengst over de sneden na toediening vóór de derde snede is weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4 voor respectievelijk de stikstofniveaus 40 en 80 kg ha^{-1} .

Figuur 3 Drogestofopbrengst (kg ha^{-1}) van twee sneden na toediening van KAS, onvergiste drijfmest en vergiste drijfmest vóór de derde snede bij stikstofniveau 40 kg ha^{-1}



Figuur 4 Drogestofopbrengst (kg ha^{-1}) van twee sneden na toediening van KAS, onvergiste drijfmest en vergiste drijfmest vóór de derde snede bij stikstofniveau 80 kg ha^{-1}



3.5 Voederwaarde en mineralengehalte

Eerste snede na mesttoediening

Na toediening vóór de eerste snede was bij een niveau van 80 kg N ha⁻¹ alleen een significant verschil in Co-gehalte van de eerste snede tussen onvergiste en vergiste drijfmest (Tabel 14). Het Co-gehalte van het gras bemest met vergiste drijfmest was significant lager.

Tabel 14 Voederwaarde en mineralengehalte van gras van de eerste snede na toediening van onvergiste drijfmest, vergiste drijfmest en KAS op een niveau van 80 kg N ha⁻¹ vóór de eerste snede

| Parameter | Eenheid | DM | VDM | KAS | LSD | P-waarde |
|-------------|------------------------|------|------|------|------|----------|
| Ruw eiwit | g kg ⁻¹ ds | 131 | 132 | 136 | 12 | 0,516 |
| Ruw celstof | g kg ⁻¹ ds | 184 | 185 | 194 | 2 | <0,001 |
| Ruw as | g kg ⁻¹ ds | 93 | 93 | 92 | 5 | 0,805 |
| Vc-os | % | 84 | 84 | 82 | 2 | 0,188 |
| Suiker | g kg ⁻¹ ds | 285 | 280 | 248 | 24 | 0,019 |
| K | g kg ⁻¹ ds | 25,5 | 26,2 | 26,1 | 1,3 | 0,372 |
| Na | g kg ⁻¹ ds | 1,1 | 1,3 | 1,8 | 0,3 | 0,010 |
| Ca | g kg ⁻¹ ds | 5,2 | 5,1 | 5,2 | 0,2 | 0,512 |
| Mg | g kg ⁻¹ ds | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 0,1 | 0,001 |
| P | g kg ⁻¹ ds | 3,4 | 3,4 | 3,3 | 0,2 | 0,866 |
| S | g kg ⁻¹ ds | 3,1 | 2,9 | 3,1 | 0,2 | 0,125 |
| VEM | kg ⁻¹ ds | 1014 | 1004 | 989 | 32 | 0,229 |
| DVE | kg ⁻¹ ds | 90 | 89 | 89 | 3 | 0,733 |
| OEB | kg ⁻¹ ds | -27 | -25 | -20 | 11 | 0,415 |
| FOS | kg ⁻¹ ds | 676 | 669 | 661 | 20 | 0,266 |
| VOS | kg ⁻¹ ds | 766 | 760 | 752 | 19 | 0,270 |
| Zn | mg kg ⁻¹ ds | 20 | 21 | 25 | 2 | 0,005 |
| Cu | mg kg ⁻¹ ds | 4,5 | 4,3 | 5,4 | 0,5 | 0,005 |
| Mn | mg kg ⁻¹ ds | 19 | 19 | 21 | 3 | 0,221 |
| Co | mg kg ⁻¹ ds | 0,12 | 0,10 | 0,12 | 0,01 | 0,002 |
| Fe | mg kg ⁻¹ ds | 122 | 135 | 133 | 22 | 0,381 |
| Se | mg kg ⁻¹ ds | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,04 | 0,813 |
| Mo | mg kg ⁻¹ ds | 0,32 | 0,26 | 0,18 | 0,09 | 0,028 |

3.6 Stikstofopbrengst

Eerste snede na mesttoediening

Na toediening vóór de eerste snede was er een significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de stikstofopbrengst van de eerste snede (P=0,029; LSD=10,8). Bij stikstofniveau 40 kg ha⁻¹ was er geen significant verschil in stikstofopbrengst tussen onvergiste en vergiste drijfmest (Tabel 15). Bij stikstofniveau 80 kg ha⁻¹ was de stikstofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest significant hoger dan de stikstofopbrengst na toediening van onvergiste drijfmest. Het verschil was 14,2 kg of 45 %. Verdubbeling van de gift onvergiste drijfmest had geen significant effect op de stikstofopbrengst. Verdubbeling van de gift vergiste drijfmest had een significante toename van de stikstofopbrengst tot gevolg. De stikstofopbrengst nam toe van 24,5 tot 45,6 kg ha⁻¹, een toename van 21,1 kg of 86 %.

Tabel 15 Stikstofopbrengst (kg ha⁻¹) van de eerste snede na mesttoediening bij alle behandelingen

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|-------------------------|---------------------|
| | | vóór de eerste snede | vóór de derde snede |
| 0 | Geen | 19,8 | 17,6 |
| 40 | AS | 47,1 | 34,2 |
| | KAS | 45,7 | 41,3 |
| | DM | 32,0 | 28,0 |
| | VDM | 24,5 | 27,3 |
| | AS | 67,0 | 59,3 |
| 80 | KAS | 59,7 | 64,9 |
| | DM | 31,4 | 27,0 |
| | VDM | 45,6 | 34,8 |

Na toediening vóór de derde snede was er een significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de stikstofopbrengst van de derde snede ($P < 0,001$; $LSD = 5,8$). Bij stikstofniveau 40 kg ha⁻¹ was er geen significant verschil in stikstofopbrengst tussen onvergiste en vergiste drijfmest (Tabel 15). Bij stikstofniveau 80 kg ha⁻¹ was de stikstofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest significant hoger dan de stikstofopbrengst na toediening van onvergiste drijfmest. Het verschil was 7,8 kg of 29 %. Verdubbeling van de gift onvergiste drijfmest had geen significant effect op de stikstofopbrengst. Verdubbeling van de gift vergiste drijfmest had een significante toename van de stikstofopbrengst tot gevolg. De stikstofopbrengst nam toe van 27,3 tot 34,8 kg ha⁻¹, een toename van 7,5 kg of 27 %.

Tweede snede na mesttoediening

Na toediening vóór de eerste snede was er een significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de stikstofopbrengst van de tweede snede ($P = 0,007$; $LSD = 4,6$). Er werd één waarde met een gestandaardiseerd residu van 3,7 verwijderd (KAS 40, blok 2). Bij stikstofniveau 40 kg ha⁻¹ was de stikstofopbrengst na toediening van vergiste mest significant lager dan de stikstofopbrengst na toediening van onvergiste mest (Tabel 16). Het verschil was 7,0 kg of 23 %. Bij stikstofniveau 80 kg ha⁻¹ waren er geen significante verschillen in stikstofopbrengst tussen onvergiste en vergiste drijfmest. Verdubbeling van de gift onvergiste drijfmest had geen significant effect op de stikstofopbrengst. Verdubbeling van de gift vergiste drijfmest had een significante toename van de stikstofopbrengst tot gevolg. De stikstofopbrengst nam toe van 23,8 tot 32,9 kg ha⁻¹, een toename van 9,1 kg of 38 %.

Tabel 16 Stikstofopbrengst (kg ha⁻¹) van de tweede snede na mesttoediening bij alle behandelingen

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|-------------------------|---------------------|
| | | vóór de eerste snede | vóór de derde snede |
| 0 | Geen | 22,3 | 11,4 |
| 40 | AS | 31,8 | 13,8 |
| | KAS | 30,9 | 18,8 |
| | DM | 30,8 | 15,3 |
| | VDM | 23,8 | 13,2 |
| | AS | 30,1 | 17,2 |
| 80 | KAS | 28,9 | 23,6 |
| | DM | 32,0 | 13,8 |
| | VDM | 32,9 | 17,7 |

Na toediening vóór de derde snede was er geen significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de stikstofopbrengst van de vierde snede ($P = 0,201$; $LSD = 4,7$). Er was zowel een hoofdeffect van mestsoort ($P = 0,001$; $LSD = 3,3$) als van stikstofniveau ($P = 0,021$; $LSD = 2,4$). Gemiddeld over de stikstofniveaus was er geen significant verschil in stikstofopbrengst tussen onvergiste drijfmest (14,5 kg ha⁻¹) en vergiste drijfmest (15,4 kg ha⁻¹). Gemiddeld over de mestsoorten was de stikstofopbrengst van de vierde snede significant hoger bij een stikstofniveau van 80 kg ha⁻¹. De stikstofopbrengst nam toe van 15,2 tot 18,1 kg ha⁻¹, een toename van 2,9 kg of 19 %.

Derde snede na mesttoediening

Na toediening vóór de eerste snede waren er geen significante effecten van mestsoort ($P=0,611$; $LSD=3,4$) of stikstofniveau ($P=0,779$; $LSD=2,4$) of van een interactie tussen mestsoort en stikstofniveau ($P=0,236$; $LSD=4,7$) op de stikstofopbrengst van de derde snede (Tabel 17).

