

VELDPROEVEN

MET BIOGEBASEERDE MESTSTOFFEN



Dit rapport werd samengesteld door Universiteit Gent (L. De Clercq, E. Michels, E. Meers) met input van Universiteit Gent (I. Sigurnjak, C. Vaneekhaute, B. Annicaert, M. Cougnon, D. Reheul), ILVO (T. Vanden Nest), Inagro (L. Willaert, A. De Dobbelaere, B. Ryckaert, T. Van de Sande), Vlaco v.z.w. (E. Vandaele), VCM (V. Lebuf), PCG (S. Crappé) en pcfruit (J. Vercammen) (2015).

LIJST VAN BETROKKEN DESKUNDIGEN

Brecht Annicaert, Departement Toegepaste Analytische en Fysische Chemie, Universiteit Gent
Mathias Cougnon, Departement Plantaardige Productie, Universiteit Gent
Sara Crappé, Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG) v.z.w., Kruishoutem
Lies De Clercq, Departement Toegepaste Analytische en Fysische Chemie, Universiteit Gent
Anke De Dobbelaere, Inagro v.z.w., Rumeke-Beitem
Violtje Lebuf, Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking (VCM) v.z.w., Brugge
Erik Meers, Departement Toegepaste Analytische en Fysische Chemie, Universiteit Gent; Biogas-e v.z.w., Kortrijk
Evi Michels, Departement Toegepaste Analytische en Fysische Chemie, Universiteit Gent
Dirk Reheul, Departement Plantaardige Productie, Universiteit Gent
Bart Ryckaert, Inagro v.z.w., Rumeke-Beitem
Ivona Sigurnjak, Departement Toegepaste Analytische en Fysische Chemie, Universiteit Gent
Elke Vandaele, Vlaamse Compostorganisatie (Viaco) v.z.w., Mechelen
Thijs Vanden Nest, Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), Merelbeke
Tomas Van de Sande, Inagro v.z.w., Rumeke-Beitem
Céline Vaneekhaute, Departement Toegepaste Analytische en Fysische Chemie, Universiteit Gent
Jef Vercammen, Proefcentrum Fruitteelt (pcfruit) v.z.w., Sint-Truiden
Lies Willaert, Inagro v.z.w., Rumeke-Beitem



VELDPROEVEN

MET BIOGEBASEERDE MESTSTOFFEN

INHOUD

Inleiding **6**

1

Overzicht biogebaseerde meststoffen **7**

- 1.1 Ammoniumsulfaat **8**
- 1.2 Digestaat en digestaatproducten **8**
- 1.3 Effluent van mestverwerking **9**
- 1.4 Struviet **10**
- 1.5 Compost **10**

2

Veldproeven **11**

- 2.1 Veldproef met energiemais (2011) **12**
 - 2.1.1 Doel **13**
 - 2.1.2 Proefopzet **13**
 - 2.1.3 Resultaten **14**
 - 2.1.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten **14**
 - 2.1.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit **14**
 - 2.1.3.3 Impact op bodemkwaliteit **14**
 - 2.1.3.4 Economische en ecologische analyse **16**
 - 2.1.4 Conclusie **17**
 - 2.1.5 Referenties **17**
- 2.2 Veldproef akkerbouwrotatie (2010 - 2013) **18**
 - 2.2.1 Doel **19**
 - 2.2.2 Proefopzet **19**
 - 2.2.3 Resultaten **19**
 - 2.2.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten **19**
 - 2.2.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit **21**
 - 2.2.3.3 Impact op bodemkwaliteit **22**
 - 2.2.4 Conclusie **23**
 - 2.2.5 Referenties **23**
- 2.3 Veldproef akkerbouwrotatie (2008 - 2013) **24**
 - 2.3.1 Doel **25**
 - 2.3.2 Proefopzet **25**
 - 2.3.3 Resultaten **27**
 - 2.3.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten **27**
 - 2.3.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit **27**
 - 2.3.3.3 Impact op bodemkwaliteit **29**
 - 2.3.4 Conclusie **31**
 - 2.3.5 Referenties **31**

2.4 Perenteelt (2013)	32
2.4.1 Doel	33
2.4.2 Proefopzet	33
2.4.3 Resultaten	33
2.4.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten	33
2.4.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit	33
2.4.3.3 Impact op bodemkwaliteit	35
2.4.4 Conclusie	36
2.4.5 Referenties	36

2.5 Glastuinbouwteelt van sla (2013)	37
2.5.1 Doel	38
2.5.2 Proefopzet	38
2.5.3 Resultaten	39
2.5.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten	39
2.5.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit	39
2.5.3.3 Impact op bodemkwaliteit	39
2.5.4 Conclusie	41
2.5.5 Referenties	41

2.6 Veldproef met bloemkool (2014)	42
2.6.1 Doel	43
2.6.2 Proefopzet	43
2.6.3 Resultaten	44
2.6.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten	44
2.6.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit	44
2.6.3.3 Impact op bodemkwaliteit	44
2.6.4 Conclusie	45
2.6.5 Referenties	45

3



Conclusies biogebaseerde meststoffen **46**

3.1 Ammoniumsulfaat	47
3.2 Digestaatproducten	47
3.3 Effluent van mestverwerking	48
3.4 Struviet	48
3.5 Compost	48

4



Referenties **49**

INLEIDING

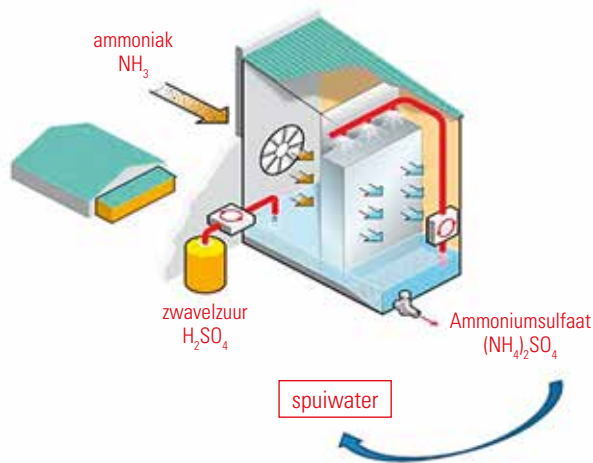
In Vlaanderen en andere Europese regio's heerst een paradoxale situatie waarin de veeteelt een overmaat aan nutriënten produceert, terwijl de akker- en tuinbouw een bijkomende behoefte heeft aan nutriënten onder de vorm van kunstmest. Intensieve dierlijke productie in Vlaanderen leidt tot een overproductie van nutriënten onder de vorm van mest ten opzichte van de regionale bemestingsnoden, met eutrofiëring van het grond- en oppervlaktewater tot gevolg. Volgens het meest recente voortgangsrapport van de Mestbank (2013) was de Vlaamse Mestbalans, die het verschil weergeeft tussen aanbod en afzet van dierlijke mest, in 2012 echter voor het 5e jaar op rij opnieuw in evenwicht. Dit betekent dat alle landbouwbedrijven in staat zijn om hun dierlijke mest af te zetten conform het Mestdecreet door uitrijding, export of verwerking van mest. Dit wil evenwel niet zeggen dat het mestprobleem opgelost is, aangezien een aantal landbouwbedrijven nog steeds kampt met een balansprobleem en de waterkwaliteit onvoldoende snel verbetert. Nochtans worden door het verwerken van mest en digestaat waardevolle eind- en bijproducten gegenereerd die als biogebaseerde kunstmestvervangers gebruikt kunnen worden en aldus kunnen bijdragen tot het sluiten van de nutriëntenkringlopen in de landbouw. Het verbinden van de plantaardige en dierlijke productie door de verdere ontwikkeling van mest- en digestaatverwerking is dan ook essentieel binnen het kader van de duurzame landbouw.

Het Interreg IVb. project Biorefine pakt de knelpunten aan om de nutriëntencycli zo maximaal mogelijk te sluiten in de overgang van een fossielgebaseerde naar een biogebaseerde economie. Het sluiten van nutriëntencycli door de introductie van biogebaseerde bemestingsstoffen in de landbouw lijkt namelijk moeilijk te realiseren door onder andere een gebrek aan inzichten in de samenstelling en eigenschappen van deze producten en de impact ervan op gewasopbrengst en bodemkwaliteit. Het was dan ook noodzakelijk om fysico-chemische analyses en veldexperimenten uit te voeren om de bemestingswaarde van mogelijke alternatieven voor minerale kunstmest in kaart te brengen. Deze brochure bundelt de resultaten van een groot aantal veldproeven uitgevoerd op verschillende gewassen door diverse Vlaamse instituten sinds 2008. De verworven inzichten betreffende de eigenschappen en impact van biogebaseerde bemestingsproducten op de teelt van een brede range van gewassen, verspreid in tijd en ruimte, zijn cruciaal voor de verdere stimulatie van "groene meststoffen" in Vlaanderen.

1

OVERZICHT BIOGEBASEERDE MESTSTOFFEN





Figuur 1
Productie van spuiwater uit ammoniak

1.1 Ammoniumsulfaat

Vluchtige ammoniak (NH₃) afkomstig uit mest kan verwijderd worden door zure lucht wassing. Hierbij wordt ammonium (NH₄⁺) vastgelegd en geconcentreerd in een zwavelzuuroplossing (Figuur 1). Het bekomen eindproduct is vloeibaar ammoniumsulfaat, ook wel scrubberwater of spuiwater genoemd, en kan gebruikt worden als zwavel-stikstof meststof. Bij een goed afgestelde luchtwasser reageert al het aanwezige zwavelzuur met ammonium en wordt een waterige oplossing met een licht zure pH (5-6,5) bekomen. Ammoniumsulfaat wordt aanzien als kunstmeststof in het Mestdecreet en hoeft dus niet te worden uitgereden als 'dierlijke mest' (m.a.w. valt niet onder 170 kg N/ha norm).

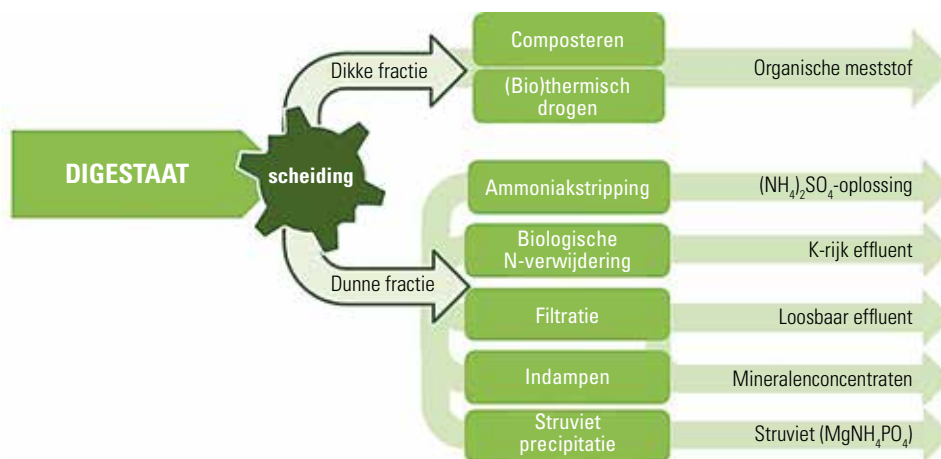
1.2 Digestaat en digestaatproducten

Anaëroobe vergisting genereert naast biogas ook nutriëntrijke digestaten die gebruikt kunnen worden als groene meststoffen in de landbouw. De samenstelling van het digestaat varieert sterk naargelang de input biomassa: mest, energiegewassen, gewasresten of organisch-biologisch afval (OBA). Binnen het huidige mestdecreet (MAP V) wordt echter onderscheid gemaakt tussen digestaat afkomstig van een vergistingsproces mét mest en zonder mest. Zodra er mest toegevoegd wordt, valt het digestaat onder de bemestingsnorm 'dierlijke mest'. In het andere geval valt het digestaat onder de bemestingsnorm 'andere meststoffen' en kunnen deze bovenop de toegediende dierlijke mest worden aangebracht. De norm voor totale stikstof en fosfaat mag echter niet overschreden worden. De fosfaatnorm is dan ook dikwijls

bepalend voor de maximaal toe te dienen hoeveelheid digestaat.

