



Rapport 19

# Stikstofopname door gras uit vijf co-vergiste varkensdrijfmesten in een geconditioneerde potproef



November 2006





## **Colofon**

### **Uitgever**

Animal Sciences Group / Veehouderij  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.po.asg@wur.nl](mailto:info.po.asg@wur.nl)  
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

### **Redactie**

Communication Services

### **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

## **Referaat**

ISSN 1570-8616

De Boer H.C., Timmerman M. (Divisie Veehouderij)  
Titel: Stikstofopname door gras uit vijf co-vergiste varkensdrijfmesten in een geconditioneerde potproef (2006)

Rapport 19, 14 pagina's, 9 tabellen, 1 figuur

Co-vergisting van varkensdrijfmest verhoogde de drogestof- en N-opbrengst van gras in een geconditioneerde potproef van 15 weken

**Trefwoorden:** co-vergist, co-vergisting, digestaat, N-recovery, varkensdrijfmest



Rapport 19

# Stikstofopname door gras uit vijf co-vergiste varkensdrijfmesten in een geconditioneerde potproef

H.C. de Boer  
M. Timmerman

November 2006

## **Voorwoord**

Het voorliggende onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM). Een speciaal woord van dank voor Jaap Nelemans en zijn collega's van de sectie Bodemkwaliteit (Wageningen Universiteit), die gedurende anderhalf jaar de vijf sessies van de potproef nauwgezet hebben uitgevoerd en verzorgd. Daarnaast ook voor onze statisticus Geert André, die met zijn advies vooraf en analyse achteraf een belangrijke bijdrage heeft geleverd aan het opleveren van betrouwbare resultaten.

## Samenvatting

In Nederland is het vervoeren en verkopen van co-vergiste drijfmest als meststof of organisch bodemverbeterend middel verboden, tenzij het co-product op de 'positieve lijst' staat of wanneer het ministerie van LNV een ontheffing van de Meststoffenwet heeft verleend. Om ontheffing te krijgen, dient onder andere aangetoond te worden dat de co-vergiste drijfmest een 'landbouwkundige werking' heeft, ofwel waarde heeft als meststof. Om dit aan te tonen, is door de ASG tussen december 2004 en mei 2006 een potproef met gras onder volledig geconditioneerde omstandigheden uitgevoerd. In dit onderzoek werd de opbrengst en stikstof(N)opname door gras uit vijf verschillende co-vergiste varkensdrijfmesten en hun onvergiste uitgangsvaariant in vijf opeenvolgende identieke groeisessies vergeleken. De vijf gebruikte co-producten waren achtereenvolgens Beukergist (gist bevattend bijproduct van de productie van alcohol uit vloeibaar tarwezetmeel), Aardappelzetmeelslib (zetmeel bevattend proceswater van aardappelverwerkende fabriek), Kwalizuivel (afgekeurde zuivelproducten), Maisweekwater (zetmeel bevattend bijproduct van zetmeeeextractie uit maïskorrels) en Rodekoolconcentraat (bewerkt en ingedikt rodekoolsap). De gebruikte koppels drijfmest waren afkomstig uit een parallel lopend onderzoek naar de potentiële gasproductie van de vijf co-producten op Praktijkcentrum Sterksel (Noord-Brabant). De verblijftijd van de mest in de vergister bedroeg 58-60 dagen, en de organische stofbelasting was 1,21 tot 1,50 kg organische stof per m<sup>3</sup> mengsel per dag. In de potproef werd omgerekend ruim 30 ton drijfmest ha<sup>-1</sup> toegediend door de drijfmest met een zandgrond te mengen. Het gras werd 5, 10 en 15 weken na het zaaien geoogst.

Uit de resultaten blijkt dat als gevolg van co-vergisting de drogestofopbrengst van de eerste snede toenam van gemiddeld 5,5 tot 6,1 ton ha<sup>-1</sup>, een toename van 0,6 ton (0,3 tot 1,3 ton). De opbrengst van de tweede snede nam toe van gemiddeld 2,1 tot 2,5 ton ha<sup>-1</sup>, een toename van 0,4 ton (0,1 tot 0,5 ton). De opbrengst van de derde snede nam licht toe van 0,8 ton tot 0,9 ton ha<sup>-1</sup>, een toename van 0,1 ton (-0,2 tot 0,2 ton). Als gevolg van co-vergisting nam de opbrengst over de hele groeiduur toe van gemiddeld 9,6 tot 10,8 ton ha<sup>-1</sup>, een toename van 1,2 ton (0,6 tot 2,1 ton). De N-opbrengst van de eerste snede nam als gevolg van co-vergisting toe van gemiddeld 92 tot 112 kg ha<sup>-1</sup>, een toename van 20 kg (17 tot 24 kg). In de tweede snede nam de N-opbrengst toe van gemiddeld 19 tot 21 kg ha<sup>-1</sup> een toename van 2 kg (1 tot 3 kg). In de derde snede was er met gemiddeld 8 kg N ha<sup>-1</sup> geen verschil in N-opbrengst (-2 tot 1 kg). De totale N-opbrengst over de groeiperiode nam toe van gemiddeld 125 tot 148 kg ha<sup>-1</sup>, een toename van 23 kg (19 tot 29 kg). De schijnbare N-benutting in de eerste snede nam als gevolg van co-vergisting toe van gemiddeld 39 tot 50%, een toename van 11% (10 tot 13%). Dit betekent dat als gevolg van co-vergisting de N-opname toenam van 39 tot 50 kg N per 100 kg gegeven N. In de tweede snede nam de N-benutting toe van gemiddeld 7 tot 9%, een toename van 2% (0 tot 2%). In de derde snede was er met 3% geen verschil in N-benutting (-1 tot 1%). De N-benutting over de hele groeiduur nam als gevolg van co-vergisting toe van gemiddeld 51 tot 65%, een toename van 14% (11 tot 16%). Daarmee was de totale N-benutting van co-vergiste drijfmest maar iets lager dan de N-benutting van KAS (68%). De belangrijkste resultaten zijn gegeven in de onderstaande tabel.

	Type drijfmest	Snede 1	Snede 2	Snede 3	Totaal <sup>1)</sup>
Drogestofopbrengst (ton ha <sup>-1</sup> )	onvergist	5,5	2,1	0,8	9,6
	co-vergist	6,1	2,5	0,9	10,8
N-opbrengst (kg ha <sup>-1</sup> )	onvergist	92	19	8	125
	co-vergist	112	21	8	148
N-benutting (%)	onvergist	39	7	3	51
	co-vergist	50	9	3	65

<sup>1)</sup> Totaal is incl. de stoppel, geoogst met de derde snede

Gezien het effect van co-vergisting op opbrengst, N-opbrengst en N-benutting was co-vergiste varkensdrijfmest in dit onderzoek als N-meststof waardevoller dan de onvergiste uitgangsmest. Niet alleen werd over de hele groeiperiode meer N geleverd, de levering was ook een stuk sneller. De snellere levering van N in de eerste snede had geen negatief effect op de nalevering in de tweede en derde snede; in de tweede snede was de nalevering groter en in de derde snede was er geen verschil. Co-vergisting met Kwalizuivel of Maisweekwater leek een groter positief effect op de drogestof- en N-opbrengst van de eerste snede te hebben dan co-vergisting met de andere producten. Bij bemesting met co-vergiste drijfmest hoeft, op basis van deze resultaten, minder mest toegediend te worden om dezelfde opbrengst te behalen. Wordt er door veehouders of akkerbouwers een aanvullende gift met KAS gegeven, dan kan deze verlaagd worden. De snellere werking van de N uit co-vergiste drijfmest maakt deze meststof geschikter voor toediening aan bepaalde akkerbouwgewassen dan de onvergiste uitgangsmest.