Tabel 17 Stikstofopbrengst (kg ha^{-1}) van de derde snede na mesttoediening vóór de eerste snede

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening vóór de eerste snede |
|----------|------------|---|
| 0 | Geen | 14,4 |
| 40 | AS | 18,6 |
| | KAS | 19,1 |
| | DM | 18,0 |
| | VDM | 14,1 |
| | AS | 17,2 |
| 80 | KAS | 16,4 |
| | DM | 17,1 |
| | VDM | 17,8 |

Vierde snede na mesttoediening

Na toediening vóór de eerste snede waren er geen significante effecten van mestsoort ($P=0,617$; $LSD=2,9$) of stikstofniveau ($P=0,112$; $LSD=2,1$) of van een interactie tussen mestsoort en stikstofniveau ($P=0,468$; $LSD=4,1$) op de stikstofopbrengst van de vierde snede (Tabel 18).

Tabel 18 Stikstofopbrengst (kg ha^{-1}) van de vierde snede na mesttoediening vóór de eerste snede

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening vóór de eerste snede |
|----------|------------|---|
| 0 | Geen | 10,6 |
| 40 | AS | 10,5 |
| | KAS | 11,8 |
| | DM | 10,6 |
| | VDM | 8,4 |
| | AS | 11,1 |
| 80 | KAS | 11,4 |
| | DM | 13,2 |
| | VDM | 12,1 |

Totale stikstofopbrengst

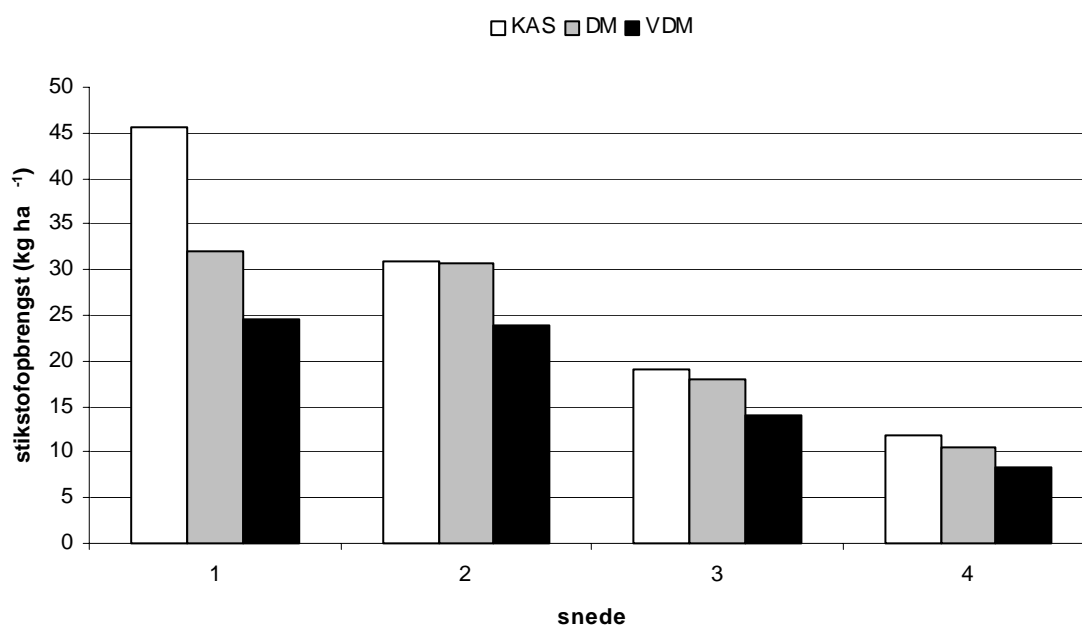
Na toediening vóór de eerste snede was er een aanwijzing voor een significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de totale stikstofopbrengst van vier sneden ($P=0,065$; $LSD=20,5$). Bij stikstofniveau 40 kg ha^{-1} was er een aanwijzing voor een significant verschil tussen de totale stikstofopbrengst na toediening van vergiste mest en de totale stikstofopbrengst na toediening van onvergiste mest (Tabel 19). Bij stikstofniveau 80 kg ha^{-1} was er geen significant verschil in de totale stikstofopbrengst tussen onvergiste en vergiste drijfmest. Verdubbeling van de gift onvergiste drijfmest had geen significant effect op de totale stikstofopbrengst. Verdubbeling van de gift vergiste drijfmest had een significante toename van de totale stikstofopbrengst tot gevolg. De totale stikstofopbrengst nam toe van 71 tot 108 kg ha^{-1} , een toename van 37 kg of 52% .

Tabel 19 Totale stikstofopbrengst (kg ha⁻¹) van alle behandelingen

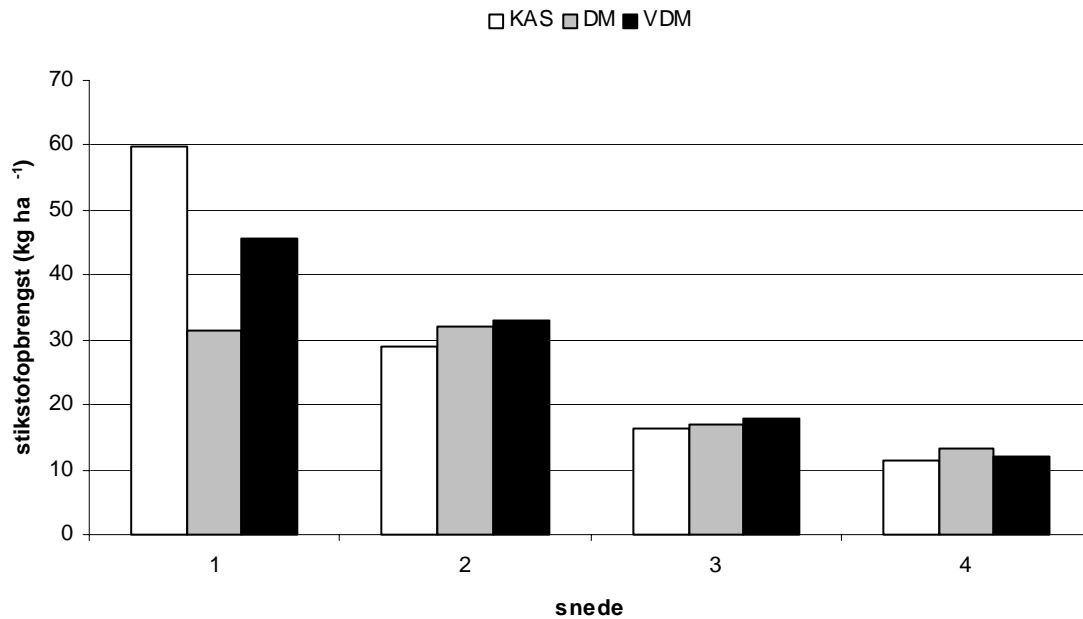
| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|---|--|
| | | vóór de eerste snede som van vier sneden | vóór de derde snede som van twee sneden |
| 0 | Geen | 67 | 29 |
| 40 | AS | 108 | 48 |
| | KAS | 113 | 60 |
| | DM | 91 | 43 |
| | VDM | 71 | 40 |
| 80 | AS | 125 | 77 |
| | KAS | 117 | 89 |
| | DM | 94 | 41 |
| | VDM | 108 | 53 |

Na toediening vóór de derde snede was er een significante interactie tussen het effect van mestsoort en stikstofniveau op de totale stikstofopbrengst van twee sneden ($P < 0,001$; $LSD = 8$). Bij stikstofniveau 40 kg ha⁻¹ was er geen significant verschil in totale stikstofopbrengst tussen onvergiste en vergiste drijfmest (Tabel 19). Bij stikstofniveau 80 kg ha⁻¹ was de stikstofopbrengst na toediening van vergiste mest significant hoger dan de stikstofopbrengst na toediening van onvergiste mest. De stikstofopbrengst nam toe van 41 tot 53 kg ha⁻¹, een toename van 12 kg of 29 %.

De verdeling van de stikstofopbrengst over de sneden na toediening vóór de eerste snede is weergegeven in Figuur 5 en Figuur 6 voor respectievelijk de stikstofniveaus 40 en 80 kg ha⁻¹.

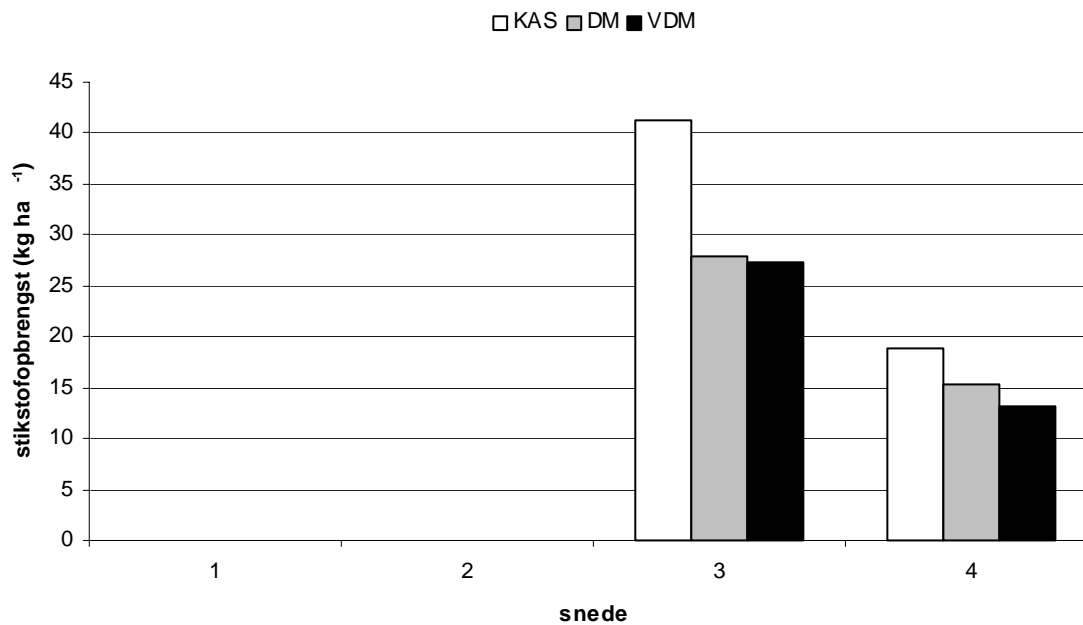
Figuur 5 Stikstofopbrengst (kg ha⁻¹) van vier sneden na toediening van KAS, onvergiste drijfmest en vergiste drijfmest vóór de eerste snede bij stikstofniveau 40 kg ha⁻¹