Digestaat wordt veelal, net zoals ruwe mest, gescheiden in een dunne fractie (waterige oplossing) en een dikke fractie (organisch materiaal) (Figuur 2). In de dikke fractie zijn de nutriënten grotendeels organisch gebonden, terwijl stikstof en kalium onder oplosbare vorm aanwezig zijn in de dunne fractie. Hierdoor is de stikstof- en kaliumrijke dunne fractie van digestaat een heel interessante biogebaseerde bemestingsstof, voornamelijk in fosforverzadigde gebieden waar mesttoediening beperkt wordt door lage fosfortoediening opgelegd door de Europese wetgeving. De dikke fractie of het ruwe digestaat kan verder gedroogd worden met restwarmte van de biogasinstallatie. Dit levert een stabiel eindproduct dat sterk gereduceerd is in volume. Het gedroogd digestaat heeft een hoog fosforgehalte, dus het wordt hoofdzakelijk geëxporteerd door de beperkte afzetmogelijkheden in nutriëntenrijk Vlaanderen. Het gedroogd digestaat kan nadien nog verder gepelletiseerd worden tot digestaatkorrels om transportkosten nog verder te reduceren en de toediening op het veld te vergemakkelijken.





Figuur 2
Digestaatverwerking en zijn afgeleide producten



1.3 Effluent van mestverwerking

Biologische zuivering (nitrificatie/denitrificatie) is de meest verspreide toepassing voor de secundaire behandeling van de vloeibare fractie van mest of digestaat. Hierbij wordt de stikstof in de vloeibare fractie verwijderd door omzetting naar stikstofgas (N_2) door aërobe micro-organismen. Effluenten van biologische zuivering bevatten veel minder stikstof en fosfaat in vergelijking met ruwe mest. Oplosbare nutriënten, zoals kalium, zijn daarentegen nog grotendeels in het effluent aanwezig. Door de lage N- en P-inhoud kunnen grotere hoeveelheden effluent per hectare uitgereden worden op het land als kaliummeststof. De biologisch gezuiverde dunne fractie kan nog verder gezuiverd worden naar loosbaar water door het gebruik van rietvelden met cascadering, ook wel constructed wetlands genoemd. Het effluent van deze rietvelden voldoet aan de Vlaamse wettelijke lozingscriteria. Dit eindproduct is volledig kleur- en geurloos en hoewel het gekarakteriseerd wordt door lage nutriëntenconcentraties, kan het nog steeds gebruikt worden als kaliumbron.



1.4 Struviet

Industrieel afvalwater wordt vaak gezuiverd in een waterzuiveringsinstallatie met slibvergisting. Het bekomen effluent bevat nog een te hoge concentratie stikstof en fosfor zodat voor lozing deze twee nutriënten nog verwijderd moeten worden. Traditioneel worden ijzer- of magnesiumzouten toegevoegd om de fosfaten te laten neerslaan in het slib. Op deze manier gaan de fosfaten echter verloren. Ook al kan het slib op landbouwgrond aangebracht worden, door de binding met de metalen is er slechts een beperkte biobeschikbaarheid. De fosfaatrecuperatietechnologie van NuReSys® wordt in Vlaanderen reeds succesvol toegepast op industrieel afvalwater uit de aardappelverwerkingssector en slaagt erin 85% van de fosfaten aanwezig in het industrieel afvalwater neer te slaan onder de vorm van magnesium ammonium fosfaat ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$), ook struviet genoemd. Struviet kan gebruikt worden in de landbouw als trage fosformeststof.

1.5 Compost

Het toevoegen van compost aan de bodem leidt tot een aanvoer van zowel nutriënten als organische stof. Gft-compost ontstaat door het composteren van het gft-afval dat bij burgers wordt ingezameld bij selectieve afvalophaling. Gft-compost kan ook ontstaan uit vergisting met nacompostering. Groencompost is het eindproduct van de compostering van uitsluitend groenafval afkomstig uit tuinen, parken, natuurgebieden, bermen, enz. Door het hoger aandeel houtachtig materiaal in groenafval is groencompost minder aangerijk met voedingsstoffen. Biothermisch gedroogde OBA-mest is een mengsel van champost, dikke fractie van mest of digestaat, gedroogd digestaat en soms ook gft-compost of organisch-biologisch afval (OBA) van de voedingsindustrie dat in een tunnel heel kortstondig gecomposteerd wordt.

2

VELDPROEVEN



2.1

VELDPROEF MET ENERGIEMAÏS

(2011)

Door middel van veldproeven kan het effect van biogebaseerde digestaat- of mestderivaten ter vervanging van minerale meststoffen en/of dierlijke mest nagegaan worden op gewasopbrengst, gewaskwaliteit en bodemkwaliteit. Er werden meerdere veldproeven uitgevoerd met verschillende gewassen, namelijk energimaïs, bloemkool, peren, akkerbouwrotatie met maïs, aardappelen, bieten en tarwe of haver, en een glastuinbouwproef met sla.

Teelt	Energiemaïs, sp. Atletico KWS	Oppervlakte	0,8 ha
Locatie	Proefveld Wingene	Indeling	32 subplots (9 m x 7,5 m)
Periode	April – oktober 2011	Scenario's	8
Bodentype	Zand-leem	Herhalingen	4
Referentie	Varkensmest in combinatie met minerale mest		
Bemestingsproducten	(1) Vloeibare fractie van digestaat (2) Mengsel van digestaat en de vloeibare fractie van digestaat (50/50) (3) Ammoniumsulfaat		

Tabel 1

Overzicht veldproef met energimaïs (2011)

2.1.1 Doel

In deze veldproef werd het bemestingspotentieel van digestaat en digestaatderivaten bepaald voor de teelt van energimaïs.

2.1.2 Proefopzet

De opzet van deze veldproef wordt weergegeven in Tabel 1 en 2. Het bemestingspotentieel van digestaat en digestaatderivaten werd onderzocht door de vergelijking van acht verschillende teeltscenario's (Tabel 2). In deze scenario's werden ammoniumsulfaat, de vloeibare fractie van digestaat en een mengsel van ruw digestaat en de vloeibare fractie van digestaat (50/50) toegediend aan de bodem als (partiële) vervangers van synthetische meststoffen of dierlijke mest voor de teelt van energimaïs.

De minerale startmeststof bestond uit ammonium-nitrat (27% N) en de minerale mest bestond uit ammonium-nitrat (27% N) en patent-kali (30% K₂O, 10% MgO en 45% SO₃). De varkensmest werd verzameld bij varkensboerderij Huisman in Aalter en het ammoniumsulfaat (zure lucht scrubberwater of spuiwater) was afkomstig uit de varkensstal Ladevo BVBA in Ruiselede. Het spuiwater was vrij zuur (pH 2,5) en werd voor deze proef op laboschaal geneutraliseerd met natriumhydroxide. De bodem heeft evenwel een buffercapaciteit, bepaald door het organische stofgehalte en het kleigehalte in de bodem, die plotse pH-schommelingen tegengaat, waardoor het gebruik van zuur spuiwater geen scherpe pH-daling in de bodem zou teweegbrengen. Het digestaatmengsel bestond uit een 50/50 mengsel

van digestaat en de vloeibare fractie van digestaat uit de vergister van de Sap Eneco Energie biogascentrale, een covergistinginstallatie met 30% energimaïs, 30% mest en 40% organisch biologisch afval (OBA) uit de voedingsindustrie als input. De vloeibare fractie van het digestaat bestond uit 100% vloeibare fractie van digestaat uit de eerder vernoemde vergister. De bemestingsproducten werden fysico-chemisch geanalyseerd (Tabel 3) om op die manier de maximaal toegelaten dosis voor de verschillende scenario's volgens het Mestdecreet te berekenen. Op basis van de grondanalyse, werd een bemestingsadvies opgesteld van 150 kg/ha effectieve stikstof, 270 kg/ha K₂O en 30 kg/ha MgO. Voor fosfaat (P₂O₅) werd de maximaal toegelaten dosis van 80 kg/ha voor het telen van maïs op niet-zandgronden gerespecteerd (cfr. het Vlaams Mestdecreet).



Scenario	Minerale start ¹	Minerale mest ²	Varkensmest	Ammonium-sulfaat	Digestaat mengsel	Vloeibare fractie digestaat
1 (ref) ³	0,35	0,42	20	-	-	-
2	0,093	0,42	20	1,3	-	-
3	-	0,42	20	2,5	-	-
4	0,16	0,26	-	-	37	-
5	0,093	0,26	-	0,82	37	-
6	-	0,26	-	2	37	-
7	0,093	0,27	18	-	-	16
8	-	0,16	16	-	-	27

1 De minerale startmeststof was ammoniumnitraat (27% N).
2 De minerale meststof bestond uit ammoniumnitraat (27% N) en patent-kali (30% K₂O, 10% MgO en 45% SO₃).
3 Het referentiescenario is traditionele bemesting, namelijk dierlijke mest en kunstmest (N, K).

Tabel 2

Bemestingsscenario's (ton/ha)

2.1.3 Resultaten

2.1.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten

De resultaten van de fysico-chemische analyse worden weergegeven in Tabel 3. Hieruit kan afgeleid worden dat de hoeveelheid extraheerbare (werkzame) nutriënten meestal hoger was voor de digestaatderivaten in vergelijking met de dierlijke mest.

2.1.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit

Tussen de acht behandelingen werden geen significante verschillen in vers gewicht, droog gewicht en lengte van de gewassen waargenomen. Daarnaast was er statistisch ook geen effect van de behandeling op het biogaspotentieel (m³/ha) van de energiemais bij oogst. Het energetisch potentieel was wel hoger voor scenario 4 tot 7 in vergelijking met scenario 1 tot 3 door de hogere biomassa-opbrengst (vers gewicht).



2.1.3.3 Impact op bodemkwaliteit

Voor ieder scenario werden de stikstofbalansen bepaald. Deze waren voor elk scenario heel gelijkaardig en in evenwicht, wat erop duidt dat nitraatuitloging niet werd beïnvloed door het bemestingstype. De hoeveelheid fosfaat (P₂O₅) toegediend aan de bodem in de scenario's 1, 2, 3, 7 en 8 overschreed echter het maximum niveau van 80 kg/ha zoals voorgeschreven door de Vlaamse mestregeling. Dit werd wellicht veroorzaakt door de variabiliteit in samenstelling van dierlijke mest. Het P₂O₅-gehalte in digestaat en derivaten (scenario 4, 5 en 6) leek stabiel in tijd tussen het moment van staalname en het moment van toediening, hetgeen interessant is met betrekking tot praktische implicatie en nutriëntenbeheer.

Hoewel significant minder fosfaat werd toegediend aan de bodem in scenario 4-6 (74 kg/ha P₂O₅ uit 37 ton digestaatmengsel in vergelijking met 108 kg/ha P₂O₅ uit 20 ton varkensmest), werd toch een hogere fosfaatopname waargenomen in deze scenario's. Dit fenomeen kan worden toegeschreven aan het hoger relatief gehalte aan minerale fosfaat in verhouding met het totaal fosfaatgehalte in het mengsel digestaat/vloeibare fractie digestaat (50/50) in vergelijking met dierlijke mest. Een gelijkaardig effect werd waargenomen voor K₂O. Het is opmerkelijk dat in deze scenario's ongeveer drie keer minder synthetische K₂O werd gebruikt (Tabel 2). Dit kan leiden tot grote economische en ecologische voordelen. Verder is ook zwavel een essentieel

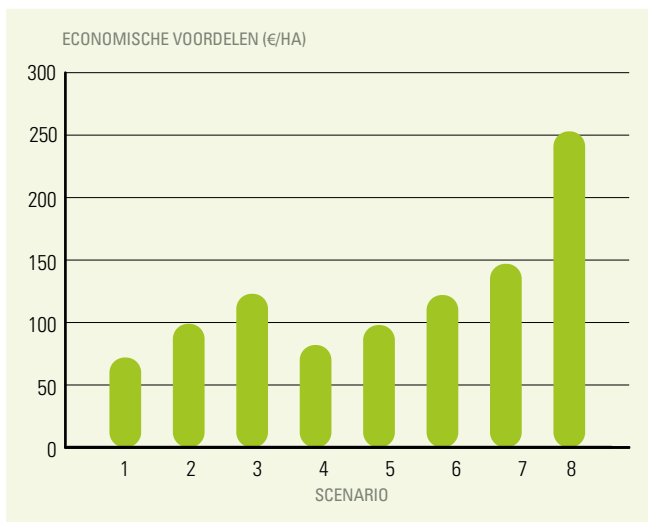
	Varkens- drijfmest	Digestaat mengsel	Vloeibare fractie digestaat	Ammonium- sulfaat ¹
Droog Gewicht (%)	10	6,2	2,5	-
Organische koolstof (%)	42	38	25	-
pH	7,8	8,2	7,4	8,5
EC (mS/cm)	35	29	34	135
Zoutgehalte (g/kg)	23	18	22	86
Totale N (g/kg)	8,1	4,7	3,6	27
NH ₄ -N (g/kg)	5,6	3,1	2,8	27
NO ₃ -N (g/kg)	0,011	0,019	0,020	-
Minerale N (%)	69	66	77	100
Organische N (g/kg)	2,5	1,6	0,82	-
Totaal P (g/kg)	2,4	0,9	0,27	-
Extraheerbaar P (%) ²	97	100	90	-
K ₂ O (g/kg)	4,4	2,6	3,5	-
Extraheerbaar K ₂ O (%) ²	84	100	86	-
S (g/kg)	0,80	0,4	0,11	31
Minerale S (%)	2,1	11	11	100
Na (g/kg)	2,2	11	11	-
Extraheerbaar Na (%) ²	44	62	50	-
Cu (mg/kg)	335	138	0,36	-
Zn (mg/kg)	86	21	11	-