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methoden</b> .....	<b>2</b>
2.1	Proefopzet .....	2
2.2	Drijfmest .....	2
2.3	Grond .....	3
2.4	Bemesting .....	3
2.5	Uitvoering van een sessie .....	3
2.6	Klimaatinstellingen .....	4
2.7	Statistische analyse .....	4
<b>3</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>5</b>
3.1	Drijfmest .....	5
3.2	Grond .....	6
3.3	Drogestofopbrengst .....	7
3.4	N-opbrengst .....	8
3.5	Effect sessie op effect co-vergisting op drogestofopbrengst .....	9
3.6	Effect sessie op effect co-vergisting op N-opbrengst .....	9
3.7	Schijnbare N-benutting .....	10
<b>4</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>13</b>
	<b>Literatuur</b> .....	<b>14</b>

## 1 Inleiding

Mestvergisting is een proces waarbij micro-organismen organische stof uit dierlijke mest omzetten in biogas (circa 60% methaan en 40% koolstofdioxide). Het biogas dient als brandstof voor een warmtekrachtkoppelinginstallatie (WKK), waarmee elektriciteit en warmte worden geproduceerd. Bij mestvergisting op een varkensbedrijf kan de elektriciteit deels op het eigen bedrijf worden ingezet en deels als groene stroom aan het net worden geleverd. De warmte kan gebruikt worden om stallen te verwarmen. Door levering van groene stroom worden varkenshouders netto producenten van duurzame energie en verbreden daarmee de economische basis van hun bedrijf.

Mestvergisting kan meerdere positieve neveneffecten hebben. Vergisting leidt netto tot een afname van de uitstoot van broeikasgassen. Dit komt vooral doordat bij de productie van elektriciteit geen extra CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer wordt toegevoegd. Dit is bij conventionele productie van elektriciteit uit fossiele grondstoffen wel het geval. Tijdens vergisting kunnen onkruidzaden en ziektekiemen in de mest beschadigd of gedood worden. Na vergisting is de mest doorgaans homogener en vloeibaarder. Door afbraak van vluchtige vetzuren en andere geurstoffen kan de geuroverlast voor de omgeving na het uitrijden van drijfmest afnemen. Vergisting kan verder een positief effect hebben op de waarde van drijfmest als meststof. Door de afbraak van organische stof kunnen de aanwezige nutriënten, bijvoorbeeld N, sneller opgenomen worden door gewassen. Als gevolg hiervan hoeft minder N met kunstmest aangevoerd te worden. Dit heeft een directe kostenbesparing en een indirecte energiebesparing (kunstmestproductie) tot gevolg.

Vergisting van alleen drijfmest is economisch niet rendabel. De terugverdientijd van een vergistinginstallatie is dan voor varkensbedrijven meer dan 15 jaar. Vergisting wordt pas economisch interessant als extra energie in de vorm van co-producten aan de mest wordt toegevoegd. Hierdoor wordt een betere verhouding verkregen tussen de micro-organismen (uit mest) en de organische stof (uit co-producten). Biogasopbrengst, energieproductie en rendement nemen daardoor fors toe, en de terugverdientijd neemt af. Co-producten kunnen afkomstig zijn uit reststromen van de levensmiddelenindustrie, uit organische reststromen (bijvoorbeeld oogstresten, bermgras, natuurgras) of uit speciaal geteelde energiegewassen. Restproducten kunnen door co-vergisting op een duurzame manier worden hergebruikt.

In Nederland mogen meststoffen alleen vervoerd of verkocht worden als ze op de Lijst van Meststoffen van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) voorkomen. Tot begin 2004 kwam co-vergiste mest niet op deze lijst voor, wat een belemmering vormde voor de realisatie van vergistinginstallaties op boerderijniveau. Om deze belemmering weg te nemen, heeft de Minister van LNV in 2004 bepaalde soorten co-vergiste mest opgenomen op deze lijst. De producten die met mest vergist mogen worden, staan op de zogenaamde Positieve Lijst, en de geproduceerde co-vergiste mest mag als meststof worden afgezet (LNV, 2004). Het is mogelijk dat nieuwe producten aan deze lijst worden toegevoegd. Hiervoor moet het product worden aangemeld bij het Ministerie van LNV en moet een beoordelingsprocedure worden doorlopen. Een positieve beoordeling resulteert in opname op de Positieve Lijst.

Het doel bij start van het voorliggende onderzoek was om de landbouwkundige werking van co-vergiste varkensdrijfmest, vergist met een aantal bijproducten uit de levensmiddelenindustrie, als N-meststof vast te stellen. Bij start van het onderzoek was het de bedoeling om de resultaten te gebruiken bij de beoordelingsprocedure voor opname van deze producten op de Positieve Lijst. Hiervoor is tussen december 2004 en mei 2006 een potproef met gras uitgevoerd. Meerjarig veldonderzoek is in principe de meest passende manier van onderzoek, maar was gezien het budget en praktische beperkingen niet haalbaar. Gras werd gekozen als gewas, omdat gras een sterke N-respons heeft, in staat is om veel N op te nemen (intensieve beworteling) en meerdere malen geoogst kan worden.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Proefopzet

Het onderzoek is uitgevoerd als een potproef met gras in een volledig geconditioneerde klimaatcel. Er waren twaalf behandelingen: vijf koppels co-vergiste drijfmesten en hun uitgangsmest, een blanco controle (geen N-bemesting) en een kunstmestcontrole (KAS). De drijfmesten waren afkomstig uit een parallel lopend onderzoek naar de gasproductie van vijf verschillende co-producten op Praktijkcentrum Sterksel (Sterksel, Noord-Brabant). De co-producten waren achtereenvolgens Beukergist (1), Aardappelzetmeelslib (2), Kwalizuivel (3), Maisweekwater (4) en Rodekoolconcentraat (5). Beukergist bevat gist en komt vrij bij de winning van alcohol uit vloeibaar tarwezetmeel. Aardappelzetmeelslib wordt gewonnen uit het proceswater van een aardappelverwerkende fabriek. Kwalizuivel is een mix van diverse afgekeurde zuivelproducten van een zuivelverwerkende fabriek. De reden van afkeur is het bereiken van de houdbaarheidsdatum of een productiefout. Het gehele assortiment (drinkyoghurt, chocomel, vla enz.) kan in de Kwalizuivel terecht komen en daarom was het ingangsmateriaal van dit co-product wisselend. Maisweekwater komt vrij bij de winning van zetmeel uit korrelmaïs. Rodekoolconcentraat ontstaat bij de winning van kleurstof uit rodekool. Het product bestaat uit geconcentreerd sap waaruit de kleurstof is verwijderd. De genoemde co-producten werden in vijf opeenvolgende identieke sessies vergist. Enkele karakteristieken van deze vijf sessies zijn weergegeven in Tabel 1. De opzet en resultaten van de eerste vier vergistingssessies zijn gerapporteerd in Timmerman et al. (2006).