Figuur 6 Stikstofopbrengst (kg ha^{-1}) van vier sneden na toediening van KAS, onvergiste drijfmest en vergiste drijfmest vóór de eerste snede bij stikstofniveau 80 kg ha^{-1}

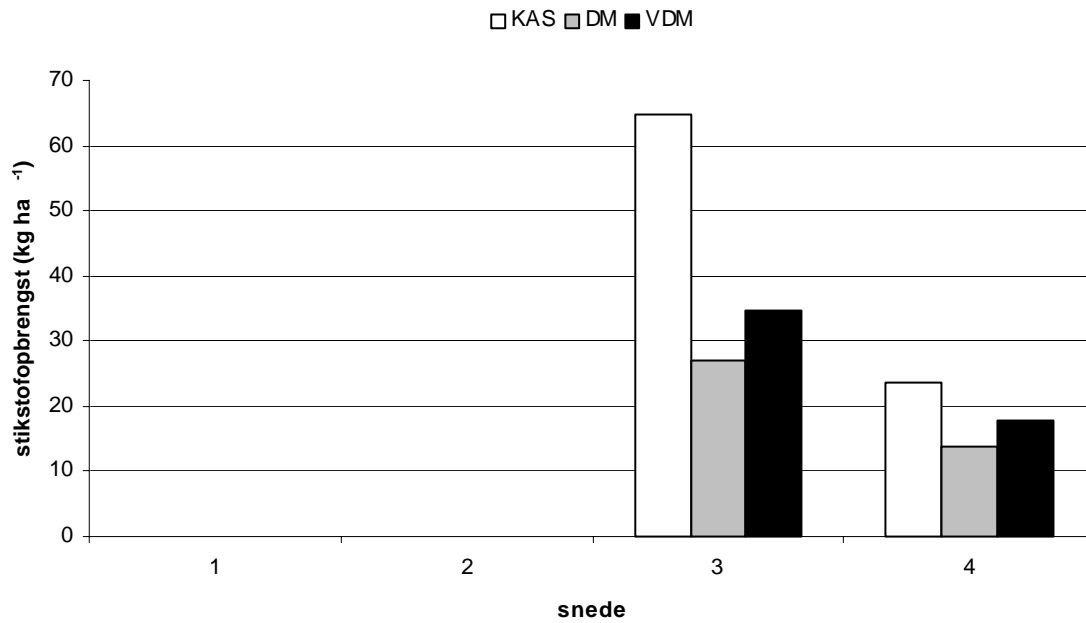


De verdeling van de stikstofopbrengst over de sneden na toediening vóór de derde snede is weergegeven in Figuur 7 en Figuur 8 voor respectievelijk de stikstofniveaus 40 kg ha^{-1} en 80 kg ha^{-1} .

Figuur 7 Stikstofopbrengst (kg ha^{-1}) van twee sneden na toediening van KAS, onvergiste drijfmest en vergiste drijfmest vóór de derde snede bij stikstofniveau 40 kg ha^{-1}



Figuur 8 Stikstofopbrengst (kg ha^{-1}) van twee sneden na toediening van KAS, onvergiste drijfmest en vergiste drijfmest vóór de derde snede bij stikstofniveau 80 kg ha^{-1}



3.7 Schijnbare stikstofbenutting

De ANR van de eerste snede na toediening en de totale ANR (van vier/twee sneden) is weergegeven in respectievelijk Tabel 20 en Tabel 21.

Tabel 20 ANR (% van totale N-gift) van de eerste snede na mesttoediening bij alle behandelingen

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|-------------------------|---------------------|
| | | vóór de eerste snede | vóór de derde snede |
| 40 | AS | 68 | 42 |
| | KAS | 49 | 59 |
| | DM | 25 | 17 |
| | VDM | 10 | 17 |
| 80 | AS | 59 | 52 |
| | KAS | 50 | 59 |
| | DM | 12 | 8 |
| | VDM | 27 | 16 |

Tabel 21 Totale ANR (% van totale N-gift) van vier/twee sneden na mesttoediening bij alle behandelingen

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|----------------------------|---------------------------|
| | | vóór de eerste snede | vóór de derde snede |
| 40 | AS | som van vier sneden 103 | som van twee sneden 48 |
| | KAS | 115 | 78 |
| | DM | 48 | 23 |
| | VDM | 8 | 19 |
| 80 | AS | 73 | 60 |
| | KAS | 63 | 75 |
| | DM | 28 | 11 |
| | VDM | 43 | 22 |

3.8 Schijnbare stikstofwerking

De schijnbare stikstofwerking van de meststoffen in de eerste snede na toediening en de totale stikstofwerking in vier/twee sneden is weergegeven in respectievelijk Tabel 22 en Tabel 23.

Tabel 22 Totale stikstofwerking (% van N met KAS) van de onvergiste en vergiste drijfmest in de eerste snede na toediening bij alle behandelingen

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|-------------------------|---------------------|
| | | vóór de eerste snede | vóór de derde snede |
| 40 | DM | 50 | 29 |
| | VDM | 20 | 28 |
| 80 | DM | 24 | 14 |
| | VDM | 54 | 27 |

Tabel 23 Totale stikstofwerking (% van N met KAS) van de onvergiste of vergiste drijfmest in vier/twee sneden na mesttoediening bij alle behandelingen

| N-niveau | N-meststof | Tijdstip van toediening | |
|----------|------------|-------------------------|---------------------|
| | | vóór de eerste snede | vóór de derde snede |
| 40 | DM | 48 | 30 |
| | VDM | 7 | 25 |
| 80 | DM | 45 | 14 |
| | VDM | 68 | 30 |

4 Discussie

4.1 Proefopzet

De behandelingen lagen in vier herhalingen. Uit de variantie-analyse bleek dat hierdoor alleen relatief grote effecten significant aangetoond konden worden. Na toediening van 16 ton drijfmest ha¹ op 5 maart kon een mogelijk 23 % lagere stikstofopbrengst van de eerste snede na toediening van vergiste drijfmest niet significant aangetoond worden. Na toediening van circa 33 ton drijfmest ha¹ op 24 juni kon een mogelijk 28 % hogere stikstofopbrengst van de tweede snede na toediening van vergiste mest eveneens niet significant aangetoond worden. Om ook effecten kleiner dan 30 % significant te kunnen aantonen, lijken vier herhalingen onvoldoende bij onderzoek aan dit type drijfmest op deze grondsoort. Het gevolg van het relatief geringe onderscheidingsvermogen is dat sommige effecten mogelijk wel aanwezig waren maar niet significant aangetoond konden worden.

De resultaten van dit onderzoek dienen in de juiste context geplaatst te worden. Het onderzoek is in één jaar uitgevoerd, op één bodemtype, op één locatie en met één soort vergiste drijfmest. Om meer algemeen geldende uitspraken te kunnen doen over de werking van vergiste runderdrijfmest, is aanvullend meerjarig onderzoek nodig op meerdere bodemtypen, meerdere locaties en met vergiste drijfmest van verschillende herkomst.

4.2 Resultaten

Focus op effecten na toediening 30-33 ton ha¹ drijfmest

Bij giften van 16-18 ton ha¹ was er geen significant verschil in stikstofopbrengst van de eerste snede na toediening van onvergiste of vergiste drijfmest. Bij toediening op 5 maart was de stikstofopbrengst na toediening van vergiste mest lager, alhoewel dit verschil niet significant aangetoond kon worden. De stikstofopbrengst van de tweede snede was echter wel significant lager. De stikstofopbrengsten van de derde en vierde snede waren ook lager, maar deze verschillen waren klein en niet significant.

Bij een gift van 30-33 ton drijfmest ha¹ was het effect eenduidig: vergisting van de drijfmest had een significant hogere stikstofopbrengst van de eerste snede tot gevolg. Na toediening op 24 maart leek ook de stikstofopbrengst van de tweede snede hoger te zijn, maar dit verschil was niet significant, waarschijnlijk als gevolg van het relatief geringe onderscheidingsvermogen.

Het blijkbaar negatieve effect van toediening van vergiste drijfmest bij een gift van 16 ton is opmerkelijk. Voor zover bekend zijn er geen fouten gemaakt bij toediening van de drijfmest. Als deze mogelijkheid buiten beschouwing wordt gelaten, is het moeilijk een logische verklaring te geven. Er zou gesteld kunnen worden dat vanwege de hogere pH van vergiste mest (Tabel 4) de vervluchtiging van ammoniak hoger was. Deze extra vervluchtiging zou dan echter ook opgetreden moeten zijn bij de hogere drijfmestgift. Weliswaar kan als verklaring worden gegeven dat er bij de gift van 30-33 ton relatief minder van de ammoniak zal vervluchtigen, maar dan nog lijkt het niet aannemelijk dat bij verdubbeling van de gift vergiste mest de stikstofopbrengst ineens fors hoger is.