1 Na pH-aanpassing met natriumhydroxide.

2 Hiervoor werd de ammoniumacetaat-EDTA extractiemethode gebruikt.

Tabel 3

Fysico-chemische karakterisatie van de gebruikte bemestingsproducten (op basis van het vers gewicht)



Figuur 3
Resultaten van de economische analyse van de 8 bemestingsscenario's

macronutriënt voor planten. In de scenario's 2, 3, 5 en 6 waarin spuiwater werd gebruikt, was de zwaveltoediening (patentkali buiten beschouwing gelaten) hoger dan de gewasvraag, hetgeen resulteerde in een potentieel zwaveloverschot in de bodembalans. Omgekeerd was in de scenario's waarin geen spuiwater werd toegediend, de gewasvraag hoger dan de zwaveltoevoer door mesttoediening, resulterend in een netto zwavelextractie uit de bodem.

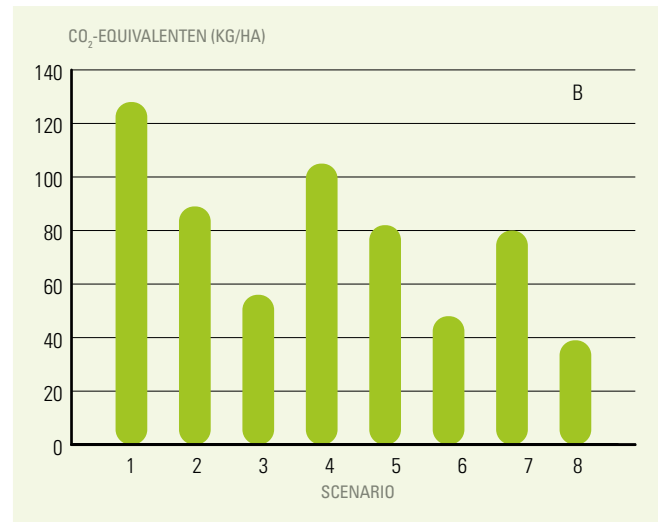
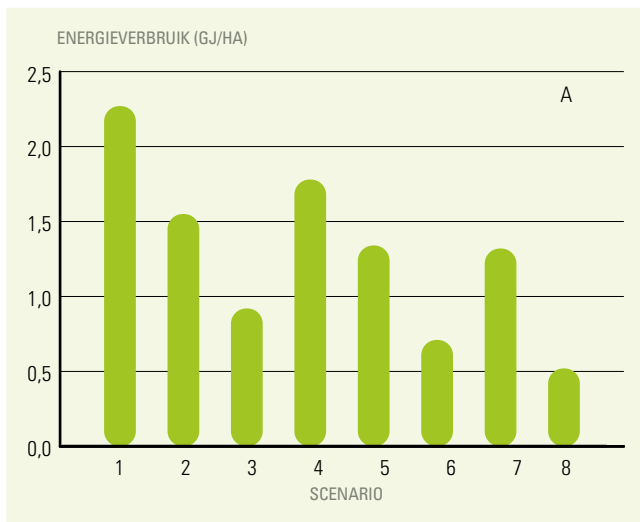


2.1.3.4 Economische en ecologische analyse

Voor de berekening van de economische voordelen (€/ha) werden de impact van productie, verpakking, transport en toediening van kunstmest en de impact van transport en toediening van dierlijke mest en digestaatderivaten in rekening gebracht. Daarnaast werd ook rekening gehouden met de economische voordelen voor de landbouwer wanneer dierlijke mest of digestaatderivaten gebruikt werden als basismeststof. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 3.

Voor de berekening van het energieverbruik (GJ/ha) werden eveneens de impact van productie, verpakking, transport en toediening van kunstmest en de impact van transport en toediening van dierlijke mest en digestaatderivaten in rekening gebracht. Daarnaast werd ook verwacht dat het vervangen van synthetische meststoffen door digestaatderivaten een significante vermindering in de uitstoot van broeikasgassen zou kunnen teweegbrengen. De broeikasgasuitstoot werd voor de verschillende scenario's berekend aan de hand van de CO₂-equivalenten (kg/ha). Er werd ervan uitgegaan dat diesel gebruikt werd voor transport en toediening van de meststoffen en aardgas voor de productie van de kunstmest. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4.

Voor alle scenario's waarbij hernieuwbare mestderivaten werden gebruikt (scenario's 2 t.e.m. 8) zijn de berekende economische voordelen (Figuur 3) significant hoger ten opzichte van de referentie (scenario 1). Bovendien zijn het energieverbruik (Figuur 4A) en de uitstoot van broeikasgassen (Figuur 4B) significant lager in vergelijking met de referentie, hetgeen resulteert in een groot ecologisch voordeel. Het economisch voordeel, het verminderd energieverbruik en de lagere uitstoot van broeikasgassen zijn het grootst voor scenario 8, aangezien er geen toediening van synthetische stikstof en kalium plaatsvond.



Figuur 4

Resultaten van de ecologische analyse (A = energieverbruik en B = broeikasgasemissies) van de 8 bemestingsscenario's

2.1.4 Conclusie

Uit de veldproef met energiemais bleek dat het gebruik van ammoniumsulfaat, digestaat en de vloeibare fractie van digestaat als vervangers voor dierlijke mest en/of synthetische mest in de landbouw resulteerde in een gelijkaardige opbrengst, fysico-chemische bodemfertiliteit en -kwaliteit. Bovendien is het energetisch potentieel van de geoogste mais iets hoger en de economische en ecologische voordelen significant hoger wanneer digestaatderivaten gebruikt worden in vergelijking met het traditioneel bemestingsscenario gebruik makende van dierlijke mest en kunstmest (stikstof en kalium).

2.1.5 Referenties

Céline Vaneekhaute, Universiteit Gent

Dit onderzoek werd gefinancierd door de Europese Commissie onder het Interreg IVb. project ARBOR en door het Milieu- en energietechnologie Innovatie Platform (MIP) Project Nutricycle.

2.2

VELDPROEF AKKERBOUWROTATIE

(2010 - 2013)

Teelt	Akkerbouwrotatie met maïs, aardappelen, voederbiet en haver	Indeling	3 blokken (15 behandelingen/blok)
Locatie	Proefhoeve Universiteit Gent in Melle	Subplots	45 subplots (8 m x 8 m)
Periode	2010 - 2013	Objecten	15
Bodemtype	Lichte leem	Herhalingen	3
Referentie	Minerale bemesting		
Bemestingsproducten	(1) Gedroogd digestaat met (GDM) en zonder mengmest (GDZ) (2) Dikke fractie digestaat (Df) (3) Effluent van biologische mestverwerking (Eff) (4) OBA-meststof (OBA) (5) Gft compost (GFT) (6) Mengmest (Mm)		

Tabel 4
Overzicht veldproef akkerbouwrotatie (2010-2013)

2.2.1 Doel

Binnen deze proef werd de waarde van verschillende vormen van digestaat als meststof getest door na te gaan of deze producten vooral nutriënten, stabiele organische stof of beiden toevoegen aan de bodem. Hierbij werden digestaat en compost vergeleken met mengmest als organische bemesting.

2.2.2 Proefopzet

Deze veldproef werd voor het eerst aangelegd in 2010 op een perceel van de proefhoeve van de Universiteit Gent te Melle. De proefopzet was een klassieke blokkenproef met 3 blokken en 15 behandelingen per blok (Tabel 4). De oppervlakte van een individueel proefperceeltje bedroeg 64m² (8m x 8m). Verschillende vormen van digestaat werden getest in een vierjaarlijkse akkerbouwrotatie van maïs (2010), aardappel (2011), voederbiet (2012) en haver (2013). Het gebruik van digestaatproducten werd vergeleken met louter mineraal bemeste percelen en percelen die met compost of mengmest werden bemest. Deze veldproef wordt tot op heden jaarlijks aangelegd.

Vijftien objecten werden onderverdeeld in drie groepen:

- 1 Groep minerale bemestingen: minerale mest (P1-P8) (objecten 1 t.e.m. 8).
- 2 Groep digestaatproducten: gedroogd digestaat met mengmest (GDM), gedroogd digestaat zonder mengmest (GDZ), dikke fractie digestaat zonder mest (Df), effluent afkomstig van biologische mestverwerking (Eff) en meststof van champost, dikke fractie van mest of digestaat, gedroogd digestaat en gft-compost of organisch-biologisch afval van de voedingsindustrie dat kortstondig gecomposteerd wordt (OBA) (objecten 9 t.e.m. 13).
- 3 Groep organisch: mengmest (Mm) of gft compost (GFT) (objecten 14 en 15).

De minerale bemestingen (groep 1) omvatten louter kunstmest. Jaarlijks kreeg ieder object 200 kg N en daarbovenop een P-bemesting tussen de 0 en 95 kg P₂O₅/ha, die verschillend was voor ieder object (Tabel 5). De objecten uit deze groep laten toe een responscurve van het gewas voor minerale P op te stellen. Aan de hand van deze curve kan de P-bemestingswaarde van de producten vergeleken worden met minerale fosforbemesting. De organische meststoffen (groep 2 en 3) werden toegediend tot de maximale bemestingsnorm voor fosfor (85 kg P₂O₅/ha) of voor totaal stikstof (200 kg N/ha) werd bereikt (Tabel 5). De nutriënten waarvoor de norm niet bereikt was, werden mineraal bijbemest tot de norm voor deze nutriënten ook behaald werd. Ieder object ontving eveneens eenzelfde hoeveelheid kalium.

2.2.3 Resultaten

2.2.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten

De samenstelling van de organische meststoffen die voor de verschillende proeven gebruikt werden, wordt weergegeven in Tabel 6.



Jaartal	Gewas	Object	Product	Totaal			Organisch			Mineraal			Toediening (ton/ha)
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
2010-2013		1	P1	200	-	250	-	-	-	200	-	250	
		2	P2	200	15	250	-	-	-	200	15	250	
		3	P3	200	30	250	-	-	-	200	30	250	
		4	P4	200	45	250	-	-	-	200	45	250	
		5	P5	200	60	250	-	-	-	200	60	250	
		6	P6	200	75	250	-	-	-	200	75	250	
		7	P7	200	85	250	-	-	-	200	85	250	
		8	P8	200	95	250	-	-	-	200	95	250	
2010	Mais	9	GDM	200	85	250	65	85	95	135	-	155	3,6
		10	GDZ	200	85	250	76	85	49	124	-	201	2,6
		11	OBA	200	85	250	37	85	39	163	-	211	2,5
		12	Df	200	85	250	81	85	59	119	-	191	13,7
		13	Eff	200	83	250	75	85	204	125	-	46	39,8
		14	Mm	200	85	250	200	76	250	-	9	-	58,8
		15	GFT	200	85	250	141	85	141	59	-	109	16,7
2011	Aardappel	9	GDM	200	85	250	78	85	100	122	-	150	3,0
		10	GDZ	200	85	250	57	85	70	143	-	180	1,9
		11	OBA	200	85	250	76	85	102	124	-	148	8,7
		12	Df	200	85	250	76	85	58	124	-	192	13,1
		13	Eff	200	85	250	38	24	250	162	61	-	71,4
		14	Mm	200	85	250	200	61	242	-	24	8	46,5
		15	GFT	200	85	250	154	85	148	46	-	102	13,4
2012	Voederbiet	9	GDM	200	85	250	59	85	50	141	-	200	2,6
		10	GDZ	200	85	250	27	85	79	173	-	171	1,7
		11	OBA	200	85	250	65	85	74	135	-	176	3,6
		12	Df	200	85	250	63	85	40	137	-	210	9,3
		13	Eff	200	83	250	97	85	171	103	-	79	37,1
		14	Mm	200	85	250	77	85	237	-	8	13	52,5
		15	GFT	200	85	250	171	85	208	29	-	42	16,0
2013	Haver	9	GDM	200	85	250	55	85	165	141	-	200	3,6
		10	GDZ	200	85	250	31	85	35	169	-	215	1,9
		11	OBA	200	85	250	129	85	100	71	-	150	4,6
		12	Df	200	85	250	24	85	17	176	-	233	4,1
		13	Eff	200	83	250	77	77	167	123	8	83	3,5
		14	Mm	200	85	250	188	85	147	12	-	103	40,9
		15	GFT	200	85	250	146	85	172	54	-	78	11,3

1 GDM: gedroogd digestaat met mengmest, GDZ: gedroogd digestaat zonder mengmest, OBA: meststof van champost, dikke fractie van mest of digestaat, gedroogd digestaat, gft-compost en kortstondig gecomposteerd organisch biologisch afval, Df: dikke fractie digestaat zonder mest, Eff: effluent van biologische mestverwerking, Mm: mengmest, GFT: gft compost.