**Tabel 1** Enkele karakteristieken van de vijf sessies met co-vergisting

Parameter	Sessie				
	1	2	3	4	5
Gemiddelde verblijftijd (dagen)	58	60	58	58	58
Drijfmest (m <sup>3</sup> dag <sup>-1</sup> )	7,60	7,87	7,61	8,06	8,31
Co-product (m <sup>3</sup> dag <sup>-1</sup> )	1,50	0,92	1,48	1,00	0,81
Aanvoer organische stof met mest (kg dag <sup>-1</sup> )	451	511	433	463	338
Aanvoer organische stof met co-product (kg dag <sup>-1</sup> )	210	278	202	301	317
Organische stofbelasting (kg os m <sup>-3</sup> dag <sup>-1</sup> )	1,26	1,50	1,21	1,45	1,25

Als een vergistingssessie was afgerond, werd het betreffende koppel drijfmesten aangeleverd en werd een groeisessie in de klimaatcel ingezet. Iedere sessie bestond uit zes potten: één pot met de blanco controle, één pot met de kunstmestcontrole, twee potten met de uitgangsmest en twee potten met de co-vergiste drijfmest. Een groeisessie duurde 15 weken; het totale onderzoek duurde van december 2004 tot mei 2006. De instellingen van de klimaatcel waren bij alle sessies gelijk.

### 2.2 Drijfmest

Een vergistingssessie duurde negen weken. Gedurende het onderzoek is alleen mest van vleesvarkens vergist. De aanwezige vleesvarkens kregen brijvoer of droogvoer verstrekt. Deze twee voersoorten geven mestsoorten die onder andere verschillen in drogestofgehalte. De twee mestsoorten werden op Praktijkcentrum Sterksel in de verhouding 4:1 geproduceerd tijdens de eerste drie sessies en in de verhouding 2:1 tijdens de laatste twee sessies. Vanuit praktisch oogpunt werd daarom vier dagen achtereen brijvoermest naar de vergister gepompt, gevolgd door één dag droogvoermest. De mest werd iedere ochtend in de vergister gepompt. De hoeveelheid co-product werd dagelijks in acht gelijke porties naar de vergister gepompt op dezelfde tijdstippen als er gemixt werd. Elk co-product werd gedurende negen weken co-vergist, waarbij in de eerste twee weken de hoeveelheid werd opgebouwd naar de maximale hoeveelheid.

Iedere week werden alle ingaande stromen (brijvoermest, droogvoermest, co-product) bemonsterd. Iedere drie weken werd van deze monsters een mengmonster gemaakt. De ingaande meststromen (brijvoermest : droogvoermest) werden daarbij gemengd in de juiste verhouding, 4:1 bij de eerste drie sessies en 2:1 bij de laatste twee. Vervolgens werden de drie mengmonsters gemengd. Dit laatste mengmonster representeerde de ingaande drijfmest. Het co-product werd iedere drie weken gemengd in de verhouding 1:1. In week negen werd een monster co-vergiste drijfmest genomen uit de volledig geroerde vergister. Dit monster representeerde de co-vergiste drijfmest. De drijfmest en co-producten werden bij het A&F laboratorium te Wageningen geanalyseerd op dichtheid, drogestof, organische stof, N-totaal, N-NH<sub>4</sub>, P-totaal, K-totaal en pH.



## 2.3 Grond

In alle groeisessies werd gebruik gemaakt van dezelfde partij grond, afkomstig van de bovenlaag (0-20 cm) van een arme zandgrond op Droevendaal, Wageningen. De uitgangspartij werd in duplo bemonsterd en per monster geanalyseerd op pH-KCl, gloeiverlies, C-Kurmies, CaCO<sub>3</sub> (Scheibler), N-totaal, P-totaal, K-totaal, pH-CaCl<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>-CaCl<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>-CaCl<sub>2</sub>, Nts-CaCl<sub>2</sub>, P-CaCl<sub>2</sub>, K-CaCl<sub>2</sub> en Na-CaCl<sub>2</sub>. Tevens werd de granulaire samenstelling bepaald door middel van de klassieke bezinkingsmethode.

## 2.4 Bemesting

Uitgezonderd de blanco werden de potten bij het inzetten éénmalig bemest met omgerekend 120 kg minerale N ha<sup>-1</sup>. Bij de behandelingen met drijfmest werd de hoeveelheid N-NH<sub>4</sub> in het centrifugevocht bepaald. Op basis daarvan werd de hoeveelheid toe te dienen drijfmest vastgesteld. Een gift van 120 kg ha<sup>-1</sup> kan vergeleken worden met een ruime praktijkgift voor de eerste snede gras. P en K werden in overmaat toegediend, zodat hun niveau niet beperkend zou zijn voor de grasgroei en daarmee van invloed op de behandelingen. Iedere pot kreeg een startbemesting van omgerekend 100 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 200 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O. Fosfaat werd toegediend als tripelsuperfosfaat (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) en kali als kalisulfaat (50% K<sub>2</sub>O, 44% SO<sub>3</sub>). Verder kreeg iedere pot ook 40 ml 0,5 M CaCl<sub>2</sub>, 5 ml sporenelementen en 5 ml FeEDTA toegediend. Meteen na de eerste en tweede oogst werd met het gietwater nog eens 50 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 150 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O toegediend in de vorm van achtereenvolgens tripelsuperfosfaat en kalisulfaat. De uitgangspartij KAS werd door middel van extractie met water geanalyseerd op N-NO<sub>3</sub> en N-NH<sub>4</sub>. Gemiddeld bleek de KAS 27,5% N te bevatten, bestaande uit 49% NO<sub>3</sub> en 51% NH<sub>4</sub>.

## 2.5 Uitvoering van een sessie

De proef werd ingezet in stalen Mitscherlich-potten (hoogte 20 cm, diameter 20 cm, inhoud 6,28 l). Vier kg luchtdroge zandgrond werd goed gemengd met 4x160=640 ml gedemineraliseerd water. De vochtige grond werd vervolgens in de potten gedaan en licht aangedrukt. Na het aandrukken werd de vloeibare basisbemesting samengesteld. Vervolgens werd de vloeistof met gedemineraliseerd water aangevuld tot een hoeveelheid van (2x160=) 320 ml minus de hoeveelheid drijfmest bij de drijfmestbehandelingen. Aan twee kg luchtdroge grond werd de basisbemesting fosfaat en kali en de eventuele bemesting met KAS toegediend. Vervolgens werd achtereenvolgens de drijfmest en het water met de vloeibare basisbemesting aan de 2 kg grond toegediend. Het geheel werd goed gemengd, in de potten gedaan en licht aangedrukt. Er werd steeds zorg gedragen dat er geen verontreiniging tussen bemestingsbehandelingen plaatsvond. Na het vullen van de potten met de mengsels was de vochttoestand van de grond ongeveer 60% van de veldcapaciteit (260 g H<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> luchtdroge grond). De bovenlaag van de grond werd licht losgemaakt en er werd 1180 gram kwartzand op 60% van de veldcapaciteit (300 g H<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> luchtdroge grond) aangebracht. Deze laag werd licht aangedrukt en vervolgens weer losgemaakt met een pincet. Daarna werd de gietkoker, voor dagelijkse toediening van water, in het midden van de pot aangebracht. Vervolgens werd, regelmatig verdeeld over de potoppervlakte, vier gram zaad van Engels raaigras (cv. 'Pomposo') gezaaid. Het zaad werd licht afgedekt met 100 g droog kwartzand per pot. De potten werden gewogen en het potgewicht werd met een niet-afwasbare stift op de pot genoteerd. Na een lichte bevochtiging van de potten werden deze in de klimaatcel gezet en afgedekt met een stuk doorzichtig plastic. Het plastic diende om uitdroging van de potten tijdens de kiemfase te voorkomen, zodat tot het moment van opkomst geen water hoefde te worden gegeven. Na opkomst werden de potten iedere dag gewogen en werd het verloren gewicht, vergeleken met de weging van de vorige dag, aangevuld met gedemineraliseerd water. Bij het water geven werden de potten willekeurig van plaats verwisseld. De potten werden 5, 10 en 15 weken na het inzetten geoogst. Bij oogst werd het gras op circa 6 cm hoogte geknipt. Bij de laatste oogst werd ook de stoppel geoogst, door deze juist boven de grond af te knippen. Bij geen van de oogsten werden de wortels geoogst. De verse opbrengst werd gewogen, gedurende 24 uur gedroogd bij 70 °C en teruggewogen. De droge monsters werden geanalyseerd op vocht (105 °C), N-totaal en P-totaal. Om te kunnen beoordelen of de kaligift voldoende was, werd de eerste snede van de eerste sessie ook geanalyseerd op K-totaal. De K-gehalten waren met 25-31 g kg<sup>-1</sup> drogestof voldoende hoog. Daarom werd de K-bemesting van de volgende sneden en sessies niet aangepast.