Een theoretisch mogelijke, maar weinig bevredigende, verklaring is dat bij toediening van 16 ton de vergiste drijfmest niet voldoende gemengd was in de tank, waardoor vooral drijfmest met relatief weinig (anorganische) stikstof gegeven is. Op beide tijdstippen werd de drijfmest toegediend in de volgorde: 16-18 ton vergiste drijfmest, 30-33 ton vergiste drijfmest, 16-18 ton onvergiste drijfmest en 30-33 ton onvergiste drijfmest. Waarom een slechte menging alleen bij een lage gift zou optreden is moeilijk te onderbouwen.

Een andere mogelijke verklaring is dat bij een lage gift het effect van mogelijke interacties tussen type drijfmest en bodem relatief sterker kan zijn. Ook deze verklaring is weinig bevredigend, omdat een negatief effect van interacties tussen type drijfmest en bodem eerder bij onvergiste dan bij vergiste drijfmest verwacht wordt. Dit laatste vanwege het hogere gehalte makkelijk afbreekbare organische stof in onvergiste drijfmest (zie verderop). De meest logische verklaring is dat bij een relatief lage gift de verdeling van drijfmest over de veldjes meer variabel is, en afwijkingen in hoeveelheid mest groter kunnen zijn. Bij hogere giften wordt de drijfmest naar verwachting beter verdeeld over de veldjes. Omdat de hoeveelheid toegediende mest groter is, zal ook het effect van de samenstelling van de mest naar verwachting groter zijn. Het effect van storende invloeden daarentegen

zal kleiner zijn. Op basis van de voorgaande argumentatie is besloten om bij verdere bespreking te focussen op effecten bij een gift van 30-33 ton drijfmest ha¹.

Mogelijke verklaringen voor een hogere stikstofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest

De hogere stikstofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest lijkt in eerste instantie opmerkelijk, aangezien er geen duidelijke verschillen waren in stikstofsamenstelling tussen beide drijfmestsoorten (Tabel 4). Een betere stikstofwerking van vergiste mest wordt in het algemeen toegeschreven aan een hoger anorganisch stikstofgehalte in de mest. In dit onderzoek was het anorganische stikstofgehalte in onvergiste en vergiste mest echter vrijwel gelijk. Voor het aanzienlijke verschil in stikstofopbrengst van de eerste snede na toediening (respectievelijk +45 % en +29 %) zijn een aantal mogelijke verklaringen te geven.

De hogere stikstofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest zou verklaard kunnen worden door aan te nemen dat een deel van de organische stikstof in de vergiste drijfmest makkelijker afbreekbaar was dan hetzelfde deel in de onvergiste drijfmest. Door afbraak van organische stof tijdens vergisting komt stikstof uiteindelijk in anorganische vorm vrij. In de gebruikte mest tijdens dit onderzoek was er echter geen duidelijk verschil in het gehalte anorganische en organische stikstof tussen de onvergiste en vergiste drijfmest. Op grond hiervan kan geconcludeerd worden dat vrijkomende anorganische stikstof tijdens de vergisting weer organisch gebonden is, waarschijnlijk als gevolg van opname door groeiende bacteriepopulaties. Het is denkbaar dat na toediening van de drijfmest een deel van deze (anaërobe) bacteriepopulaties gestorven is, en (een deel van) de eerst opgenomen stikstof weer vrijgekomen is als gevolg van afbraak van hun biomassa. De veronderstelling hierbij is dat deze microbiële biomassa beter afbreekbaar was dan de corresponderende organische stof in onvergiste mest. Verder wordt verondersteld dat de stikstofbehoefte van de mineralisatie-immobilisatie cyclus in de vergiste drijfmest en in het contactgebied tussen drijfmest en bodem kleiner geweest is dan het stikstofaanbod als gevolg van mineralisatie van microbiële biomassa. Het stikstofoverschot van de mineralisatie-immobilisatie cyclus zou geleid kunnen hebben tot een hogere stikstofopname van het gras en zo tot een hogere stikstofopbrengst als gevolg van toediening van vergiste drijfmest.

Een andere verklaring is dat vergiste drijfmest meer bacteriën en enzymen bevat. Na toediening aan de bodem zouden deze bacteriën en enzymen de afbraak van zowel de organische stof in drijfmest als in de bodem gestimuleerd kunnen hebben. Hierdoor kan het stikstofaanbod toegenomen zijn, en als gevolg daarvan ook de stikstofopname door het gewas. Opperman et al. (1989) concludeerden dat bacteriepopulaties in drijfmest bijdragen aan de toename van het aantal bacteriën in de bodem na bovengrondse toediening. Onbekend is hoelang enzymen in drijfmest actief kunnen blijven na hun productie door bacteriën. Verder is ook onbekend hoe groot het hierboven beschreven effect zou kunnen zijn.

Een derde verklaring is dat de vergiste drijfmest meer stikstof aan het gewas leverde vanwege een lager gehalte aan makkelijk afbreekbare organische stof. Een aanzienlijk deel van de organische stof in drijfmest kan makkelijk afbreekbaar zijn. Een deel van deze makkelijk afbreekbare stof kan bestaan uit vluchtige vetzuren (volatile fatty acids, VFA's). In de twee runderdrijfmesten die Paul & Beauchamp (1995) gebruikten, bestond respectievelijk 37 en 55 % van de organische koolstof (31,2 en 24,1 g C kg⁻¹ drijfmest) uit VFA's. Runderdrijfmest gebruikt door Chadwick et al. (2000) bevatte respectievelijk 6,1 en 9,4 g VFA's per liter drijfmest, bij een totaal koolstofgehalte van respectievelijk 19,4 en 16,7 g l⁻¹. In onderzoek van Muller et al. (2003) bevatte de gebruikte drijfmest 6,3 g VFA's l⁻¹ drijfmest, met een organisch koolstofgehalte van 22 g l⁻¹ drijfmest. Naast VFA's kan drijfmest ook andere (makkelijk) afbreekbare organische componenten bevatten. In het onderhavige onderzoek bevatte de gebruikte drijfmest minimaal 20 g kg⁻¹ product makkelijk afbreekbare organische stof, ofwel 32 % van de totale hoeveelheid organische stof. Vergisting leidde o.a. tot afbraak van hemicellulose, cellulose en een post 'overige componenten', die op basis van de analyses niet nader gedefinieerd kon worden.

Als gevolg van vergisting daalt het gehalte VFA's in drijfmest sterk. Een afname van meer dan 90 % wordt regelmatig waargenomen (Chantigny et al., 2004; Sommer & Husted, 1995; Pain et al., 1990; Summers & Bousfield, 1980). Het gehalte VFA's in de drijfmest in het onderhavige onderzoek is niet bekend. Vergisting van drijfmest leidt in het algemeen dus tot een sterke afname van het gehalte makkelijk afbreekbare organische stof.

Na toediening van (onvergiste) drijfmest aan de bodem komen VFA's in contact met zuurstof, en worden als gevolg daarvan snel afgebroken. In onderzoek van Paul & Beauchamp (1989) waren vier dagen na bovengrondse toediening geen VFA's meer in de bodem aanwezig. Sommer et al. (1996) concludeerden dat binnen 24 uur na toediening van drijfmest het overgrote deel van de VFA's al afgebroken was. Ook andere makkelijk afbreekbare organische stof kan gaan afbreken na toediening aan de bodem. Bij afbraak van organische stof kan anorganische stikstof uit de drijfmest en uit de bodem geassimileerd worden door groeiende bacteriepopulaties. Deze stikstof is daardoor tijdelijk niet beschikbaar voor de plant (geïmmobiliseerd), maar kan na verloop van tijd

weer beschikbaar komen als de hoeveelheid makkelijk afbreekbare organische stof in de bodem afneemt. Door een tekort aan voedsel kan een deel van de opgebouwde bacteriepopulaties sterven en zelf voedsel worden voor andere bacteriën. Bij afbraak van hun celmateriaal kan eerder ingebouwde stikstof mineraliseren en zo weer beschikbaar komen voor het gewas.

Dat na toediening van drijfmest een aanzienlijke immobilisatie van stikstof kan optreden blijkt uit onderzoek van Flowers & Arnold (1983). In hun incubatieonderzoek met varkensdrijfmest werd 30-40 % van de ammoniumstikstof in de mest geïmmobiliseerd; 35 dagen na toediening van de drijfmest was nog geen mineralisatie van betekenis opgetreden.

Omdat in vergiste drijfmest het gehalte makkelijk afbreekbare organische stof lager is, zal er na toediening van vergiste mest aan de bodem minder bacteriegroei optreden, en daarom ook minder immobilisatie van stikstof.

Twee processen die de beschikbaarheid van stikstof uit drijfmest voor het gewas voor een belangrijk deel kunnen bepalen zijn naar alle waarschijnlijkheid dus:

- 1) de hoeveelheid stikstof die in eerste instantie wordt geïmmobiliseerd bij afbraak van organische stof en
- 2) de mate waarin hermineralisatie optreedt

1) De hoeveelheid stikstof die in eerste instantie wordt geïmmobiliseerd is afhankelijk van de hoeveelheid makkelijk af te breken organische stof in drijfmest en bodem. Aangezien het gehalte makkelijk afbreekbare organische stof in vergiste drijfmest (aanzienlijk) lager is, zal er na toediening van vergiste drijfmest gemiddeld minder bacteriegroei optreden. Hierdoor wordt minder anorganische stikstof uit vergiste drijfmest geïmmobiliseerd en is meer anorganische stikstof beschikbaar voor opname door het gewas.