Tabel 5

Oorsprong en hoeveelheid van bemesting (in kg/ha) op de verschillende objecten in de 4 proefjaren¹

	GDM	GDZ	Df	Eff	OBA	Mm	GFT
Droge stof (%)	83 - 84	73 - 87	21 - 37	1,4 - 4,8	51 - 70	7,4 - 9,7	50 - 66
Organische stof (%)	50 - 51	54 - 55	12 - 25	2,3 - 2,4	32 - 40	5,7 - 7,5	22 - 46
N (%)	1,5 - 2,6	1,6 - 3,0	0,58 - 0,68	0,054 - 0,26	0,87 - 2,8	0,34 - 0,46	0,84 - 1,5
P ₂ O ₅ (%)	2,4 - 3,3	3,3 - 5,2	0,62 - 2,1	0,034 - 0,23	0,98 - 3,5	0,13 - 0,21	0,51 - 0,75
K ₂ O (%)	1,9 - 4,6	1,9 - 4,8	0,43 - 0,44	0,035 - 0,51	1,2 - 2,2	0,36 - 0,52	0,84 - 1,5

1 GDM: gedroogd digestaat met mengmest, GDZ: gedroogd digestaat zonder mengmest, Df: dikke fractie digestaat zonder mest, Eff: effluent van biologische mestverwerking, OBA: meststof van champost, dikke fractie van mest of digestaat, gedroogd digestaat, gft-compost en kortstondig gecomposteerd organisch biologisch afval, Mm: mengmest, GFT: gft compost.

Tabel 6

Productsamenstelling, uitgedrukt als percentage van het vers product over de 4 proefjaren heen¹

2.2.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit

In het eerste proefjaar waren er geen statistisch significante opbrengstverschillen voor de totale droge stof (DS) opbrengst (Tabel 7) en kolf droge stof van maïs (2010) waarneembaar. Voor de aardappelen geoogst in 2011 werden statistisch significante verschillen in de totale verse opbrengst gevonden tussen de objecten. De aardappelen die met dikke fractie van digestaat (Df) werden bemest hadden namelijk een significant hogere opbrengst (vers gewicht) dan de aardappelen bemest met mengmest (Mm), gedroogd digestaat met mengmest (GDM), biothermisch gedroogde OBA-mest (OBA) of mineraal bemest met 85 kg P₂O₅/ha (P7). In de droge stof opbrengst, werden echter geen significante verschillen meer gevonden. Significante verschillen werden gemeten in de opbrengst (DS) van de voederbieten, geoogst in 2012 (Tabel 7). Zowel in de DS opbrengst van de bieten als in de totale DS (biet en loof) opbrengst werden statistisch significante verschillen gevonden tussen de objecten. Alle significante verschillen hadden te maken met de relatief lage opbrengsten van de met gft compost (GFT) bemeste veldjes. Vermoedelijk is dit een gevolg van de lage werkingscoëfficiënt van de nutriënten in de compost. In augustus werd vastgesteld dat het bietenloof van alle subplots met bemesting van gft compost en mengmest, een lichtere kleur vertoonden. Een (tijdelijk) stikstofgebrek door de trage N-vrijstelling uit compost kan hiervoor de verklaring zijn. Vermoedelijk heeft dit ook gevolgen gehad voor de droge stof opbrengst. Op termijn kan het meermaals toepassen van compost

de N-mineralisatie in de bodem eventueel naar een hoger niveau tillen en daarmee beter voldoen aan de gewasbehoefte.

In 2013 werden bij de haver oogst noch in de graanopbrengst noch in de totale DS opbrengst statistisch significante verschillen gevonden tussen de objecten. De afwezigheid van significante opbrengstverschillen tussen de objecten kan verklaard worden door relatief grote opbrengstvariëaties ten gevolge van de legering van een groot deel van de proef na het hevig onweer op 27 juli 2013. Waar de met gft (GFT) en mengmest (Mm) bemeste veldjes in 2012 de laagste opbrengsten behaalden voor voederbieten, behaalden ze in 2013 bijna de hoogste opbrengsten voor haver (Tabel 7). Deze op het eerste zicht tegenstrijdige resultaten kunnen verklaard worden door de langzame werking van de stikstof in deze organische meststoffen en de lage minerale N-bemesting die deze objecten kregen. Door de hoge minerale N-bemesting bij de andere objecten stond de zomerhaver op deze objecten weelderig, met veel legering tot gevolg. De opbrengsten van de haver bij de objecten dikke fractie van digestaat (Df), gedroogd digestaat met mengmest (GDM) en gedroogd digestaat (GDZ), waar de toegediende N hoofdzakelijk van minerale oorsprong was, lagen namelijk allen onder het gemiddelde. Anderzijds was het hectolitergewicht van de haver geoogst bij het object met mengmest (Mm) hoger dan bij de objecten met gedroogd digestaat (GDZ), dikke fractie van digestaat (Df), P5 en P8.



2.2.3.3 Impact op bodemkwaliteit

Over de 4 proefjaren werden geen verschillen in bodemparameters (pH, P, K) gemeten tussen de objecten bemest met digestaatproducten of bemest met minerale meststoffen. Na de aardappeloogst in 2011 werden geen statistische verschillen in de hoeveelheid (met ammoniumlactaat) extraheerbaar bodemfosfor aangetoond tussen de objecten, maar wel tussen de blokken van de proef. In blok 1 werd op enkele veldjes een hogere waarde gemeten. Deze zijn waarschijnlijk te wijten aan de bemestingspraktijk in de periode voor het aanleggen van de proef.

Na het 3e proefjaar was er nog steeds geen effect te zien van de verschillende minerale P-trappen of van de verschillende organische bemestingen in beschikbaar P-gehalte. Er werd echter wel een consistente daling van 20% in het P-gehalte van de bodemoplossing in de behandelingen P1, P2, P3 en P4 tegenover de andere behandelingen gemeten. Er werden evenmin

significante verschillen in (met ammoniumlactaat) extraheerbaar kalium gevonden. Het extraheerbaar K-gehalte van het object met effluent (Eff) was wel opvallend hoger dan voor de andere objecten en was in 2012 veel lager dan in het aanvangsjaar 2010. Dit wijst erop dat de huidige kaliumbemesting wellicht te laag was om de gewasexport te compenseren.

In 2013 werden evenmin significante verschillen in de bodemparameters gevonden tussen de objecten bemest met digestaatproducten of bemest met minerale meststoffen. De hoge initiële fosforvoorraad in de bodem maakt dat er na 4 proefjaren nog geen verschillen te merken waren in de P-beschikbaarheid op de veldjes van de verschillende objecten. Aan deze meting was ook een hoge variantie verbonden. Het extraheerbaar kaliumgehalte vertoonde geen significante verschillen, maar was, net zoals in 2012, lager dan in het aanvangsjaar 2010.

2.2.4 Conclusie

Na het 1e en 2e proefjaar (2010 en 2011), werden geen duidelijke effecten van de bemesting gemeten, noch in de opbrengst (maïs en aardappel), noch in de bodemparameters. De objecten bemest met organische producten scoorden even goed als de objecten die louter mineraal werden bemest. Dit was te verwachten aangezien de bodem in het algemeen goed voorzien is van fosfor. Na het 3e proefjaar (2012) werden significante verschillen gemeten in de opbrengst van de voederbieten. De met gft-compost bemeste veldjes brachten minder op, vermoedelijk te gevolge van de lage werkingscoëfficiënt van de nutriënten in de compost. Er werden geen significante verschillen in de bodemparameters gevonden tussen de objecten bemest met digestaatproducten of minerale meststoffen. Na het 4e proefjaar (2013) werden geen significante verschillen gemeten in de opbrengst. De hoge N-bemesting, vastgelegd in de proefopzet maakte het gewas gevoelig voor legering wat resulteerde in hoge opbrengstvariëaties. De met mengmest en gft-compost bemeste veldjes legerden minder, wat resulteerde in een significant hoger hectolitergewicht van het graan op deze veldjes.

Digestaatproducten aangevuld met minerale mest lijken bijgevolg een goed alternatief voor dierlijke mengmest en minerale meststoffen. Ze leveren een gelijkaardige opbrengst en kwaliteit van de teelten op en vertonen geen significante verschillen in bodemparameters.

Object	2010 Maïs Hele plant	2011 Aardappelen Knollen	2012 Voederbiet Biet	2013 Haver Graan
P1	103	100	101	101
P2	105	102	100	93
P3	107	99	104	112
P4	101	100	101	103
P5	106	97	105	90
P6	95	97	101	103
P7	103	97	98	99
P8	102	96	100	93,2
Df	104	106	106	88
Eff	101	102	99	92
GDM	105	100	108	94
GDZ	101	99	101	88
GFT	96	101	83	114
Mm	93	104	89	113
OBA	101	100	103	118
	100 = 18,99 t DS/ha	100 = 15,70 t DS/ha	100 = 20,67 t DS/ha	100 = 6,07 t DS/ha

Tabel 7

Relatieve droge stof (DS) opbrengsten van de verschillende objecten voor opeenvolgende proefjaren

2.2.5 Referenties

Mathias Cougnon, Prof. dr. ir. Dirk Reheul,
Vakgroep Plantaardige Productie,
Universiteit Gent

Thijs Vanden Nest, Instituut voor
Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO)

Elke Vandaele, Vlaamse
Compostorganisatie (Vlaco) v.z.w.

Dit onderzoeksproject werd gefinancierd
door de Vlaamse Compostorganisatie
(Vlaco) v.z.w.

2.3

VELDPROEF AKKERBOUWROTATIE (2008 - 2013)

Teelt	Akkerbouwrotatie met suikerbieten, maïs, aardappelen en winterarwe	Indeling	4 blokken (4 behandelingen/blok)
Locatie	Praktijkveld Lendeledede	Subplots	16 subplots (9 m x 12 m)
Periode	2008 – 2013	Objecten	4
Bodemtype	Lichte leem	Herhalingen	4
Referentie	Drijfmest in combinatie met minerale mest		
Bemestingsproducten	(1) Ruw digestaat (2) Gedroogde digestaatkorrel (3) Groencompost		

Tabel 8

Overzicht veldproeven akkerbouwrotatie (2008 – 2013)

Jaar	Gewas	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	MgO (kg/ha)
2008	Suikerbieten (Marcel)	216	340	70	80
2009	Maïs (Agro Lux)	175	150	60	80
2010	Aardappelen	241	353	70	100
2011	Maïs (Aurelia)	211	270	80	90
2012	Winterarwe (sp. Carenius)	188	60	60	30
2013	Suikerbieten (Isabelle)	165	320	70	50

Tabel 9

Bemestingsadvies opgesteld op basis van een bouwvooranalyse en een N-analyse in de laag 0-90 cm

2.3.1 Doel

De doelstelling van dit onderzoeksproject was het testen van verschillende vormen van digestaat als meststof in een akkerbouwrotatie. Ook de complementariteit met groencompost als bodemverbeteraar werd getest.