**Figuur 1.** Grasgroei eerste sessie, 32 dagen na zaaien



## 2.6 Klimaatinstellingen

De klimaatcel werd ingesteld op een dag/nacht lengte van 16/8 uur (dag: 6 - 22 uur) en een temperatuurregime dag/nacht van 20/18 °C. De luchtvochtigheidsgraad werd ingesteld op 80%. De lichtintensiteit bedroeg op gewashoogte 70 W m<sup>2</sup>. Het licht werd geproduceerd door een combinatie van twee typen lampen: de Philips HPL Lux 400 W en Philips SON-T 400 W. De bovenstaande instellingen waren bij iedere groeisessie gelijk.

## 2.7 Statistische analyse

De drogestof- en N-opbrengsten per snede werden geanalyseerd met behulp van REsidual Maximum Likelihood (REML). Bij deze manier van analyseren wordt rekening gehouden met de heterogeniteit in variantie tussen sneden en de onderlinge afhankelijkheid van de snedeopbrengsten per pot.

Onderstaand het fixed en random model:

Fixed: Ct + ST + B + ST.B + B.S + ST.B.S + B.S.C + B.S.P + ST.B.S.C + ST.B.S.P + B.S.C.P + ST.B.S.C.P

Random: Potnummer.ST

Met factoren (en niveaus):

Ct = constante  
ST = snede (1, 2, 3 en 4 (=stoppel))  
B = bemesting (wel of niet)  
S = soort bemesting (KAS of drijfmest)  
C = behandeling (onvergist of co-vergist)  
P = sessienummer (1, 2, 3, 4, 5)

De REML-analyse is uitgevoerd met behulp van het statistische pakket Genstat 8 (versie 8.1.0.155).

### 3 Resultaten

#### 3.1 Drijfmest

Als gevolg van co-vergisting nam het gehalte organische stof in de co-vergiste drijfmest, vergeleken met de uitgangsmest, af met gemiddeld 46% (17 tot 62%) (Tabel 2) (procentuele verschillen zijn bij deze en de volgende resultaten altijd de verschillen tussen niet-afgeronde getallen, en kunnen daarom verschillen van procentuele verschillen tussen afgeronde getallen). Het N-totaalgehalte was in de co-vergiste drijfmest gemiddeld 2% lager (-15 tot 22%). Het NH<sub>4</sub>-gehalte was gemiddeld 14% hoger (1-32%). Het P-totaalgehalte daalde met gemiddeld 9% (-37 tot 37%) en het K-totaalgehalte steeg met gemiddeld 6% (-11 tot 31%). In Tabel 2 is volledigheidshalve ook de samenstelling van het co-product gegeven.

**Tabel 2** Samenstelling van de gebruikte uitgangsmest, de co-producten en de co-vergiste drijfmest

Sessie	Type product	Dichtheid	Droge stof	Org. stof	PH	N-totaal	N-NH <sub>4</sub>	P-totaal	K-totaal
1	Ingaande mest <sup>1)</sup>	1,03	74	57	7,4	5,9	3,6	1,3	3,8
	Beukergist <sup>2)</sup>	1,04	166	134	3,6	6,7	0,2	1,7	2,9
	Co-vergiste mest <sup>3)</sup>	1,03	37	22	8,3	5,5	4,1	0,8	3,7
2	Ingaande mest	1,04	81	63	7,2	6,6	4,2	1,3	4,0
	Aardappelzetmeelslib	1,12	286	269	3,6	3,3	0,1	0,5	1,4
	Co-vergiste mest	1,03	51	35	8,4	5,6	4,2	1,0	3,6
3	Ingaande mest	1,03	71	55	7,0	5,7	3,7	1,2	3,5
	Kwalizuivel	1,00	141	136	3,6	2,8	0,1	0,5	0,9
	Co-vergiste mest	1,03	44	30	7,0	5,4	4,1	1,0	3,4
4	Ingaande mest	1,02	74	56	7,2	6,6	4,3	1,3	4,0
	Maisweekwater	1,16	373	261	4,3	17,8	0,5	9,8	13,9
	Co-vergiste mest	1,02	40	22	8,5	6,3	4,9	1,2	4,4
5	Ingaande mest	1,03	53	39	7,2	5,3	3,6	0,9	3,3
	Rodekoolconcentraat	1,22	356	324	3,4	9,6	1,0	1,8	13,0
	Co-vergiste mest	1,04	51	33	8,1	6,5	4,8	1,3	4,4

<sup>1)</sup> gemiddelde samenstelling ingaande mest van 9 weken

<sup>2)</sup> gemiddelde samenstelling co-product van 9 weken

<sup>3)</sup> samenstelling week 9

Omdat het N-NH<sub>4</sub>-gehalte van de co-vergiste mest meestal hoger was, werd meestal minder co-vergiste mest dan uitgangsmest toegediend (Tabel 3). Bij de verdere verwerking van de opbrengstgegevens zijn deze bij de behandelingen met drijfmest gestandaardiseerd op een N-totaalgift van 0,5655 g N pot<sup>-1</sup> of 180 kg N ha<sup>-1</sup>. Deze standaardisatie betekent dat de opbrengsten bij een N-totaalgift lager of hoger dan 180 kg N ha<sup>-1</sup> werden vermenigvuldigd met de factor (180/ werkelijke N-totaalgift). De standaardisatie werd uitgevoerd door per sessie eerst de opbrengst van de controle op de opbrengst van een behandeling in mindering te brengen, vervolgens de behandelingsopbrengst te standaardiseren, en daarna de opbrengst van de controle weer bij de gestandaardiseerde behandelingsopbrengst op te tellen. De KAS-gift was bij alle sessies al gelijk met een N-gift van 0,3765 g N pot<sup>-1</sup> of 120 kg N ha<sup>-1</sup>.