2) Als bij onvergiste mest in eerste instantie meer anorganische stikstof wordt geïmmobiliseerd, betekent dit niet per definitie dat daardoor ook op de langere termijn minder stikstof beschikbaar is voor het gewas. Als het grootste deel van de geïmmobiliseerde stikstof op korte termijn weer mineraliseert, zal weinig verschil optreden tussen onvergiste en vergiste drijfmest wat betreft de hoeveelheid beschikbare stikstof. De mate waarin hermineralisatie kan optreden is in grote mate afhankelijk van het type bodem waarop drijfmest toegediend is.

Het onderhavige onderzoek is uitgevoerd op een zware kleigrond (41 % lutum, 56 % afslibbare delen). Bekend is dat een hoog gehalte kleimineralen in de bodem doorgaans een remmende invloed heeft op het verloop van microbiële processen. Zowel het substraat als ook bacteriën, bacteriële omzettingsproducten en door bacteriën geproduceerde enzymen kunnen aan het specifieke oppervlak van de kleimineralen geadsorbeerd worden. Hierdoor kan hun werking (bacteriën, enzymen) of hun afbraak (substraat, bacteriële omzettingsproducten) geremd worden. Deze remming kan als consequentie hebben dat eenmaal geïmmobiliseerde stikstof op klei met een hoog reactief oppervlak aan kleimineralen maar langzaam vrijkomt.

Uit onderzoek van Saggar et al. (1996) aan diverse kleibodems in Nieuw-Zeeland blijkt dat de afbraaksnelheid van organische stof in de bodem direct gerelateerd is aan het oppervlak van de kleimineralen. De gemiddelde verblijftijd van ^{14}C -gelabeld vers gras was 3,9 jaar in de bodem met het hoogste reactieve oppervlak ($107 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) en 1,8 jaar in de bodem met het laagste reactieve oppervlak ($26 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$). Saggar et al. (1996) veronderstelden dat er sprake was van diverse cycli in de afbraak van verse organische stof. De eerste cyclus bestond volgens hen uit een snelle afbraak van het verse materiaal. Deze cyclus werd gevolgd door een ronde waarin de microbiële massa of microbiële omzettingsproducten fungeerden als nieuw substraat. Saggar et al. (1996) suggereerden dat vooral deze substraten adsorbeerden aan de kleimineralen, en dat daardoor hun beschikbaarheid voor verdere afbraak door micro-organismen omgekeerd evenredig was met het reactieve oppervlak van de kleimineralen.

Het reactieve oppervlak van de kleigrond in het onderhavige onderzoek is niet bekend. Wel ging het hier om een grond die zwel en krimp vertoont. Kleimineralen die kunnen zwellen en krimpen hebben doorgaans het hoogste reactieve oppervlak. Wat betreft deze kleimineralen gaat het voornamelijk om illiet, smectiet en vermiculiet (Saggar et al., 1996).

De resultaten en veronderstellingen van Saggar et al. (1996) lijken in overeenstemming met de waarnemingen in dit onderzoek. De veronderstelde eerste ronde, namelijk die van een snelle afbraak van makkelijk afbreekbare organische stof uit drijfmest, is waarschijnlijk vlot verlopen. Hierbij is anorganische stikstof uit drijfmest en bodem vastgelegd in microbiële biomassa en omzettingsproducten. De hermineralisatie van deze biomassa en omzettingsproducten is waarschijnlijk aanzienlijk trager verlopen. Door deze trage hermineralisatie is de

hoeveelheid makkelijk afbreekbare organische stof in de drijfmest waarschijnlijk bepalend geweest voor de hoeveelheid stikstof die uiteindelijk voor het gras beschikbaar was.

Aangezien vergiste mest minder makkelijk afbreekbare organische stof bevat, en de hermineralisatie van de extra hoeveelheid geïmmobiliseerde stikstof uit onvergiste drijfmest op deze kleigrond naar alle waarschijnlijkheid traag verliep, kan de conclusie worden getrokken dat de hogere stikstofopbrengst na toediening van vergiste drijfmest het gevolg kan zijn geweest van een lagere hoeveelheid makkelijk afbreekbare organische stof in de vergiste drijfmest.

De remmende werking van kleimineralen was in het onderzoek van Saggar et al. (1996) sterk gecorreleerd (98,9 % van de variantie verklaard) aan het oppervlak van de kleimineralen, en nauwelijks aan het totale gehalte klei in de bodem. Dat wil zeggen dat het gehalte klei in de bodem in principe een slechte voorspeller is van de mate waarin hermineralisatie van geïmmobiliseerde stikstof geremd wordt. Toch concludeerden Sørensen & Jensen (1995) dat de recovery van NH_4 uit drijfmest, gemixed met grond, afnam bij een toenemend gehalte lutum in de grond. Waarschijnlijk was in hun onderzoek de samenstelling van de kleimineralen ongeveer gelijk.

Naast immobilisatie in bacteriën en hun omzettingsproducten kan anorganische stikstof in de vorm van ammonium ook gefixeerd worden door kleimineralen. Waarschijnlijk is dit ook op de zware zeeklei in dit onderzoek gebeurd. Deze fixatie lijkt echter geen negatieve invloed te hebben op de beschikbaarheid van ammonium voor het gewas. Scherer & Weimar (1994) mixten van 16 verschillende kleigronden (15-33 % lutum) de bovenste 30 cm intensief met drijfmest. In de drijfmest was 52-85 % van de stikstof aanwezig als ammonium. Als gevolg van het mixen met drijfmest werd 10-100 % van de toegediende ammonium gefixeerd. Tijdens de groei van diverse gewassen werd echter vrijwel alle gefixeerde ammonium opgenomen door het gewas.

Geen effect verdubbeling gift onvergiste drijfmest

Een opvallende waarneming uit dit onderzoek is dat verdubbeling van de gift onvergiste drijfmest geen enkel effect had op de drogestof- en stikstofopbrengst. Zowel na toediening begin maart als na toediening eind juni was er bij alle geoogste sneden geen verschil in opbrengst. Bij vergiste drijfmest had verdubbeling van de gift wel een duidelijk positief effect op de opbrengst. Deze waarneming illustreert waarschijnlijk het sterk remmende effect van de kleimineralen op de hermineralisatie van extra geïmmobiliseerde stikstof uit onvergiste drijfmest vergeleken met vergiste drijfmest. De remming lijkt niet proportioneel te zijn. Als dat wel het geval was, had de hoeveelheid beschikbare stikstof en daarmee de stikstofopbrengst bij de gift van 30-33 ton hoger moeten zijn geweest. Er lijkt op deze bodem echter een soort plafond voor stikstoflevering uit drijfmest te zijn. Bij een gift boven het plafond wordt alle anorganische stikstof vastgelegd in de bodem, en neemt de hoeveelheid voor het gewas beschikbare stikstof niet meer toe. Er is verdiepend onderzoek nodig om inzicht te krijgen in dit fenomeen.

Geringe stikstofwerking onvergiste drijfmest

De beschikbaarheid van stikstof uit onvergiste drijfmest was erg laag. Na toediening van circa 95 kg stikstof (anorganische + organische) met onvergiste drijfmest begin maart kwam schijnbaar respectievelijk 12, 10, 3 en 3 kg stikstof terug in de eerste, tweede, derde en vierde snede. Dit was in totaal circa 27 kg stikstof of 28 % van de totale toegediende hoeveelheid. Uit de resultaten kan niet afgeleid worden hoeveel stikstof verloren is gegaan (via vervluchtiging, (de)nitrificatie, uitspoeling) en hoeveel stikstof werd vastgelegd in de bodem. Vastgelegde stikstof kan in latere jaren tot beschikking van het gewas komen.

De geringe beschikbaarheid van stikstof uit onvergiste drijfmest roept de vraag op hoe zinvol het is om drijfmest op dit type bodem te geven. Een groot deel van de stikstof komt misschien in latere jaren tot werking, maar dan wel op een moment dat niet te sturen valt door de veehouder. Hiermee neemt de waarde van deze stikstof af, en kunnen verliezen naar het milieu toenemen.

Op basis van de hoeveelheid anorganische ($1,3 \text{ g kg}^{-1}$) en organische stikstof ($1,8 \text{ g kg}^{-1}$) in de drijfmest en de methode van toediening (zodebemester of -injectie) schat de Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen (2002) de hoeveelheid werkzame stikstof uit onvergiste drijfmest in de eerste snede op $24,5 \text{ kg ha}^{-1}$. De werkelijke hoeveelheid werkzame stikstof bedroeg $95,2 \text{ (N-totaal in drijfmest)} * 0,24 = 22,8 \text{ kg ha}^{-1}$, en was daarmee slechts 7 % lager dan de voorspelling. Bij een zelfde aanpak was voor vergiste drijfmest de hoeveelheid werkzame stikstof in de eerste snede geschat op $25,5 \text{ kg ha}^{-1}$. De werkelijke hoeveelheid werkzame stikstof was echter $96,0 \text{ (N-totaal met drijfmest)} * 0,54 = 51,8 \text{ kg werkzame stikstof ha}^{-1}$, ruim het dubbele van de voorspelling. Gezien deze grote afwijking ontstaat er bij introductie van vergiste mest op het akkerbouw- en veehouderijbedrijf een behoefte aan een nieuw advies wat betreft de stikstofwerking van dit type drijfmest.