2.3.2 Proefopzet

De proef onderzocht de gebruiksmogelijkheden van digestaat, groencompost en gedroogde digestaatkorrel in de akkerbouwrotatie van suikerbieten (2008 en 2013), maïs (2009 en 2011), aardappelen (2010) en winterarwe (2012). Een overzicht wordt weergegeven in Tabel 8. Op elk veld werden verschillende behandelingen aangelegd met verschillende dosissen van zeugendrijfmest, ruw digestaat, groencompost, gedroogde digestaatkorrel en kunstmest. De 4 objecten vergeleken in deze veldproef zijn:

- Object 1: advies maximaal ingevuld met zeugendrijfmest en aangevuld met kunstmest
- Object 2: advies maximaal ingevuld met ruw digestaat en aangevuld met kunstmest
- Object 3: advies maximaal ingevuld met gedroogde digestaatkorrel en aangevuld met kunstmest
- Object 4: advies ingevuld met groencompost en ruw digestaat en aangevuld met kunstmest

Op basis van een bouwvooranalyse en een N-bepaling in de laag 0-90 cm, werd een bemestingsadvies opgesteld voor de teelten (Tabel 9).

Bij het invullen van de objecten werd de maximale hoeveelheid dierlijke mest toegediend, rekening houdend met de bemestingsnormen. De nutriënten werden aangevuld met kunstmest tot het advies van werkzame stikstof (zie Tabel 10). Bij gedroogde digestaatkorrel is de verhouding van de aanwezige stikstof en fosfaat anders dan bij drijfmest en digestaat. Het hoge fosfaatgehalte in de gedroogde digestaatkorrel verhindert namelijk de mogelijkheid om een belangrijk aandeel van het N-bemestingsadvies met dit bemestingsproduct in te vullen.

Jaartal	Gewas	Object	Hoeveelheid organische mest	N totaal organisch	N werkbaar organisch ¹	N kunstmest	P ₂ O ₅	Totaal N werkbaar
2008 ²	Suikerbiet	1	15 ton drijfmest ³	107	74	102	68	176
		2	25 ton digestaat	135	91	85	178	176
		4	16 ton digestaat	86	58	85	114	158
			30 ton compost ⁴	49	15		28	
2009	Maïs	1	30 ton drijfmest	162	112	63	123	175
		2	19 ton digestaat	112	74	101	116	175
		3	2,1 ton korrel	52	27	154	103	181
		4	13 ton digestaat	77	51	109	79	175
			(30 ton compost in 2008) ⁴	49	15		28	
2010	Aardappel	1	21 ton drijfmest	67	44	197	56	241
		2	19 ton digestaat	131	79	163	90	242
		3	2,5 ton korrel	103	62	179	95	241
		4	13 ton digestaat	90	54	170	94	239
			(30 ton compost in 2008) ⁴	49	15			
2011	Maïs	1	20 ton drijfmest	118	71	79	100	197
		2	17 ton digestaat	90	54	96	85	186
		3	2,3 ton korrel	25	7	143	81	168
		4	14 ton digestaat	74	45	90	70	268
			30 ton compost ⁵	104	16		22	
2012	Wintertarwe	1	19 ton drijfmest	89	54	30-54-50	84	188
		2	19 ton digestaat	89	53	30-55-50	43	188
		3	1,9 ton korrel	23	7	68-63-50	57	188
		4	19 ton digestaat	89	53	30-39-50	43	188
			30 ton compost in 2011 ⁴	104	16		22	
2013	Suikerbiet	1	39 ton drijfmest	105	63	87	25	150
		2	26 ton digestaat	121	73	77	68	150
		3	1,9 ton korrel	42	13	137	63	150
		4	17 ton digestaat	79	48	86	45	150
			30 ton compost in 2011 ⁴	104	16		22	

1 In 2008, 2009 en 2010 werd volgende formule gehanteerd: werkbare N = (N_{tot} - NH₃-N) x 0,475 + (NH₃-N x 0,8), terwijl in 2011, 2012 en 2013 de werkbare N werd berekend op basis van de werkingscoëfficiënten voor drijfmest (60%), digestaat (60%), gedroogde digestaatkorrel (30%) en groencompost (15%) volgens MAP IV (VLM).

2 In 2008 werd beslist om object 3 (digestaatkorrel) niet aan te leggen.

3 Wegens het niet nauwkeurig kunnen afstellen van de injecteur bij lage dosissen, werd een hogere dosis toegediend dan vooropgesteld.

4 30 ton compost voor 3 jaar, slechts 1/3 van de hoeveelheid nutriënten moet het 1e jaar in rekening worden gebracht; bij compost werd de werkbare N berekend als 1/10 van de totaal toegediende hoeveelheid N.

5 Eind 2010 werd 30 ton compost toegediend voor 3 jaar, slechts 1/3 van de hoeveelheid nutriënten moet in rekening gebracht worden in het 1e jaar; bij groencompost moet slechts 50% van de P₂O₅ in rekening gebracht worden.

Tabel 10

Invulling van de bemestingsproefobjecten (kg/ha) voor de 6 proefjaren

	Ruw digestaat	Zeugen-drijfmest	Gedroogde digestaatkorrel	Groencompost
Organische stof	47 - 72	7,6 - 63	220 - 611	170 - 247
Calcium (CaO)	2,1 - 8,7	0,56 - 4,7	23 - 53	25
Fosfor (P ₂ O ₅)	2,3 - 7,1	0,64 - 5,0	30 - 49	2,8 - 4,4
Kalium (K ₂ O)	3,9 - 6,0	2,2 - 6,3	5,0 - 24	9,4
Magnesium (MgO)	1,1 - 2,4	0,20 - 2,3	5,8 - 19	3,6
Natrium (Na ₂ O)	0,80 - 6,8	0,88 - 2,2	1,9 - 22	0,96
Droge stof	67 - 108	14 - 89	362 - 924	603 - 719
Totale N	4,7 - 6,9	2,7 - 7,1	11 - 41	4,9 - 10
Ammoniakale N (NH ₃ -N)	2,4 - 3,4	2,2 - 4,8	< 0,46 - 12	0,29 - 0,64

Tabel 11

Eigenschappen van de bemestingsproducten gebruikt in de 6 bemestingsproeven van 2008 tot 2013 (kg/ton vers gewicht)

2.3.3 Resultaten

2.3.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten

De fysico-chemische eigenschappen van de organische meststoffen worden weergegeven in Tabel 11. Bij de verschillende objecten werden de andere voedingselementen verder aangevuld met kunstmest tot aan het advies.

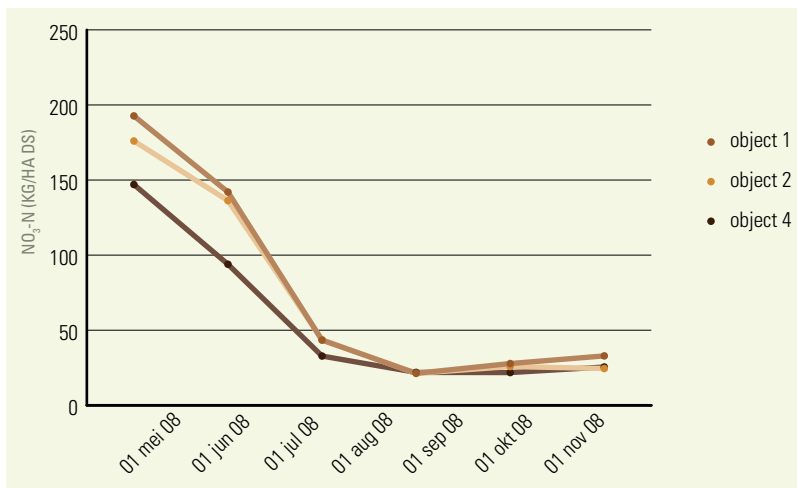
2.3.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit

Over de 6 jaren heen werden er gedurende het groeiseizoen van de verschillende gewassen visueel (gewaskleur, gewasontwikkeling en uniformiteit) geen verschillen waargenomen tussen de verschillende objecten. Bij de oogst werden evenmin significante verschillen waargenomen in het percentage droge stof van de gewassen. De variërende kwaliteits- en opbrengstparameters worden hieronder beschreven.

■ Teelt van suikerbieten (2008)

De netto-opbrengst van de bieten (10 m² met de hand geoogst) was significant hoger bij object 4 (ruw digestaat en groencompost) dan bij object 1 (drijfmest). Tussen de andere objecten waren er onderling geen significante verschillen. Het laagste suikergehalte en de laagste suikeropbrengst werden bekomen bij object 2 (digestaat). Uit de gewasanalyse bleek er bij oogst geen significant verschil te zijn tussen de objecten wat betreft de totale hoeveelheid stikstof die door de suikerbieten werd opgenomen. De verschillende objecten vertoonden wel een verschillend moment van opname van de benodigde stikstof: in object 1 (drijfmest) en object 4 (ruw digestaat en groencompost) namen de suikerbieten de benodigde stikstof redelijk verspreid tijdens het groeiseizoen op. De grootste opname gebeurde echter voor juli. De suikerbieten in object 2 (digestaat) namen de stikstof vooral op in de zomer.





Figuur 5
Evolutie van het NO₃-N-gehalte in de laag 0-90 cm voor de verschillende objecten

▪ Teelt van maïs (2009)

Uit de gewasanalyses bleek er bij oogst een significant verschil te zijn tussen de objecten wat betreft de totale hoeveelheid stikstof die door de maïs werd opgenomen. In object 4 (ruw digestaat en groencompost) was significant meer stikstof aanwezig in de maïs in vergelijking met de andere objecten. Het gehalte nitrische stikstof bleek het hoogst te zijn bij object 1 (drijfmest) en zelfs significant hoger dan bij object 3 (digestaatkorrel) en object 4 (ruw digestaat en groencompost).

▪ Teelt van aardappel (2010)

Er bleek geen verschil te zijn in de opbrengst van de aardappelen tussen de vier objecten. Ook bij de bakkwaliteit waren er geen aantoonbare verschillen. Bij het onderwatergewicht en de blauwgevoeligheid werden wel significante verschillen gevonden. Na toepassing van drijfmest (object 1) en digestaatkorrels (object 3) lag het onderwatergewicht het hoogst. Dit resulteerde tevens in een hogere blauwgevoeligheid. Ook de overige twee objecten hadden een onderwatergewicht dat voldoende hoog lag om aanvaardbaar te zijn voor de industrie. Uit de knolanalyses na oogst bleek er geen statistisch significant verschil te zijn tussen de objecten wat betreft de totale hoeveelheid

stikstof die door de aardappelen werd opgenomen. In object 4 (compost + digestaat) was het meeste stikstof aanwezig in de knollen in vergelijking met de andere objecten en het minst in object 3 (digestaatkorrels).

▪ Teelt van maïs (2011)

Uit de gewasanalyses bleek er bij de oogst geen significant verschil te zijn tussen de objecten met betrekking tot de totale hoeveelheid stikstof die door de maïs werd opgenomen.

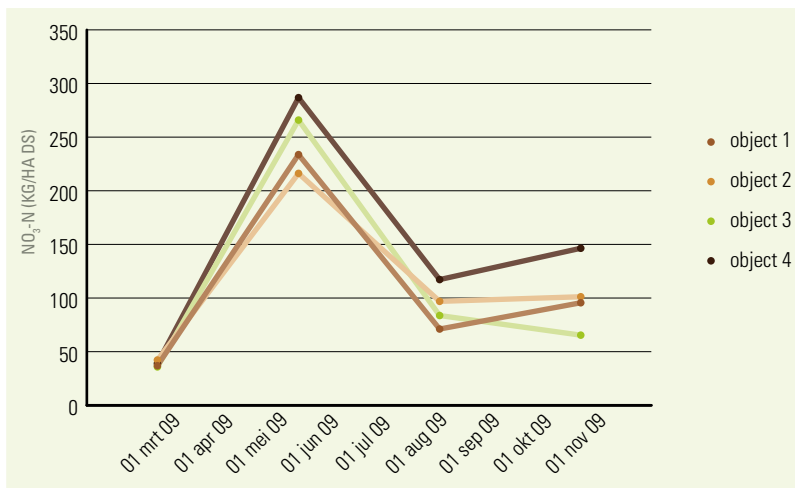
▪ Teelt van wintertarwe (2012)

Bij oogst werden geen significante verschillen waargenomen in het hectolitergewicht en duizendzadengewicht van de wintertarwe. Bij object 1 (drijfmest) werd wel een significant hogere korrelopbrengst bekomen ten opzichte van object 2 (ruw digestaat) en object 4 (ruw digestaat en groencompost). Een mogelijke verklaring voor het verschil in opbrengst kan te wijten zijn aan het feit dat de werkingscoëfficiënt van digestaat misschien toch niet op dezelfde manier mag ingeschat worden als deze van drijfmest (zowel bij drijfmest als bij digestaat werd in deze proef met een werkingscoëfficiënt van 60% gerekend).