**Tabel 3** Toegediende hoeveelheid drijfmest (ml pot<sup>-1</sup> en m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) per soort per sessie

Sessie	Datum inzetten	Soort drijfmest	Co-product	Hoeveelheid	
				ml pot <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
1	16-12-2004	onvergist	Geen	111	35,3
		co-vergist	Beukergist	98	31,2
2	11-3-2005	onvergist	Geen	93	29,6
		co-vergist	Aardappelzetmeelslib	94	29,9
3	4-7-2005	onvergist	Geen	118	37,6
		co-vergist	Kwalizuivel	100	31,8
4	3-11-2005	onvergist	Geen	89	28,3
		co-vergist	Maisweekwater	82	26,1
5	23-1-2006	onvergist	Geen	105	33,4
		co-vergist	Rodekoolconcentraat	85	27,1

### 3.2 Grond

De gebruikte grond was afkomstig uit de bovenlaag (0-20 cm) van een arme zandgrond op Droevendaal, Wageningen. De zandgrond bevatte geen klei en was relatief grof van samenstelling. De C/N-verhouding van de grond was met 22,5 zeer hoog; in een vruchtbare en actieve zandgrond ligt de C/N-verhouding meestal tussen de 10 en 15. Bij een hoge C/N-verhouding kan relatief veel van de toegediende N in eerste instantie in de grond vastgelegd worden (=immobilisatie). Een hoge C/N-verhouding kan verder ook wijzen op relatief veel oud en slecht verteerbaar organisch materiaal in de grond.

**Tabel 4** Resultaten grondanalyse

Parameter	Eenheid	Waarde
pH-KCl	-log[H <sup>+</sup> ]	5,2
Organische stof	%	2,8
C-totaal	g C kg <sup>-1</sup> droge grond	17,8
CaCO <sub>3</sub>	%	0
N-totaal	g N kg <sup>-1</sup> droge grond	0,79
P-totaal	g P kg <sup>-1</sup> droge grond	0,65
K-totaal	g K kg <sup>-1</sup> droge grond	0,81
<i>0,01 M CaCl<sub>2</sub>-extractie</i>		
pH	-log[H <sup>+</sup> ]	5,5
N-NH <sub>4</sub>	mg N kg <sup>-1</sup> droge grond	1,2
N-NO <sub>3</sub>	mg N kg <sup>-1</sup> droge grond	6,0
Nts	mg N kg <sup>-1</sup> droge grond	12,5
P	mg P kg <sup>-1</sup> droge grond	1,6
K	mg K kg <sup>-1</sup> droge grond	35,0
Na	mg Na kg <sup>-1</sup> droge grond	5,1
<i>Granulaire samenstelling</i>		
< 2 µm	%	3
< 16 µm	%	6
< 50 µm	%	8
> 50 µm	%	89

### 3.3 Drogestofopbrengst

Om de vergelijking met praktijkwaarden makkelijker te maken, zijn alle opbrengsten omgerekend van g pot<sup>-1</sup> naar ton ha<sup>-1</sup>. Uit de statistische analyse bleek dat er sprake was van een significante interactie ( $P < 0,001$ ) van de term snede x bemesting x soort bemesting x behandeling x sessienummer. Met andere woorden, de drogestofopbrengst per snede was afhankelijk van het wel of niet bemesten, de soort bemesting, het wel of niet vergisten en de sessie. Omdat de variantie afhankelijk was van het opbrengstniveau en per snede verschilde, gaf de analyse drie SED's (Standard Errors of Deviation) en drie bijbehorende LSD's (Least Significant Differences). De LSD's waren achtereenvolgens 0,44, 0,27 en 0,10 ton drogestof ha<sup>-1</sup> voor de eerste, tweede en derde snede. De LSD van de derde snede en de stoppel was gelijk.

Als gevolg van co-vergisting nam de opbrengst van de eerste snede toe van gemiddeld 5,5 tot 6,1 ton ha<sup>-1</sup>, een toename van 11% (4 tot 22%) (Tabel 5). De opbrengst van de tweede snede nam toe van gemiddeld 2,1 tot 2,5 ton ha<sup>-1</sup>, een toename van 17% (6 tot 27%). De opbrengst van de derde snede nam toe van gemiddeld 0,8 tot 0,9 ton ha<sup>-1</sup>, een toename van 6% (-21 tot 21%). De totale opbrengst van drie sneden plus de stoppel nam toe van gemiddeld 9,6 tot 10,8 ton ha<sup>-1</sup>, een toename van 12% (5 tot 21%).

De toename van de opbrengst van de eerste snede als gevolg van co-vergisting was bij sessie 1 (Beukergist) en sessie 5 (Rodekoolconcentraat) niet significant. De opbrengsttoename van de tweede snede was bij sessie 5 ook niet significant. Bij de derde snede was de toename niet significant bij sessie 1 en 2 en was er bij sessie 5 sprake van een significante afname.

**Tabel 5** Drogestofopbrengst (ton ha<sup>-1</sup>) per behandeling, per snede en totaal

Snede	Gras/stoppel	Sessie	Type co-product	Blanco	Kunstmest	Uitgangsmest	Co-vergiste mest
1	gras	1	Beukergist	1,48	3,69 <sup>1)</sup>	3,82 <sup>a</sup>	4,07 <sup>a</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	1,96	5,36	5,41 <sup>a</sup>	6,06 <sup>b</sup>
		3	Kwalizuivel	2,02	5,95	5,92 <sup>a</sup>	7,20 <sup>b</sup>
		4	Maisweekwater	2,26	6,05	5,88 <sup>a</sup>	6,61 <sup>b</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	1,98	5,95	6,35 <sup>a</sup>	6,61 <sup>a</sup>
2	gras	1	Beukergist	0,64	1,83	2,10 <sup>a</sup>	2,46 <sup>b</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	0,51	2,10	1,81 <sup>a</sup>	2,30 <sup>b</sup>
		3	Kwalizuivel	0,42	2,02	2,06 <sup>a</sup>	2,43 <sup>b</sup>
		4	Maisweekwater	0,46	1,99	2,15 <sup>a</sup>	2,54 <sup>b</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	0,50	2,15	2,40 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>
3	gras	1	Beukergist	0,21	0,48	0,73 <sup>a</sup>	0,85 <sup>b</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	0,25	0,59	0,82 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>
		3	Kwalizuivel	0,25	0,76	0,80 <sup>a</sup>	0,97 <sup>b</sup>
		4	Maisweekwater	0,29	0,82	0,77 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	0,33	0,82	0,95 <sup>a</sup>	0,75 <sup>b</sup>
	stoppel	1	Beukergist	0,49	1,05	0,97 <sup>a</sup>	0,82 <sup>b</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	0,48	1,06	1,20 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>
		3	Kwalizuivel	0,40	1,24	1,14 <sup>a</sup>	1,37 <sup>b</sup>
		4	Maisweekwater	0,68	1,34	1,27 <sup>a</sup>	1,50 <sup>b</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	0,58	1,39	1,30 <sup>a</sup>	1,67 <sup>b</sup>
Totaal		1	Beukergist	2,82	7,05	7,62	8,21
		2	Aardappelzetmeelslib	3,20	9,11	9,24	10,51
		3	Kwalizuivel	3,08	9,96	9,92	11,98
		4	Maisweekwater	3,70	10,20	10,07	11,49
		5	Rodekoolconcentraat	3,40	10,31	11,01	11,57

<sup>1)</sup> niet meegenomen in de statistische analyse, gestandaardiseerd residu > 7x de standaardafwijking

<sup>a)</sup> een verschil in letter(s) tussen de uitgangsmest en de co-vergiste drijfmest geeft, binnen een sessie en een snede, een significant verschil weer ( $P < 0,05$ )

### 3.4 N-opbrengst

Om de vergelijking met praktijkomstandigheden makkelijker te maken, zijn alle opbrengsten omgerekend van g pot<sup>-1</sup> naar kg ha<sup>-1</sup>. Uit de statistische analyse bleek dat er sprake was van een significante interactie ( $P < 0,001$ ) van de term snede x bemesting x soort bemesting x behandeling x sessienummer. De LSD's voor de eerste, tweede en derde snede en de stoppel waren achtereenvolgens 3,7, 2,2, 0,7 en 0,7 kg N.