Geen verschil in stikstofwerking onvergiste en vergiste drijfmest in volgsneden

Bij bemesting begin maart waren er bij een gift van 30-33 ton ha⁻¹ geen significante verschillen of aanwijzingen voor mogelijke verschillen tussen onvergiste en vergiste drijfmest wat betreft de stikstofopbrengst van de tweede, derde en vierde snede. Na toediening eind juni was er een aanwijzing voor een significant verschil in stikstofopbrengst van de tweede snede; de stikstofopbrengst na toediening van vergiste mest was evenals bij de eerste snede 28 % hoger (Tabel 16). Uit de stikstofopbrengsten van de volgsneden kan niet geconcludeerd worden dat bij vergiste mest de nalevering van stikstof minder was. De oorzaak was dat nawerking van stikstof uit drijfmest op deze grond sowieso gering is. Vanwege het geringe niveau van nawerking op deze grond lijkt de conclusie dat er geen verschil in nawerking is tussen onvergiste en vergiste mest in eerste instantie alleen betrouwbaar voor dit type bodem.

Na toediening eind juni was de stikstofopbrengst van de vierde snede hoger bij vergiste mest, alhoewel dit verschil niet significant was. Ook bij de KAS was er sprake van een aanzienlijke nawerking in de vierde snede. Gedurende de groei van de derde snede tussen 23-6 en 7-8 (Tabel 1) was er gemiddeld sprake van een neerslagtekort (Figuur 10), dat in de maand augustus verder opliep. Mogelijk kon door de optredende droogte een deel van de eind juni gegeven stikstof pas in de vierde snede benut worden. Daarnaast was de periode tussen toediening van de drijfmest en het oogsten van de eerste snede na toediening begin maart veel langer dan na toediening eind juni. Tussen toediening vóór de eerste snede en het oogsten van de eerste snede verstreken 71 dagen; tussen het bemesten vóór de derde snede en het oogsten van de derde snede verstreken 43 dagen. Door de kortere groeidiur van de derde snede was ook de hoeveelheid stikstof die mineraliseerde, en door het gras opgenomen kon worden, minder groot; hierdoor kon de (relatieve) meeropbrengst van vergiste drijfmest na toediening vóór de eerste snede groter zijn dan na toediening vóór de derde snede.

Stikstofopbrengst nam meer toe dan drogestofopbrengst

Door toediening van vergiste drijfmest nam de stikstofopbrengst van de eerste snede bij toediening in het voorjaar en in de voorzomer respectievelijk toe met 45 en 29 %. De drogestofopbrengst nam respectievelijk toe met 29 en 28 %. Na toediening van de stikstof eind juni was de toename van de drogestofopbrengst even groot als de toename van de stikstofopbrengst; na toediening begin maart bleef de toename van de drogestofopbrengst achter bij de toename van de stikstofopbrengst. Blijkbaar kon het gras de extra beschikbare stikstof niet benutten voor de productie van extra drogestof. De oorzaak hiervan is moeilijk vast te stellen. Droogte als oorzaak lijkt niet waarschijnlijk. Bij de stikstofgift met kunstmest trad het omgekeerde effect op. Bij een verdubbeling van de stikstofgift met KAS van 40 naar 80 kg ha⁻¹ nam de drogestofopbrengst toe van 2062 naar 2938 kg ha⁻¹, een toename van 42 %. De stikstofopbrengst nam echter toe van 45,7 naar 59,7 kg ha⁻¹, een toename van 31 %. De drogestofopbrengst nam bij bemesting met KAS dus sterker toe dan de stikstofopbrengst.

Mogelijk heeft beschadiging van de graszode als gevolg van drijfmesttoediening bijgedragen aan het achterblijven van de drogestofopbrengst. Als gevolg van zodebemesting kan de ontwikkeling van het gras achterblijven, wat waargenomen kan worden aan een hoger drogestofgehalte en een hoger stikstofgehalte van het gras. Uit de resultaten van de onbehandelde controle (maart & juni), de gesneden controle (maart & juni), 80 kg stikstof met KAS (juni) en 80 kg stikstof met KAS én snijden (juni) blijkt dat snijden bij de afwezigheid van een stikstofgift geen negatief effect had op stikstof- en drogestofopbrengst van de eerste snede. Bij behandeling begin maart was de drogestofopbrengst van de onbehandelde en de gesneden controle respectievelijk 978 en 1170 kg ha⁻¹; de stikstofopbrengst bedroeg respectievelijk 19,8 en 24,5 kg ha⁻¹. Bij behandeling eind juni was de drogestofopbrengst van de onbehandelde en de gesneden controle respectievelijk 834 en 864 kg ha⁻¹; de stikstofopbrengst bedroeg respectievelijk 17,6 en 20,6 kg ha⁻¹. Alhoewel de verschillen niet significant waren, leek snijden bij de afwezigheid van stikstofgift de drogestofopbrengst en de stikstofopbrengst zelfs licht te verhogen. Bij een stikstofgift eind juni van 80 kg stikstof met KAS had snijden van de zode echter een significant negatief effect op de drogestof- en stikstofopbrengst van de eerste snede. Deze namen respectievelijk af van 2477 naar 2094 kg ha⁻¹ en van 64,9 naar 57,1 kg ha⁻¹.

Blijkbaar krijgt het snijden van de zode een negatieve invloed als het opbrengstpotentieel toeneemt. Dit verschijnsel zou het sterker toenemen van de stikstofopbrengst na toediening van vergiste mest vergeleken met onvergiste mest voor een deel kunnen verklaren. Hierbij wordt aangenomen dat, vanwege de beschadiging van de zode, het gras na toediening van vergiste mest niet ten volle kon profiteren van de extra beschikbare stikstof. Als gevolg daarvan nam de drogestofopbrengst minder toe dan de stikstofopbrengst.

Verskil in werking tussen voorjaar en voorzomer

De stikstofwerking van de drijfmest in de eerste snede na toediening was na toediening eind juni lager dan na toediening begin maart (Tabel 22). Voor een deel kan dit het gevolg zijn van de kortere groeidiur van de derde

snede vergeleken met de eerste snede. Daarnaast kunnen ook droogte en een grotere ammoniakvervluchtiging na toediening eind juni een rol gespeeld hebben. Dat na toediening in de zomer een deel van de ammonium uit drijfmest verloren kan gaan, blijkt indirect uit de stikstofopbrengsten van de referentiemeststof ammoniumsulfaat (AS). Bij vervanging van 80 kg N met KAS door 80 kg N met AS eind juni daalde de stikstofopbrengst van de derde snede van 64,9 naar 59,3 kg ha⁻¹ (Tabel 15). Dit verschil was bijna significant. De stikstofopbrengst van de vierde en laatste snede daalde significant van 23,6 naar 17,2 kg ha⁻¹. Bij vervanging van 80 kg N met KAS door 80 kg N met AS begin maart was de stikstofopbrengst van AS niet lager maar hoger, alhoewel het verschil niet significant was. In de sneden daarna waren er geen verschillen.

Mogelijk effect van combinatie van drijfmest en kunstmest

In het onderhavige onderzoek werd alleen drijfmest of kunstmest gegeven. Een combinatie van drijfmest en kunstmest, wat gebruikelijk is onder praktijkomstandigheden, zou mogelijk het verschil in stikstofopbrengst tussen onvergiste en vergiste drijfmest verkleind kunnen hebben. Als meer anorganische stikstof gegeven wordt, zou het negatieve effect van immobilisatie van stikstof uit drijfmest kunnen afnemen, en daarmee zouden ook de verschillen tussen onvergiste en vergiste drijfmest kleiner kunnen worden. In de praktijk wordt de kunstmest voor de eerst snede al gauw een maand later gegeven dan de drijfmest. Hierdoor wordt het effect van een eventuele interactie tussen kunstmest en drijfmest kleiner.

Besparingen door het gebruik van vergiste mest onder de proefomstandigheden

Bij het vervangen van onvergiste drijfmest door vergiste drijfmest kan bespaard worden op een aanvullende kunstmestgift. Bij een gewenste totale stikstofgift voor de eerste snede van 100 kg N met KAS, en vervanging van een deel van deze stikstofgift door drijfmest, was in dit onderzoek bij een drijfmestgift van 30 ton ha⁻¹ de werkzame stikstofgift met onvergiste drijfmest gelijk geweest aan $30 * 3,1 * 0,24 = 22,3$ kg N. De aanvullende kunstmestgift was in dat geval $100 - 22,3 = 77,7$ kg N met KAS geweest. Als de onvergiste drijfmest echter was vervangen door vergiste drijfmest, dan was de werkzame stikstofgift met onvergiste drijfmest gelijk geweest aan $30 * 3,0 * 0,54 = 48,6$ kg N. De aanvullende kunstmestgift was dan $100 - 48,6 = 51,4$ kg N met KAS geweest. Bij vervanging van onvergiste drijfmest door vergiste drijfmest had in deze situatie $77,7 - 51,4 = 26$ kg N of $(1 - 51,4/77,7) = 34$ % op de aanvullende stikstofgift met KAS bespaard kunnen worden.

Bij deze berekening past de kanttekening dat het verschil in stikstofwerking tussen onvergiste en vergiste drijfmest mogelijk kleiner had kunnen zijn bij een gecombineerde toediening van drijfmest en kunstmest. Hierdoor zou ook de besparing op de stikstofgift kleiner kunnen zijn geweest.