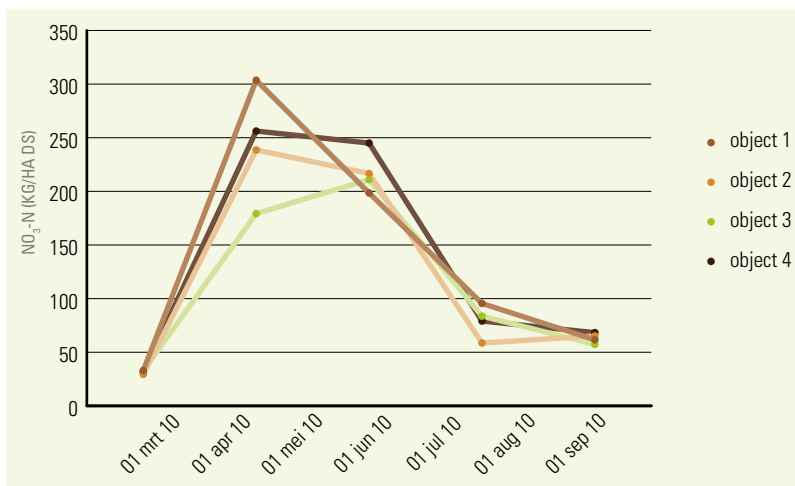
▪ Teelt van suikerbieten (2013)

Uit de proef bleek er geen verschil te zijn in netto-opbrengst en suikergehalte tussen de verschillende objecten. Bijgevolg was ook de totale suikeropbrengst per hectare niet significant verschillend voor de verschillende objecten.





Figuur 6
Evolutie van het NO₃-N-gehalte in de laag 0-90 cm voor de verschillende objecten



Figuur 7
Evolutie van het NO₃-N-gehalte in de laag 0-90 cm voor de verschillende objecten

2.3.3.3 Impact op bodemkwaliteit

De resultaten van de bodemparameters over de 6 proefjaren heen worden hieronder besproken.

▪ Teelt van suikerbieten (2008)

Gedurende het groeiseizoen bleek bij object 4 (ruw digestaat en groencompost) het minerale N-gehalte in de bodem tot eind juli lager te liggen in vergelijking met de andere objecten (Figuur 5). Bij de oogst was er echter nauwelijks een verschil waar te nemen tussen de objecten wat betreft het minerale N-gehalte in de bodem. Uit de stikstofbalans bleek bovendien dat bij object 4 in de bodem waarschijnlijk de meeste mineralisatie van stikstof heeft plaatsgevonden in vergelijking met de andere objecten.

▪ Teelt van maïs (2009)

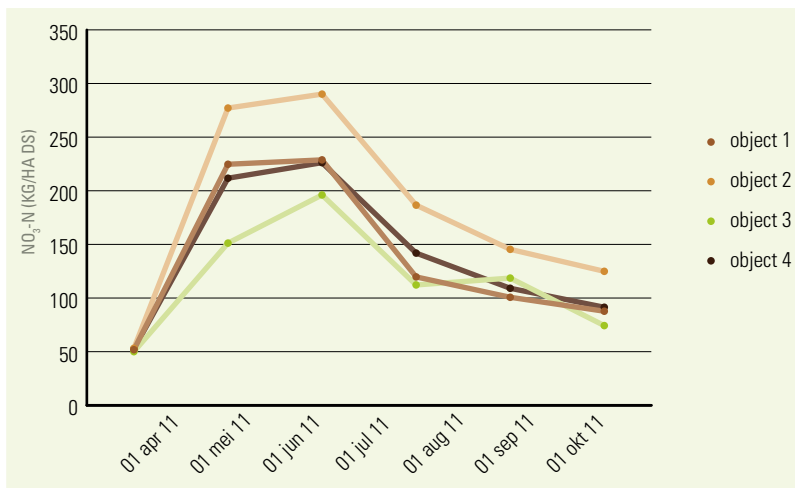
De hoeveelheid minerale stikstof in de bodem was bij object 4 (ruw digestaat en groencompost) gedurende het volledige groeiseizoen het hoogst, ook bij de oogst (Figuur 6). Het hoge stikstofgehalte in de bodem (en het gewas) zorgde er dan ook voor dat bij object 4 de stikstofbalans het meest positief was. Bij object 4 is het verschil in stikstof tussen wat aanwezig was bij oogst en wat aanwezig was bij het begin van het groeiseizoen ongeveer 200 eenheden hoger dan bij de andere objecten. Dit laat vermoeden dat de compost die in 2008 werd toegediend, pas in 2009 ten volle werd afgebroken en gemineraliseerd.

▪ Teelt van aardappel (2010)

Uit de bodemanalyses bleek dat eind mei het totale minerale stikstofgehalte in de bodem het hoogst was bij object 1 (drijfmest) en het laagst bij object 3 (korrel), zoals afgeleid kan worden uit Figuur 7. De verschillen werden verder in het seizoen steeds kleiner en bij oogst was zelfs de hoeveelheid minerale stikstof bij alle objecten bijna even laag.

▪ Teelt van maïs (2011)

Gedurende het volledige groeiseizoen was de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem het hoogst bij object 2 (ruw digestaat) (Figuur 8). Dat bleek ook het geval bij de oogst. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat de werkingscoëfficiënt



Figuur 8
Evolutie van het NO₃-N-gehalte in de laag 0-90 cm voor de verschillende objecten

van stikstof in het digestaat verkeerd werd ingeschat en in dit geval hoger was dan de 60% die werd vooropgesteld. Het hogere stikstofgehalte in de bodem bij object 2 resulteerde ook in een positievere stikstofbalans in vergelijking met de andere objecten. Na de oogst bleek dat niet alle objecten de norm van 90 kg/ha nitrische reststikstof in de bodem behaalden; bij object 2 (ruw digestaat) werd de norm niet bereikt, bij de objecten 1 (drijfmest) en 4 (compost en ruw digestaat) werd de norm net gehaald en bij object 3 (gedroogde digestaatkorrel) werd de norm wel gehaald.

▪ Teelt van wintertarwe (2012)

Bij aanvang van het groeiseizoen was het reserve aan minerale stikstof in de bodem het hoogst bij het object met ruw digestaat (object 2) en het object met ruw digestaat in combinatie met compost (object 4) (Figuur 9). Bij het object met ruw digestaat bleef dit zo gedurende bijna het volledige groeiseizoen. Waar bij het begin van het groeiseizoen het gehalte aan nitrische stikstof ongeveer even hoog was in de objecten waar ruw digestaat werd toegepast, al dan niet in combinatie met compost, bleek in het najaar het gehalte nitrische stikstof in de bodem bij het object waar zowel ruw digestaat als compost (object 4) werd toegediend, ongeveer 10 kg/ha lager te liggen in vergelijking met het object waar enkel ruw digestaat (object 2) werd toegediend (Figuur 9). Dit kan misschien verklaard worden door het feit dat bij het object waar zowel ruw digestaat als compost werden toegediend, 16 eenheden minder stikstof

uit kunstmest werden toegediend omwille van de stikstof uit de compostgift (najaar 2010) die nog moest worden meegerekend. Bij de nitraatresidubepaling in het najaar overschreed geen enkel object de norm van 90 kg/ha nitraat die wordt opgelegd in het Mestdecreet.

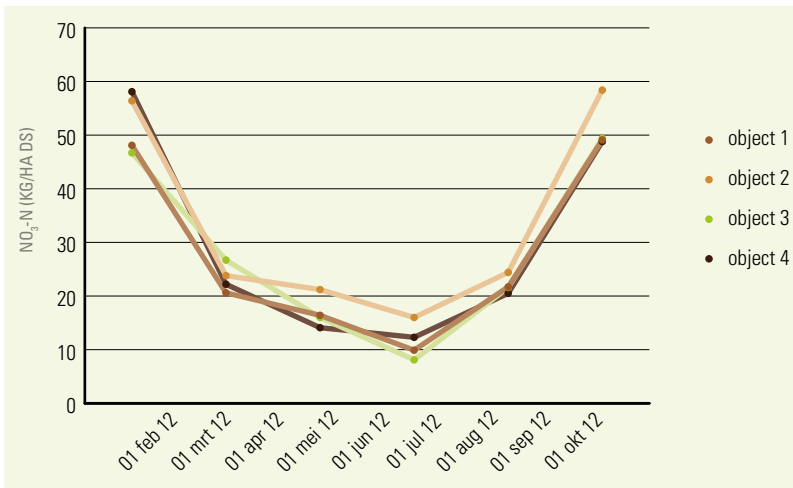
Uit de bodemanalyse bij aanvang van de proef in het voorjaar bleek het koolstofgehalte bij het object waar reeds tweemaal compost werd toegediend (voorjaar 2008 en najaar 2010) iets hoger te liggen in vergelijking met de andere objecten. Het gebruik van compost zal hier vermoedelijk hebben bijgedragen tot het hogere koolstofgehalte in de bodem.

▪ Teelt van suikerbieten (2013)

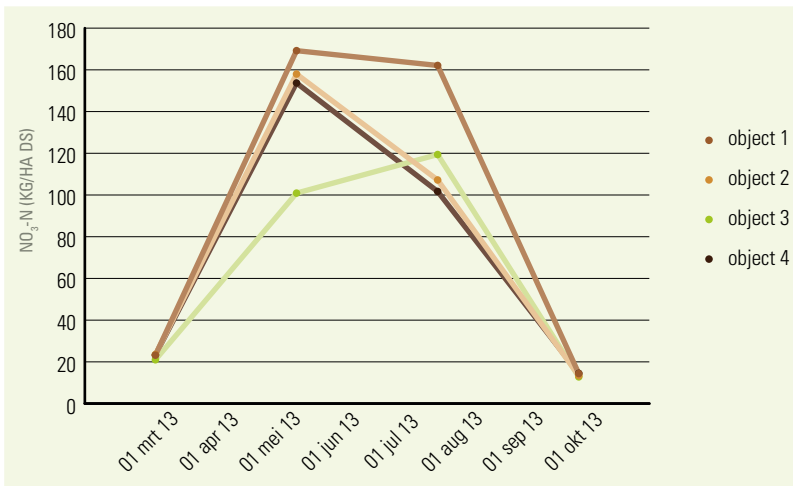
Gedurende het groeiseizoen was de hoeveelheid nitrische stikstof in de bodem het hoogst bij object 1 (drijfmest), zoals te zien is in Figuur 10. Bij de oogst in oktober 2013 bleken er amper verschillen te zijn tussen de objecten wat betreft de hoeveelheid reststikstof nog aanwezig in de bodem. Gemiddeld bedroeg de hoeveelheid nitrische reststikstof 14 kg/ha, wat dus ruim onder de norm van 90 kg/ha ligt.

2.3.4 Conclusie

Digestaatproducten zijn een goed alternatief voor dierlijke mengmest in akkerbouwrotatie. Het gebruik van digestaat, compost of gedroogde digestaatkorrel resulteerde in even goede opbrengsten en kwaliteit van de teelten. Ook naar het nitraatresidu toe werden, met uitzondering na het toedienen van ruw digestaat voor de teelt van maïs in 2011, geen verschillen opgemerkt. Daarnaast leveren digestaatproducten een belangrijke besparing op minerale nutriënten: de vervangingswaarde van 1 ton ruw digestaat bedraagt €11,45 per ton en een ton gedroogd digestaat bevat voor €130,98 per ton nutriënten en koolstof.



Figuur 9
Evolutie van het NO₃-N-gehalte in de laag 0-90 cm voor de verschillende objecten



Figuur 10
Evolutie van het NO₃-N-gehalte in de laag 0-90 cm voor de verschillende objecten

2.3.5 Referenties

Lies Willaert, Inagro v.z.w.

Elke Vandaele, Vlaamse Compostorganisatie (Vlaco) v.z.w.

Dit onderzoeksproject werd gefinancierd door de Vlaamse Compostorganisatie (Vlaco) v.z.w.