Als gevolg van co-vergisting nam de N-opbrengst van de eerste snede toe van gemiddeld 92 tot 112 kg ha<sup>-1</sup>, een toename van 23% (19 tot 28%) (Tabel 6). De N-opbrengst van de tweede snede nam toe van gemiddeld 19 tot 21 kg ha<sup>-1</sup>, een toename van 14% (4 tot 20%). De N-opbrengst van de derde snede was met 8 kg ha<sup>-1</sup> gelijk voor onvergiste en co-vergiste drijfmest (-17 tot 13%). De totale opbrengst van drie sneden plus de stoppel nam toe van gemiddeld 125 tot 148 kg ha<sup>-1</sup>, een toename van 19% (16 tot 26%).

De toename in N-opbrengst van de eerste snede als gevolg van co-vergisting was bij alle sessies sterk significant. Bij de tweede snede was de toename van de N-opbrengst niet significant bij sessie 5 (Rodekoolconcentraat). De verschillen bij de derde snede (gras) waren alleen significant bij sessie 3 (Kwalizuivel) en 5 (Rodekoolconcentraat).

**Tabel 6** N-opbrengst (kg ha<sup>-1</sup>) per behandeling, per snede en totaal

Snede	Gras/stoppel	Sessie	Type co-product	Blanco	Kunstmest	Uitgangsmest	Co-vergiste mest
1	gras	1	Beukergist	21,0	85,6	100,3 <sup>a</sup>	119,7 <sup>b</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	22,0	83,6	90,1 <sup>a</sup>	108,6 <sup>b</sup>
		3	Kwalizuivel	19,7	76,4 <sup>1)</sup>	83,7 <sup>a</sup>	107,2 <sup>b</sup>
		4	Maisweekwater	23,1	85,5	94,6 <sup>a</sup>	118,3 <sup>b</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	20,5	80,7	89,1 <sup>a</sup>	106,6 <sup>b</sup>
2	gras	1	Beukergist	6,5	19,3	22,1 <sup>a</sup>	24,9 <sup>b</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	5,5	19,2	17,2 <sup>a</sup>	20,7 <sup>b</sup>
		3	Kwalizuivel	4,2	14,5	15,8 <sup>a</sup>	18,7 <sup>b</sup>
		4	Maisweekwater	4,6	16,6	18,3 <sup>a</sup>	20,9 <sup>b</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	4,7	16,9	19,4 <sup>a</sup>	20,1 <sup>a</sup>
3	gras	1	Beukergist	2,3	5,0	7,7 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	2,2	5,3	7,6 <sup>a</sup>	7,1 <sup>a</sup>
		3	Kwalizuivel	2,1	6,1	7,6 <sup>a</sup>	8,6 <sup>b</sup>
		4	Maisweekwater	2,7	7,3	7,4 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	3,0	6,9	8,8 <sup>a</sup>	7,2 <sup>b</sup>
	stoppel	1	Beukergist	3,4	7,0	6,4 <sup>a</sup>	5,2 <sup>b</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	3,0	5,6	6,5 <sup>a</sup>	6,7 <sup>a</sup>
		3	Kwalizuivel	2,8	7,3	6,4 <sup>a</sup>	8,1 <sup>b</sup>
		4	Maisweekwater	4,3	6,9	7,0 <sup>a</sup>	7,9 <sup>b</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	3,7	7,5	7,1 <sup>a</sup>	9,8 <sup>b</sup>
Totaal		1	Beukergist	33,2	116,8	136,5	158,1
		2	Aardappelzetmeelslib	32,7	113,7	121,4	143,1
		3	Kwalizuivel	28,8	104,4	113,4	142,5
		4	Maisweekwater	34,8	116,3	127,3	154,9
		5	Rodekoolconcentraat	31,9	112,0	124,4	143,7

<sup>1)</sup> niet meegenomen in de statistische analyse, gestandaardiseerd residu > 6x de standaardafwijking

<sup>a)</sup> een verschil in letter(s) tussen de uitgangsmest en de co-vergiste drijfmest geeft, binnen een sessie en een snede, een significant verschil weer ( $P < 0,05$ )

### 3.5 Effect sessie op effect co-vergisting op drogestofopbrengst

Bij het vergelijken van het verschil in effect van sessie gelden dezelfde LSD's als bij het vergelijken van de drogestofopbrengsten tussen onvergiste en co-vergiste drijfmest. Dit zijn achtereenvolgens 0,44 en 0,27 ton voor de eerste en tweede snede. Het effect van co-vergisting op de drogestofopbrengst van de eerste snede was bij sessie 3 (Kwalizuivel) significant groter dan bij de andere sessies (Tabel 7). Bij sessie 4 (Maisweekwater) was het effect groter dan bij sessie 1 (Beukergist) en 5 (Rodekoolconcentraat). In de tweede snede was het effect van co-vergisting op de drogestofopbrengst bij sessie 2 (Aardappelzetmeelslib) significant groter dan bij sessie 5 (Rodekoolconcentraat). Verschillen in effect van co-vergisting tussen de sessies zijn niet geanalyseerd voor de derde snede en de stoppel, vanwege de zeer kleine niveaus van drogestofopbrengst en het risico van overinterpretatie.

**Tabel 7** Verschillen in effect van co-product op de drogestofopbrengst (ton ha<sup>-1</sup>) per behandeling, voor de eerste twee sneden

Snede	Gras/stoppel	Sessie	Type co-product	Uitgangsmest	Co-vergiste mest	Vershil
1	gras	1	Beukergist	3,82	4,07	0,26 <sup>a</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	5,41	6,06	0,65 <sup>ab</sup>
		3	Kwalizuivel	5,92	7,20	1,29 <sup>c</sup>
		4	Maisweekwater	5,88	6,61	0,73 <sup>b</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	6,35	6,61	0,25 <sup>a</sup>
2	gras	1	Beukergist	2,10	2,46	0,36 <sup>ab</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	1,81	2,30	0,49 <sup>b</sup>
		3	Kwalizuivel	2,06	2,43	0,38 <sup>ab</sup>
		4	Maisweekwater	2,15	2,54	0,39 <sup>ab</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	2,40	2,55	0,14 <sup>a</sup>

<sup>a)</sup> een verschil in letter(s) tussen de sessies van één snede geeft een significant verschil in effect van sessie weer (P<0,05)

### 3.6 Effect sessie op effect co-vergisting op N-opbrengst

Bij het vergelijken van het verschil in effect van sessie gelden dezelfde LSD's als bij het vergelijken van de N-opbrengsten tussen onvergiste en co-vergiste drijfmest. Dit zijn achtereenvolgens 3,7 en 2,2 kg N voor de eerste en tweede snede. Het effect van co-vergisting op de N-opbrengst van de eerste snede was bij sessie 3 (Kwalizuivel) en sessie 4 (Maisweekwater) significant groter dan bij de andere sessies (Tabel 8). In de tweede snede was het effect van co-vergisting op de N-opbrengst bij sessie 5 (Rodekoolconcentraat) significant kleiner dan bij sessie 2 (Aardappelzetmeelslib). Verschillen in effect van co-vergisting tussen de sessies zijn niet geanalyseerd voor de derde snede en de stoppel, vanwege de zeer kleine niveaus van N-opbrengst en het risico van overinterpretatie.