Bij een waarde van 1 kg werkzame stikstof van € 0,50 had in dit onderzoek door het gebruik van vergiste mest $26 * € 0,50 = € 13$ per hectare direct bespaard kunnen worden op de aanvullende kunstmestgift. Op basis van deze besparing op aanvullende kunstmestgift neemt de waarde van vergiste mest toe met $(26 \text{ kg N}/30 \text{ ton}) * € 0,5 = € 0,43$ per ton.

Op basis van werkzame stikstof had door vergiste mest te gebruiken de drijfmestgift gereduceerd kunnen worden met $(1 - (24/54)) = 56$ % van 30 tot 13,3 ton ha⁻¹. De vervoerskosten per eenheid werkzame N dalen door het gebruik van vergiste mest eveneens met 56 %.

Uitbreiding huidige berekening van stikstoflevering uit drijfmest?

De constatering dat twee mestsoorten met dezelfde samenstelling qua anorganische en organische stikstof aanzienlijk verschillen in stikstoflevering tijdens de eerste snede, doet de vraag ontstaan hoe specifiek het huidige advies in de Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen (2002) is. De hoeveelheid werkzame stikstof wordt in de Adviesbasis berekend aan de hand van het anorganische en organische stikstofgehalte in de drijfmest. Uit het onderhavige onderzoek blijkt echter dat ook het gehalte makkelijk afbreekbare organische stof in de drijfmest een belangrijke rol kan spelen bij het bepalen van de stikstoflevering. Het verdient dan ook aanbeveling om de mogelijkheden te onderzoeken om het huidige advies zodanig uit te breiden, dat meer recht gedaan wordt aan het unieke karakter van iedere partij drijfmest en aan de interactie tussen deze drijfmest en het bodemtype waarop deze wordt uitgereden. Een succesvol doorgevoerde aanpassing zal naar verwachting leiden tot een betere benutting van de stikstof uit drijfmest. Hierdoor neemt de betrouwbaarheid van drijfmest als stikstofmeststof toe, en wordt het sturen van de opbrengst en kwaliteit van gewassen eenvoudiger. Daarnaast neemt ook het risico van stikstofverliezen naar het milieu af.

5 Conclusies

- bij een gift van 30-33 ton ha⁻¹ was de stikstofopbrengst van de eerste snede na toediening van vergiste runderdrijfmest significant hoger dan na toediening van onvergiste drijfmest, zowel na toediening begin maart (+45 %) als na toediening eind juni (+29 %)
- de hogere stikstofopbrengst was niet het gevolg van een hoger gehalte anorganische stikstof in de vergiste drijfmest
- suggesties ter verklaring van een betere stikstofwerking van vergiste mest zijn:
 - een betere beschikbaarheid van organische stikstof in vergiste drijfmest,
 - hogere concentraties bacteriën en enzymen in vergiste drijfmest of
 - het lagere gehalte makkelijk afbreekbare organische stof in vergiste drijfmest, waardoor minder stikstof geïmmobiliseerd wordt
- er was geen verschil in nawerking tussen onvergiste en vergiste drijfmest
- verdubbeling van de gift had bij vergiste drijfmest een hogere stikstofopbrengst tot gevolg en had bij onvergiste drijfmest geen effect
- de voederwaarde van de eerste geoogste snede na toediening begin maart verschilde niet tussen onvergiste en vergiste drijfmest
- de gehalten aan anorganische en organische stikstof in (vergiste) drijfmest geven niet altijd een goede voorspelling van stikstoflevering na toediening
- bij introductie van vergiste drijfmest op het akkerbouw- en veehouderijbedrijf ontstaat er behoefte aan een nieuw advies wat betreft de stikstofwerking van dit type drijfmest
- gezien het effect van het gehalte organische stof in de drijfmest is een uitbreiding van de huidige advisering met betrekking tot stikstoflevering uit zowel onvergiste als vergiste drijfmest aan te bevelen

Praktijktoepassing

Uit de resultaten blijkt dat verwacht mag worden dat tijdens de groei van de eerste snede na toediening de stikstoflevering uit vergiste mest hoger zal zijn dan de stikstoflevering uit onvergiste mest. Het is op basis van dit onderzoek (één jaar, één bodemtype, één soort drijfmest) moeilijk om specifieke aanwijzingen te geven hoe rekening te houden met deze betere stikstofwerking. Hiervoor is meer onderzoek nodig.

Als het anorganische stikstofgehalte van de vergiste mest duidelijk hoger is, dan wordt bij toepassing van het advies in de Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen (2002) automatisch voor een deel rekening gehouden met de hogere bemestende waarde van deze drijfmest. Het is dan echter nog steeds mogelijk dat de stikstoflevering van vergiste drijfmest onderschat wordt. Voor een meer betrouwbare schatting van stikstoflevering uit zowel onvergiste als vergiste mest lijkt een uitbreiding van het huidige advies in de Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen (2002) noodzakelijk.

Bij het vervangen van onvergiste drijfmest door vergiste drijfmest kan bespaard worden op een aanvullende kunstmestgift. Bij een gewenste totale stikstofgift voor de eerste snede van 100 kg N met KAS, en vervanging van een deel van deze stikstofgift door drijfmest, was in dit onderzoek bij een drijfmestgift van 30 ton ha⁻¹ de werkzame stikstofgift met onvergiste drijfmest gelijk geweest aan $30 * 3,1 * 0,24 = 22,3$ kg N. De aanvullende kunstmestgift had in dat geval $100 - 22,3 = 77,7$ kg N met KAS bedragen. Als de onvergiste drijfmest echter was vervangen door vergiste drijfmest, dan was de werkzame stikstofgift met onvergiste drijfmest gelijk geweest aan $30 * 3,0 * 0,54 = 48,6$ kg N. De aanvullende kunstmestgift was dan $100 - 48,6 = 51,4$ kg N met KAS geweest. Bij vervanging van onvergiste drijfmest door vergiste drijfmest had in deze situatie $77,7 - 51,4 = 26$ kg N of $(1 - 51,4/77,7) = 34$ % op de aanvullende stikstofgift met KAS bespaard kunnen worden.

Bij een waarde van 1 kg stikstof van € 0,50 had in dit onderzoek door het gebruik van vergiste mest $26 * € 0,50 = € 13$ per hectare direct bespaard kunnen worden op de aanvullende kunstmestgift. Op basis van deze besparing op aanvullende kunstmestgift neemt de waarde van vergiste mest toe met $(26 \text{ kg N}/30 \text{ ton}) * € 0,5 = € 0,43$ per ton.

Op basis van werkzame stikstof had door vergiste mest te gebruiken de drijfmestgift gereduceerd kunnen worden met $(1 - (24/54)) = 56$ % van 30 tot 13,3 ton ha⁻¹. De vervoerskosten per eenheid werkzame N dalen door het gebruik van vergiste mest eveneens met 56 %.

Literatuur

Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen, 2002. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, Lelystad

Chadwick, D.R., Pain, B.F., Brookman, S.K.E., 2000. Nitrous oxide and methane emissions following application of animal manures to grassland. *Journal of Environmental Quality* 29: 277-287

Chantigny, M.H., Rochette, P., Angers, D.A., Massé, D., Côté, D., 2004. Ammonia volatilization and selected soil characteristics following application of anaerobically digested pig slurry. *Soil Science Society of America Journal* 68: 306-312

Flowers, T.H., Arnold, P.W., 1983. Immobilization and mineralization of nitrogen in soils incubated with pig slurry or ammonium sulphate. *Soil Biology & Biochemistry* 15: 329-355.

Müller, C., Stevens, R.J., Laughlin, R.J., 2003. Evidence of carbon stimulated N transformations in grassland soil after slurry application. *Soil Biology & Biochemistry* 35: 285-293

Opperman, H.H., Wood, M., Harris, P.J., 1989. Changes in microbial populations following the application of cattle slurry to soil at two temperatures. *Soil Biology and Biochemistry* 21: 263-268

Pain, B.F., Misselbrook, T.H., Clarkson, C.R., Rees, Y.J., 1990. Odour and ammonia emissions following the spreading of anaerobically-digested pig slurry on grassland. *Biological Wastes* 34: 259-267

Paul, J.W., Beauchamp, E.G., 1995. Availability of manure slurry ammonium for corn using ¹⁵N-labelled (NH₄)₂SO₄. *Canadian Journal of Soil Science* 75: 35-42

Paul, J.W., Beauchamp, E.G., 1989. Biochemical changes in soil beneath dairy cattle slurry layer: the effect of volatile fatty acid oxidation on denitrification and soil pH. In: Hansen, J.A., Henriksen, K. (Eds.), Nitrogen in Organic Wastes Applied to Soils, Academic Press, San Diego, pp. 261-270

Saggar, S., Parshotam, A., Sparling, G.P., Feltham, C.W., Hart, P.B.S., 1996. ¹⁴C-labelled ryegrass turnover and residence time in soils varying in clay content and mineralogy. *Soil Biology & Biochemistry* 28: 1677-1686

Sommer, S.G., Husted, S., 1995. The chemical buffer system in raw and digested animal slurry. *Journal of Agricultural Science* 124: 45-53

Sommer, S.G., Sherlock, R.R., Khan, R.Z., 1996. Short communication. Nitrous oxide and methane emissions from pig slurry amended soils. *Soil Biology & Biochemistry* 28: 1541-1544

Sørensen, P., Jensen, E.S., 1995. Mineralization-immobilization and plant uptake of nitrogen as influenced by the spatial distribution of cattle slurry in soils of different texture. *Plant and Soil* 173: 283-291

Summers, R., Bousfield, S., 1980. A detailed study of piggery-waste anaerobic digestion. *Agricultural Wastes* 2: 61-78