2.4

PERENTEELT

(2013)

Teelt	Conference peren, opgeplant op Kwee C.	Dichtheid	2500 bomen/ha
Locatie	Boomgaard Ransberg	Plantafstand	3 x 1,2 m
Periode	Maart – September 2013	Objecten	8
Bodemtype	Lichte leem	Plantsysteem	V-haag
Referentie	Minerale bemesting		
Bemestingsproducten	(1) Digestaat (2) Effluent van biologische mestverwerking (3) Struviet (4) Drijfmest		

Tabel 12
Overzicht teelt van peren (2013)

2.4.1 Doel

Binnen deze proef wordt nagegaan welke restproducten van mestverwerking (effluent, digestaat) en waterzuivering (struviet) geschikt zijn voor de perenteelt.

2.4.2 Proefopzet

De proefopzet van de perenteelt wordt weergegeven in Tabel 12 en 13.

2.4.3 Resultaten

2.4.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten

De samenstelling van de gebruikte bemestingsproducten verschilde per jaar, naargelang wat er precies verwerkt werd in de biogasinstallatie of bij de mestverwerker. De samenstelling wordt weergegeven in Tabel 14.

2.4.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit

In 2013 was er vrij veel schade door de late wintervorst in maart, vooral in het eerste deel van de rijen. De proef was wel gerandomiseerd, toch maakte de schade het moeilijk om besluiten te trekken voor productie, vruchtzetting en vruchtmaat. Bij de pluk in 2013 werd van elk object een vruchtstaal genomen om de minerale samenstelling te bepalen. Bij twee objecten, namelijk de controle (al 2 jaar geen N-bemesting) (object 1) en effluent (object 6), hadden de vruchten een te laag N-gehalte. Alle andere objecten vertoonden een vergelijkbaar N-gehalte, ondanks het koude voorjaar. De combinatie van digestaat (voorjaar) en kaliumnitraat (zomer) (object 5) zorgde voor het hoogste N-gehalte in de vruchten. Dit leidde, zoals te zien is in Figuur 11, na bewaring tot het grootste aandeel groene vruchten (zie verder). Het hoogste fosforgehalte werd gemeten voor struviet (object 7). Het kaliumgehalte in de bodem is al jaren zeer hoog. Vandaar dat het K-gehalte van de controle nog ruim boven de streefwaarden zit. Bij de pluk werd ook de intrinsieke vruchtkwaliteit bepaald om na te gaan of er



Scenario	Product	Stikstof		Fosfor		Kalium		Magnesium	
		Kunst-mest	Org. mest (N _w) ¹	Kunst-mest	Org. mest	Kunst-mest	Org. mest	Kunst-mest	Org. mest
1	Controle	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Drijfmest	-	36	-	55	-	43	50	-
3	Drijfmest + kalknitraat	20	36	-	55	-	43	50	-
4	Digestaat		40	-	36	-	30	50	-
5	Digestaat (voorjaar + zomer) ²	20	40	-	36	67	30	50	-
6	Effluent	36	4	30	2	-	50	50	-
7	Struviet	30	10	-	56	-	-	30	20
8	Kunstmest	40	-	55	-	50	-	50	-

1 N_w: werkzame stikstof

2 Als gevolg van de wisselende productie door de vorstschade, werd er beslist om geen bijbemesting met digestaat te geven in de zomer. In de plaats daarvan werd 150 kg/ha kaliumnitraat gestrooid.

Tabel 13

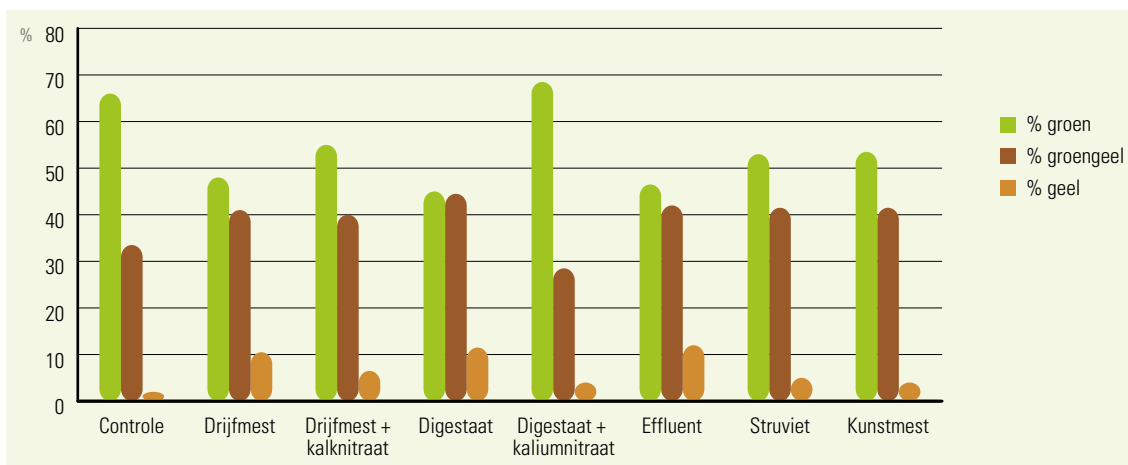
Bemesting uitgevoerd in 2013 (uitgedrukt in kg/ha)

	Drijfmest	Digestaat	Effluent
Fosfor (P ₂ O ₅)	5,6	3,9	0,15
Kalium (K ₂ O)	4,4	4,1	3,3
Totale stikstof (N _t)	6,1	7,3	0,43
Werkzame stikstof (N _w)	3,7	4,4	0,26

1 Het toegediende kalknitraat bestond uit 15,5 %N en het toegediende struviet uit 28 %P₂O₅.

Tabel 14

Nutriëntensamenstelling van de gebruikte bemestingsproducten (kg/ton)¹



Figuur 11
Achtergrondkleur van de peren na bewaring (uitgedrukt in percentages)

verschillen in rijping zijn. Er werden stalen genomen en in ULO bewaard tot midden januari. Na bewaring werd van deze vruchten opnieuw de kwaliteit bepaald. Hiervoor werd zowel de hardheid als de achtergrondkleur bepaald. Daarna werden de peren op uitstal gezet gedurende 10 dagen. Na 7 dagen werden ze gesorteerd om te kijken hoe snel de peren afleven. Bij de pluk werden er geen verschillen in vruchtkwaliteit waargenomen. Zelfs de controle, die al 2 jaar geen bemesting kreeg (uitgezonderd calciumfertilisatie in de zomer), had nog een goede kwaliteit. Na bewaring waren er 2 objecten waarneembaar met een iets lagere hardheid, namelijk het object met digestaat en het object met kunstmest. Wat de achtergrondkleur betreft, had de controle wonderwel nog het grootste aandeel groene peren na bewaring (Figuur 11) en de kwaliteit bleef zelfs vrij goed na 1 week uitstal. Bij de bemeste objecten kwam vooral de combinatie van digestaat (voorjaar) en kaliumnitraat (zomer) (object 5) goed naar voor. De reden hiervoor is het hoge N-gehalte in de vruchten. Tussen digestaat en drijfmest was er weinig verschil in kwaliteit. Na de pluk werd de gemiddelde scheutlengte bepaald om een idee te krijgen van de groeikracht. Statistisch gezien was er geen verschil in scheutlengte. Er is wel een tendens tot iets langere scheuten bij de objecten waarbij kunstmest gebruikt werd.

2.4.3.3 Impact op bodemkwaliteit

Bij de ganse proef in 2013 werd in de zomer een bodemstaal genomen voor een Spurway-bodemanalyse. Deze methode bootst een lichtzuur bodemmilieu na en geeft zo een vrij goed beeld van wat er voor de bomen beschikbaar is aan voedingselementen. Uit de Spurway-bodemanalyse kan afgeleid worden dat de objecten drijfmest + kalknitraat (object 3) en digestaat (object 4) een kleiner stikstof leverend vermogen vertoonden. Anderzijds stelde het object drijfmest + kalknitraat een grotere hoeveelheid nitraat vrij, terwijl het object met enkel drijfmest slechts een gehalte vergelijkbaar met de controle vertoonde. Het nitraatgehalte in de bodem was hoger bij toepassing van digestaat in vergelijking met drijfmest. De bodemvoorraad aan fosfor werd zowel met struviet als met drijfmest sterk aangevuld. De combinatie van kalknitraat met drijfmest leverde een enorm hoog kaliumgehalte, terwijl dit met enkel drijfmest niet zo naar voor komt. Ook het toedienen van effluent veroorzaakte een sterke stijging aan kaliumvoorraad.

Uit de meting van de hoeveelheid beschikbare stikstof bleek dat voor drijfmest en digestaat een vrij gelijke vrijgave van stikstof en nooit hoge pieken aan beschikbaar nitraat in de bodem bekomen werd, zoals bij kalknitraat vrij vroeg in het voorjaar wel te zien was. Bij de Spurway-analyse was met digestaat wel een hogere bodemvoorraad aan stikstof merkbaar. De trage N-afgifte van digestaat en drijfmest zorgde evenmin voor een te grote hoeveelheid nitraat op het einde van het seizoen. In het najaar werd namelijk nergens de wettelijke norm van 90 kg nitraat overschreden. Het is opmerkelijk dat tussen de controle en de bemesting met kalknitraat een verschil zat van 40 kg/ha, terwijl de controle net als alle andere objecten in de loop van de zomer gefertigeerd werd met calciumnitraat. Het verschil kwam dus voornamelijk voort uit de voorjaarsbemesting.



2.4.4 Conclusie

Op het eerste zicht lijken de producten die in deze proef getest werden, digestaat, effluent van biologische mestverwerking en struviet, geschikt te zijn voor de perenteelt. Toch wordt in vraag gesteld hoe snel de bodem op termijn verzadigd kan geraken met fosfor en kalium na het gebruik van dergelijke producten. Tijdens een eerder uitgevoerd experiment in 2012 met dezelfde producten, werd het beste resultaat bekomen met digestaat in combinatie met kalknitraat voor een snellere N-opname vroeg in het seizoen. In 2013 gaf de combinatie van digestaat (voorjaar) met kaliumnitraat (in de zomer) goede resultaten. Alles wijst erop dat best een combinatie van restproducten met kunstmest gemaakt wordt om zowel een snelle als een trage voedingsbron te hebben.

2.4.5 Referenties

Jef Vercammen, Proefcentrum Fruitteelt (pcfruit) v.z.w.

Dit onderzoeksproject werd gefinancierd door de provincie Vlaams-Brabant

2.5

GLASTUINBOUWTEELT VAN SLA (2013)

Teelt	Sla (<i>Lactuca sativa</i> L.)	Oppervlakte	2 x 400m ² (serre-oppervlakte)
Locatie	PCG, Kruishoutem	Onderverdeling	36 subplots (4m x 2,5m)
Periode	Juni – Juli 2013	Scenario's	8 (dubbele referentie)
Bodemtype	Zandig	Herhalingen	4
Referentie	Minerale bemesting		
Bemestingsproducten	(1) Vloeibare fractie van digestaat (2) Ammoniumsulfaat (3) Struviet (4) Nagezuiverd effluent van biologische mestverwerking		

Tabel 15
Overzicht glastuinbouwproef met sla (2013)

2.5.1 Doel

Het doel van deze studie was het bemestingspotentieel en de impact van het gebruik van 4 types biogebaseerde bemestingsproducten op de teelt van sla na te gaan.

2.5.2 Proefopzet

Het experiment met sla werd uitgevoerd in twee serres van het Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG) v.z.w. in Kruishoutem. Binnen de studie werd het gebruik van de vloeibare fractie van digestaat, struviet, door middel van constructed wetlands (CW) nagezuiverd effluent van biologische mestverwerking en ammoniumsulfaat (Tabel 15) op bodemkwaliteit en gewasopbrengst en -kwaliteit nagegaan. De keuze van sla als testgewas is gebaseerd op het feit dat sla een matige zouttolerantie vertoont, de ervaring van het onderzoekscentrum in de

slateelt en het feit dat sla een belangrijk gewas binnen de glastuinbouw is.

Het experiment bestond uit een willekeurig design met vier herhalingsplots van 10 m² (4m x 2,5m) per behandeling (Tabel 15). Acht verschillende bemestingsscenario's werden uitgevoerd in 2 serres (Tabel 16). In serre 1 werd voor elke behandeling een type minerale meststof vervangen door een biogebaseerd product met gelijkwaardige kenmerken. In serre 2 werden combinatiebehandelingen uitgevoerd met gedeeltelijke of volledige vervanging van minerale meststoffen door een combinatie van biogebaseerde producten. In elk van de twee serres werd een traditionele bemestingsbehandeling met minerale meststoffen (behandeling 1a en 1b) als referentie toegevoegd.