**Tabel 8** Verschillen in effect van co-product op de N-opbrengst (kg ha<sup>-1</sup>) per behandeling, voor de eerste twee sneden

Snede	Gras/stoppel	Sessie	Type co-product	Uitgangsmest	Co-vergiste mest	Vershil
1	gras	1	Beukergist	100,3	119,7	19,4 <sup>a</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	90,1	108,6	18,5 <sup>a</sup>
		3	Kwalizuivel	83,7	107,2	23,5 <sup>b</sup>
		4	Maisweekwater	94,6	118,3	23,7 <sup>b</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	89,1	106,6	17,5 <sup>a</sup>
2	gras	1	Beukergist	22,1	24,9	2,8 <sup>ab</sup>
		2	Aardappelzetmeelslib	17,2	20,7	3,5 <sup>b</sup>
		3	Kwalizuivel	15,8	18,7	2,9 <sup>ab</sup>
		4	Maisweekwater	18,3	20,9	2,6 <sup>ab</sup>
		5	Rodekoolconcentraat	19,4	20,1	0,7 <sup>a</sup>

<sup>a)</sup> een verschil in letter(s) tussen de sessies van één snede geeft een significant verschil in effect van sessie weer (P<0,05)

### 3.7 Schijnbare N-benutting

Door co-vergisting van drijfmest nam de schijnbare N-benutting (% opgenomen N van gegeven N) in de eerste snede toe van gemiddeld 39 tot 50%, een toename van 29% (24 tot 37%) (Tabel 9). In de tweede snede nam de schijnbare N-benutting toe van gemiddeld 7 tot 9%, een toename van 19% (5 tot 30%). In de derde snede was de schijnbare N-benutting gemiddeld 3% voor onvergiste en co-vergiste drijfmest (18 tot 26%). De totale schijnbare N-benutting van drie sneden plus de stoppel nam toe van gemiddeld 51 tot 65%, een toename van 26% (21 tot 34%). De schijnbare N-benutting van de co-vergiste drijfmest (65%) was gemiddeld maar iets lager dan van KAS (68%, exclusief uitbijter sessie 3).

**Tabel 9** Schijnbare N-benutting (%) per behandeling, per snede en totaal

Snede	Gras/stoppel	Sessie	Type co-product	Kunstmest	Uitgangsmest	Co-vergiste mest
1	gras	1	Beukergist	54	44	55
		2	Aardappelzetmeelslib	51	38	48
		3	Kwalizuivel	47 <sup>1)</sup>	36	49
		4	Maisweekwater	52	40	53
		5	Rodekoolconcentraat	50	38	48
2	gras	1	Beukergist	11	9	10
		2	Aardappelzetmeelslib	11	7	8
		3	Kwalizuivel	9	6	8
		4	Maisweekwater	10	8	9
		5	Rodekoolconcentraat	10	8	9
3	gras	1	Beukergist	2	3	3
		2	Aardappelzetmeelslib	3	3	3
		3	Kwalizuivel	3	3	4
		4	Maisweekwater	4	3	3
		5	Rodekoolconcentraat	3	3	2
	stoppel	1	Beukergist	3	2	1
		2	Aardappelzetmeelslib	2	2	2
		3	Kwalizuivel	4	2	3
		4	Maisweekwater	2	1	2
		5	Rodekoolconcentraat	3	2	3
Totaal		1	Beukergist	70	57	69
		2	Aardappelzetmeelslib	68	49	61
		3	Kwalizuivel	63 <sup>2)</sup>	47	63
		4	Maisweekwater	68	51	67
		5	Rodekoolconcentraat	67	51	62

<sup>1)</sup> waarde van achterliggende N-opbrengst een uitbijter, gestandaardiseerd residu > 6x de standaardafwijking

<sup>2)</sup> berekende waarde bevat uitbijter N-opbrengst van eerste snede



## 4 Discussie

De resultaten van dit onderzoek zijn vooral waardevol wat betreft het gemiddelde effect van co-vergisting met vloeibare co-producten, en de spreiding in effect, op N-opbrengst van een gewas. Aan het verschil in effect tussen sessies/co-producten mag niet teveel betekenis worden gehecht. Herhaling van dit type onderzoek is noodzakelijk om de indicaties van het effect van type co-product in dit onderzoek te bevestigen of te ontkrachten. Bij de resultaten moet tevens worden bedacht dat het gaat om onderzoek op één bedrijf, met één type vergister en één bepaalde samenstelling van de uitgangsmest (o.a. bepaald door samenstelling van het rantsoen van de varkens). Daarnaast is alleen de kortetermijnwerking van de drijfmesten bepaald. Op langere termijn mag verwacht worden dat de N-levering door co-vergiste drijfmest ongeveer gelijk is aan de N-levering door onvergiste drijfmest.

De resultaten van dit onderzoek dienen ter beoordeling van de landbouwkundige waarde van (co)vergiste varkensdrijfmest als N-meststof. Het onderzoek is uitgevoerd als potproef, waardoor 1:1 vertaling naar toediening met zodebemesting onder veldomstandigheden niet zondermeer mogelijk is. Onder suboptimale groeiomstandigheden in het veld kunnen de niveaus van N-opname en de verschillen anders zijn. Toediening van de gebruikte co-vergiste drijfmesten aan andere typen (zand)grond kan andere resultaten geven. In de potproef was sprake van constante condities, terwijl in het veld periodes van natheid en droogte elkaar afwisselen. Hierdoor kan de mineralisatie, en daarmee de N-opname per snede, van in de bodem vastgelegde N anders verlopen. Uit vierjarig veldonderzoek van Schröder (2007) op zandgrond blijkt dat vergiste runderdrijfmest een betere werking had in het jaar van toediening. In de drie volggaren werd dit effect echter weer teniet gedaan, zodat uiteindelijk er geen verschil in werking was. De betere werking in het eerste jaar werd in één van de vier jaren gerealiseerd in de eerste snede. In de overige drie jaren werd de betere werking in andere sneden gerealiseerd. In éénjarig veldonderzoek van de Boer (2004) en tweejarig veldonderzoek van de Boer (2007, ruwe en voorlopige gegevens) op zware zeeklei had vergiste runderdrijfmest een betere werking in de eerste snede na toediening. In latere sneden was er meestal geen duidelijk verschil, was de N-werking soms hoger en een enkele keer wat lager. Uiteindelijk werd in het jaar van toediening meer N opgenomen bij co-vergiste drijfmest dan bij onvergiste drijfmest.