Bijlagen

Bijlage 1. Proefveldschema

Perceel D1

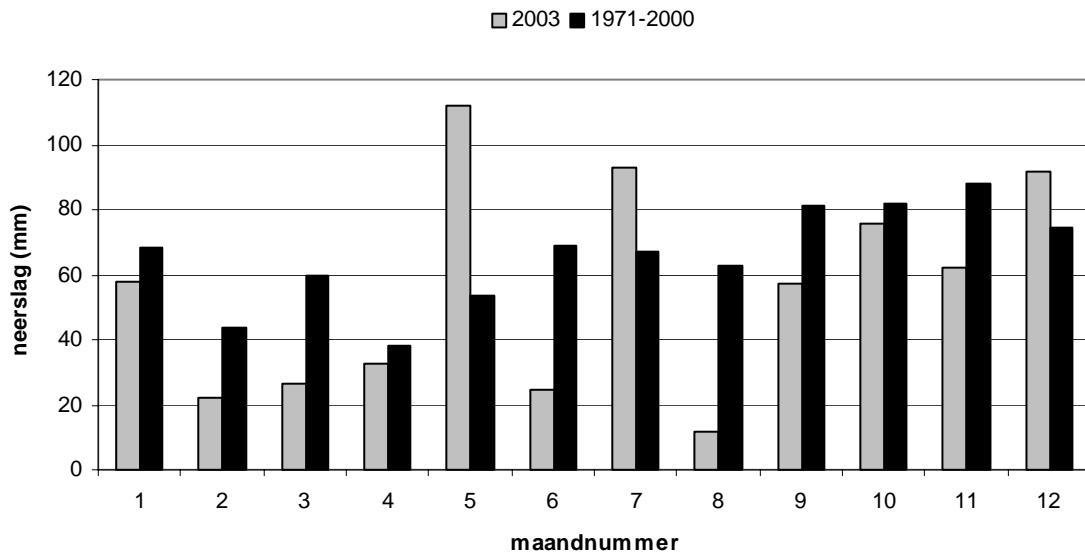
| | | | | | |
|-----|---------------------|----|----|---------------------|----------|
| | 10 | | | | |
| 3,2 | T2DM40 | 84 | 10 | T2VDM80 | 42 |
| | T2KAS80 | 83 | | T2Controle S | 41 |
| | T2KAS40 | 82 | | T2AS40 | 40 |
| | T2VDM80 | 81 | | T2DM40 | 39 |
| | T2VDM40 | 80 | | T2DM80 | 38 |
| | T2Controle | 79 | | T2AS80 | 37 |
| | T2AS80 | 78 | | T2KAS80 S | 36 |
| | T2DM80 | 77 | | T2Controle | 35 |
| | T2KAS80 S | 76 | | T2KAS80 | 34 |
| | T2AS40 | 75 | | T2KAS40 | 33 |
| | T2Controle S | 74 | | T2VDM40 | 32 |
| | T1KAS80 | 73 | | T1DM40 | 31 |
| | T1AS40 | 72 | | T1VDM80 | 30 |
| | T1Controle S | 71 | | T1KAS40 | 29 |
| | T1KAS40 | 70 | | T1KAS80 | 28 |
| | T1DM40 | 69 | | T1Controle | 27 |
| | T1VDM40 | 68 | | T1VDM40 | 26 |
| | T1Controle | 67 | | T1AS40 | 25 |
| | T1DM80 | 66 | | T1DM80 | 24 |
| | T1AS80 | 65 | | T1Controle S | 23 |
| | T1VDM80 | 64 | | T1AS80 | 22 |
| | T1DM40 | 63 | | T2VDM40 | 21 |
| | T1Controle S | 62 | | T2KAS80 S | 20 |
| | T1KAS40 | 61 | | T2AS40 | 19 |
| | T1AS40 | 60 | | T2KAS80 | 18 |
| | T1DM80 | 59 | | T2Controle | 17 |
| | T1Controle | 58 | | T2Controle S | 16 |
| | T1VDM40 | 57 | | T2AS80 | 15 |
| | T1AS80 | 56 | | T2DM80 | 14 |
| | T1KAS80 | 55 | | T2VDM80 | 13 |
| | T1VDM80 | 54 | | T2DM40 | 12 |
| | T2DM80 | 53 | | T2KAS40 | 11 |
| | T2VDM40 | 52 | | T1AS40 | 10 |
| | T2AS80 | 51 | | T1VDM80 | 9 |
| | T2Controle S | 50 | | T1AS80 | 8 |
| | T2KAS40 | 49 | | T1DM40 | 7 |
| | T2VDM80 | 48 | | T1Controle | 6 |
| | T2KAS80 S | 47 | | T1KAS80 | 5 |
| | T2DM40 | 46 | | T1KAS40 | 4 |
| | T2Controle | 45 | | T1DM80 | 3 |
| | T2KAS80 | 44 | | T1VDM40 | 2 |
| | T2AS40 | 43 | | T1Controle S | 1 |
| | | | | | 12 |
| | | | | | betonpad |

T1=toediening voor eerste snede
 T2=toediening voor derde snede
 DM=onvergiste drijfmest
 VDM=vergiste drijfmest

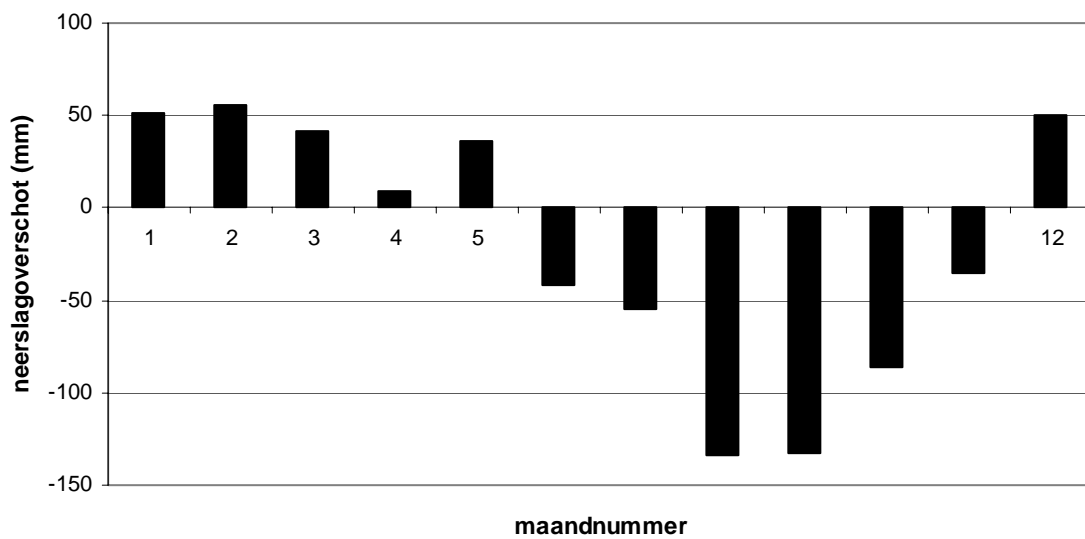
S=snijden
 40=40 kg N/ha
 80=80 kg N/ha

Bijlage 2. Neerslaggegevens

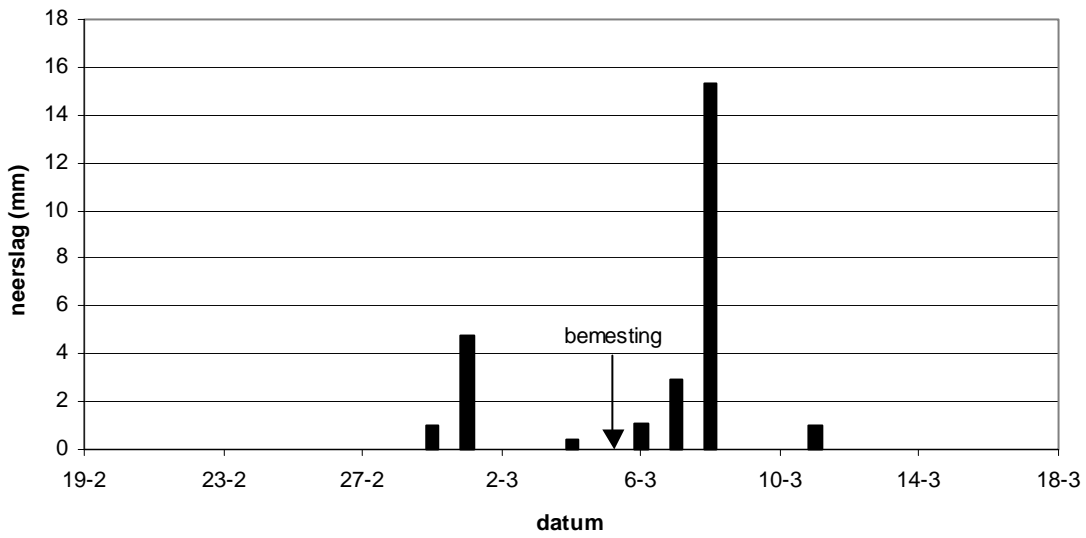
Figuur 9 Verdeling neerslag (mm) over de maanden in 2003 en gemiddeld over de periode 1971-2000



Figuur 10 Opbouw cumulatieve neerslagoverschot (mm) over de maanden in 2003



Figuur 11 Neerslag (mm) gedurende twee weken voor en na de toediening van drijfmest op 5-3-2003



Figuur 12 Neerslag (mm) gedurende twee weken voor en na de toediening van drijfmest op 24-6-2003