Voor de praktijk is het van belang dat vergiste mest kort na toediening meer N kan leveren. Dit heeft als consequentie dat de N-gift hieraan aangepast moet worden, om een te hoge gift te voorkomen. Omdat bij de bemestingsadviezen geen rekening gehouden wordt (of gehouden zou kunnen worden) met een geringere nalevering van N uit co-vergiste drijfmest in volggaren, kan deze aanpassing resulteren in een besparing op drijfmestgift of aanvullende kunstmestgift. De snellere werking van N is ook interessant voor akkerbouwers, omdat de drijfmest hierdoor wat opschuift in de richting van kunstmest.

In de eerste groeisessie bleef het opbrengstniveau duidelijk achter bij de andere sessies. Het is onduidelijk waardoor dit veroorzaakt is. De instellingen van de klimaatcel waren niet anders dan bij latere sessies. Als er storingen waren geweest in belichting, temperatuur of luchtvochtigheid, dan zou dit zijn vastgelegd door het computersysteem. Dergelijke storingen zijn echter niet opgetreden. Het achterblijven van het algemene opbrengstniveau kan de oorzaak zijn van het geringe verschil in opbrengst tussen de onvergiste en co-vergiste drijfmest. De N-opbrengst van de referenties en de behandelingen lag wel op het niveau van de andere sessies.

De schijnbare N-terugwinning over de hele periode verschilde weinig tussen co-vergiste varkensdrijfmest (65%) en KAS (68%, exclusief uitbijter sessie drie). Dit geeft aan dat varkensdrijfmest, vergist met deze specifieke co-producten, op een soortgelijke zandgrond als in dit onderzoek, mogelijk als kunstmestvervanger ingezet kan worden. Hiervoor zou scheiding in een dunne en dikke fractie niet nodig zijn. Met andere co-producten, die minder snel afgebroken worden, kan het verschil tussen co-vergiste varkensdrijfmest en KAS groter zijn, waardoor scheiding wel noodzakelijk is.

In de eerste snede was de gemiddelde toename van de drogestofopbrengst (11%) lager dan de gemiddelde toename van de N-opbrengst (23%). Dit verschil kan deels veroorzaakt zijn doordat een deel van de extra opgenomen N pas later tijdens de groei beschikbaar kwam. Hierdoor kon deze N niet meer ten volle bijdragen aan het opbrengstpotentieel van het gras. Dit effect kan echter niet volledig verantwoordelijk zijn voor het achterblijven van de drogestof- bij de N-opbrengst. Uit ander potonderzoek (nog niet gepubliceerd), onder vrijwel identieke omstandigheden, bleek dat in de vijfde week van de grasgroei de opbrengst nog vrijwel verdubbelde van 3 tot 6 ton drogestof ha<sup>-1</sup>. Dat betekent dat in ieder geval de N die tot week vier is vrijgekomen, bijgedragen moet hebben aan de opbrengst. Mogelijk hebben andere, potproefgerelateerde oorzaken bijgedragen aan het verschil in respons van drogestof- en N-opbrengst. In het veldonderzoek van de Boer (2004) en de Boer (2007)

steeg de drogestofopbrengst van de eerste snede na toediening als gevolg van (co-)vergisting met gemiddeld 18% en de N-opbrengst met gemiddeld 23% (ruwe, voorlopige gegevens).

De stoppels zijn pas bij de derde snede geoogst en de wortels zijn niet geoogst. Daardoor is onduidelijk hoeveel van de N-werking, in met de name de tweede snede, afkomstig is van een herverdeling van N uit de wortels en stoppels over de ondergrondse en bovengrondse delen. Om exact vast te stellen hoeveel N werkelijk mineraliseert, zouden bij alle sneden de stoppels en wortels geoogst en geanalyseerd moeten worden. De conclusie dat co-vergisting leidde tot een hogere N-opname in de tweede snede, kan door het voorgaande minder hard zijn dan op het eerste gezicht lijkt. Mogelijk werd deze hogere opname al in de eerste snede gerealiseerd, waarbij deze N in de wortels aanwezig was.

Co-vergisting leek soms merkwaardige effecten op het N-gehalte van de drijfmest te hebben. Vooral de sterke afname van het N-gehalte bij de tweede sessie en de sterke toename bij de vijfde sessie springen in het oog (Tabel 2). Theoretisch had het N-totaalgehalte van de co-vergiste drijfmest, zonder het optreden van N-verliezen, met 3 tot 7% moeten stijgen als gevolg van de toevoeging van N met het co-product en het verdwijnen van organische stof uit het mengsel. Met het geproduceerde gas kunnen kleine hoeveelheden  $\text{NH}_3$  ontwijken, maar dit effect is verwaarloosbaar. Bekend is wel, dat  $\text{NH}_4$  met andere mineralen kan neerslaan in de vorm van zouten, onder andere calciet en struviet. Sommer & Husted (1995) geven aan dat op deze wijze 5-15% van de N- $\text{NH}_4$  uit oplossing kan verdwijnen en neerslaan. De zouten kunnen vervolgens terechtkomen in de bezinklaag onderin de tank. Dit proces kan een bijdrage geleverd hebben aan een daling van het N-gehalte van de co-vergiste mest. De ingaande en uitgaande mest zijn negen weken lang per drie weken geanalyseerd. Uit de drie uitslagen blijkt dat de soms vreemd lijkende verschillen op alle drie tijdstippen aanwezig waren, en daarom niet het gevolg waren van uitschieters.

## 5 Conclusies

Co-vergisting van varkensdrijfmest verhoogde, na toediening van de drijfmest aan gras, de N-opbrengst van de eerste snede van gemiddeld 92 tot 112 kg ha<sup>-1</sup>

De N-opbrengst van de tweede, onbemeste snede, nam toe van 19 tot 21 kg ha<sup>-1</sup>; de N-opbrengst van de derde, onbemeste snede, was bij onvergiste en co-vergiste drijfmest gelijk met gemiddeld 8 kg ha<sup>-1</sup>

De N-opbrengst (incl. stoppel) over de hele groeiperiode (15 weken) nam toe van gemiddeld 125 tot 148 kg ha<sup>-1</sup>

De schijnbare N-benutting van de eerste snede nam toe van gemiddeld 39 tot 50% en over de hele groeiperiode van gemiddeld 51 tot 65%

Vanwege de toename in N-benutting op zowel de korte (eerste snede) als langere termijn (drie sneden) hadden de co-vergiste drijfmesten in dit onderzoek een grotere waarde als N-meststof dan de uitgangsmest

Co-vergisting met Kwalizuivel of Maisweekwater leek de N-benutting van de eerste snede meer te stimuleren dan co-vergisting met de andere producten

In dit onderzoek was de schijnbare N-benutting van co-vergiste drijfmest (65%) maar weinig lager dan de N-benutting van KAS (68%)

## Literatuur

De Boer H.C. 2004. Stikstoflevering uit onvergiste en vergiste runderdrijfmest na zodebemesting van grasland op zware zeeklei. Praktijkrapport Rundvee 51, Animal Sciences Group (Wageningen UR), Lelystad: 40 pp.

De Boer H.C. 2007. Resultaten worden gerapporteerd in 2007.

LNV, 2004. Wijziging meststoffenbeschikking 1977. Staatscourant 2004, nr. 112/pag. 16.

Schröder J.J. 2007. Persoonlijke mededeling, resultaten worden gerapporteerd in 2007.

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

Timmerman M., Claessens P. en André G. 2006. Praktijkproef covergisting van dierlijke mest met organische additieven op boerderijschaal. Rapportage opdrachtgever 1390820000, Animal Sciences Group (WUR), Lelystad: 17 pp.