De minerale meststof bestond uit calciumammoniumnitraat (27% N), tripel-superfosfaat (46% P₂O₅) en patent-kali (30% K₂O, 10% MgO). Het ammoniumsulfaat is afkomstig uit een varkensstal in Merkem en de vloeibare fractie digestaat werd gesampled uit de vergister van de Sap Eneco Energie biogascentrale. Struviet werd verzameld op de site van het aardappelverwerkingsbedrijf Agristo in Harelbeke-Hulste. Het effluent afkomstig van constructed wetlands (CW) werd geïncubated op een varkensbedrijf in Langemark. De bemestingsproducten werden fysico-chemisch geanalyseerd om op die manier de maximaal toegelaten dosis te berekenen. De resultaten zijn terug te vinden in Tabel 17.



Scenario	CAN ¹ (kg)	TSP ² (kg)	Patentkali (kg)	Struviet (kg)	Ammonium sulfaat (L)	CW effluent (L)	Vloeibare fractie digestaat (L)
Individuele behandelingen (Serre 1)							
1a	0,78	0,27	0,80	-	-	-	-
2	0,65	-	0,78	0,59	-	-	-
3	-	0,27	0,80	-	2,5	-	-
4	0,78	0,27	-	-	-	161	-
5	-	0,21	0,25	-	-	-	39
Gecombineerde behandelingen (Serre 2)							
1b	0,78	0,27	0,80	-	-	-	-
6	-	-	-	0,59	2,0	157	-
7	-	-	0,27	0,45	-	-	35
8	-	-	0,75	0,59	2,0	-	-

1 CAN: Calcium-ammoniumnitraat; 2 TSP: Tripel-superfosfaat

Tabel 16

Invulling van de bemestingsproefbehandelingen (kg of L) van de producten per plot (10 m²) gebruikt in de serreproef met sla

2.5.3 Resultaten

Bij oogst werd de fysico-chemische analyse van de bodem uitgevoerd met als doel de impact van de biogebaseerde producten op bodemkwaliteit en -vruchtbaarheid na te gaan. Verder werd de nutriëntopname door het gewas bepaald samen met de vermarktbare opbrengst en kwaliteitscontrole van het gewas. De bekomen resultaten werden uiteindelijk verwerkt en vergeleken met de minerale bemestingsreferentie.

2.5.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten

De producten die gebruikt werden in het glastuinbouwexperiment in 2013 waren de vloeibare fractie van digestaat, effluent van nagezuiverde biologische mestverwerking, struviet en ammoniumsulfaat. De fysico-chemische eigenschappen worden weergegeven in Tabel 17.

2.5.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit

De bepaling van het vers en droog gewicht van de slakroppen voor de acht verschillende bemestingsscenario's in de twee serres vertoonde iets hogere waarden voor de behandelingen waarbij ammoniumsulfaat als stikstofmeststof werd toegevoegd (behandeling 3, 6 en 8) in vergelijking met de referenties waarbij louter minerale mest werd toegediend (Figuur 12), deze verschillen waren echter niet statistisch significant.

De kwaliteitscontrole op de sla werd uitgevoerd door te testen voor rand (bruine bladranden), gele bladeren, wortelrot, valse meeldauw (Bremia), bladkleur, uniformiteit en volume. Er werden geen significante verschillen waargenomen met betrekking tot deze parameters vergeleken met de referentie. Nochtans vertoonde de sla in behandelingen 5 en 7, waarbij de vloeibare fractie van digestaat werd gebruikt als stikstofbron, een moeilijke start die nog steeds zichtbaar was bij oogst. Deze moeilijke start was enkel te merken aan de uniformiteit en het volume van de slakroppen (Figuur 13). De oorzaak hiervan kan te maken met twee cruciale variabelen in de vloeibare fractie van digestaat, namelijk elektroconductiviteit (EC) en de aanwezigheid van ammoniak.

De fysico-chemische analyse van de sla vertoonde geen significante verschillen in nutriëntopname door het gewas voor de acht verschillende bemestingsscenario's. De bekomen resultaten met betrekking tot nutriëntopname van het gewas voldeden aan de verwachtingen voor in serres gekweekte sla, hetgeen impliceert dat de toegediende biogebaseerde producten de totale nutriëntvereisten van het gewas vervulden.

2.5.3.3 Impact op bodemkwaliteit

Wat betreft bodemkwaliteit en -vruchtbaarheid werden bij oogst geen significante verschillen waargenomen tussen de individuele behandelingen met biogebaseerde producten (behandeling 2, 3, 4 en 5) en de referentie 1a. Daarentegen werden wel significante verschillen waargenomen voor NO₃-N en beschikbare K in serre 2, waarbij een gedeeltelijke of volledige substitutie werd uitgevoerd. In het geval van volledige substitutie van minerale meststoffen in behandeling 6, werd een significant lager nitraatresidu na oogst waargenomen ten opzichte van referentie 1b, hetgeen een gevolg kan zijn van uitloging die veroorzaakt werd door het toedienen van een groot volume effluent afkomstig van constructed wetlands (CW) (157 L) en ammoniumsulfaat (2 L) als respectievelijk K- en N-meststof op een beperkte oppervlakte, zijnde 10 m²

	Vloeibare fractie digestaat	CW Effluent	Struviet	Ammoniumsulfaat
Droog gewicht (%)	3,3	0,46	92	33
Organisch materiaal (%) ¹	47	6,4	48	100
pH	8,6	7,8	7,3	2,4
EC (dS/m)	41	7,1	0,93	262
Totale N (g/kg)	5,3	0,02	52	86
NH ₄ -N (g/kg)	4,6	0,002	0,97	86
NO ₃ -N (g/kg)	0,002	0,001	0,24	-
P ₂ O ₅ (g/kg)	0,86	0,004	213	0,11
Extraheerbaar P ₂ O ₅ (%) ²	100	8	100	17
K ₂ O (g/kg)	4,4	1,4	11	0,18
Extraheerbaar K ₂ O (%) ³	100	100	10	100
Totale S (g/kg)	0,45	0,04	0,07	53
Cu (mg/kg)	0,28	0,01	1,6	0,32
Zn (mg/kg)	1,3	0,02	8,9	2,9

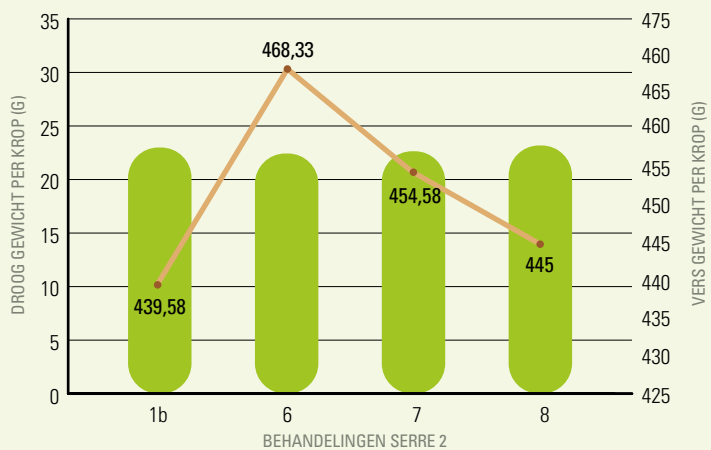
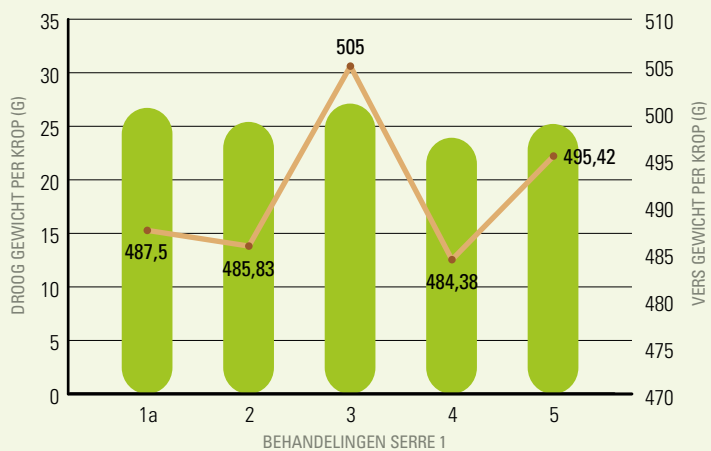
1 Organisch materiaal (OM) werd berekend op basis van het droog gewicht.

2 Hiervoor werd de ammoniumlactaat extractiemethode gebruikt.

3 Hiervoor werd de calciumchloride extractiemethode gebruikt.

Tabel 17

Fysico-chemische karakterisatie van de bemestingsproducten op basis van vers gewicht



Figuur 12

Opbrengst (droog en vers gewicht) per slakrop voor de verschillende behandelingen (uitgedrukt in g/krop)



Figuur 13

De slakroppen waarbij de vloeibare fractie van digestaat werd gebruikt vertoonden een opmerkelijk minder goede uniformiteit en kleur (links) in vergelijking met de slakroppen bemest met andere producten zoals ammoniumsulfaat (rechts)

(Tabel 16). Berekeningen toonden aan dat de bodem waterverzadigd was door toediening van zo'n grote hoeveelheid vloeistof, hetgeen nitraatuitloging in behandeling 6 zou kunnen veroorzaakt hebben tijdens het groeiseizoen met een laag nitraatgehalte bij oogst tot gevolg.

2.5.4 Conclusie

Er is geen significant verschil waarneembaar in droog en vers gewicht van de slakroppen bemest met biogebaseerde meststoffen (struviet, nagezuiverd effluent van mestverwerking, vloeibare fractie van digestaat en ammoniumsulfaat), aangevuld met minerale meststoffen, in vergelijking met de referentie waarbij enkel mineraal werd bemest.

2.5.5 Referenties

Ivona Sigurnjak, Universiteit Gent

Sara Crappé, Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen (PCG) v.z.w.

Dit onderzoek werd gefinancierd door de Europese Commissie onder het Interreg IVb. project ARBOR.

2.6

**VELDPROEF
MET BLOEMKOOL**
(2014)

Teelt	Bloemkool Fortaleza	Oppervlakte	0,3 ha
Locatie	Tielt	Indeling	27 subplots (7m x 7m)
Periode	Maart – Juli 2014	Scenario's	9
Bodemtype	Leem	Herhalingen	3
Referentie	Varkensdrijfmest in combinatie met minerale bemesting		
Bemestingsproducten	(1) Digestaat (2) Vloeibare fractie van digestaat (3) Ammoniumsulfaat		

Tabel 18
Overzicht veldproef met bloemkool (2014)

Scenario	Ammonium-nitraat 27 % (kg N/ha)	Patentkali 30% (kg K ₂ O/ha)	Varkensmest	Ammonium- sulfaat	Digestaat	Vloeibare fractie digestaat
1 (ref) ^a	153	68	13,2	-	-	-
2	143	84	-	-	15,1	-
3	232	135	-	-	-	-
4	0	0	12,8	2,0	-	24
5	0	68	13,2	4,2	-	-
6	43	0	-	-	14,5	29,5
7	0	0	-	-	14,3	42,1
8	71	0	12,8	-	-	24
9	0	0	12,5	-	-	44,8

Tabel 19
Overzicht bemestingsscenario's (ton/ha)

2.6.1 Doel

Het doel van deze proef was nagaan in hoeverre minerale kunstmeststoffen (deels) vervangen zouden kunnen worden door snelwerkende alternatieven afkomstig uit dierlijke mest voor de teelt van (eerste vrucht) bloemkool.

2.6.2 Proefopzet

De proefopzet van de veldproef wordt weergegeven in Tabel 18 en 19. Er werd gekozen voor bloemkool omdat dit gewas een hoge beschikbaarheid van minerale N in het bewortelde gedeelte van de bodem vereist. Het bemestingspotentieel van digestaat en digestaatderivaten werd onderzocht door de vergelijking van negen verschillende teeltscenario's (Tabel 19). In deze scenario's werden digestaat, de vloeibare fractie van digestaat en ammoniumsulfaat toegevend aan de bodem als (partiële) vervangers van synthetische meststoffen of dierlijke mest voor de teelt van eerste vrucht bloemkool. Omdat de proef aangelegd werd in het voorjaar (op een perceel met korrelmaïs als voorvrucht)

was de vrijstelling van minerale N via mineralisatie beperkt zodat de bemestingswaarde van de gebruikte meststoffen duidelijk waarneembaar zou moeten zijn. Omwille van dezelfde reden was ook de invulling van de N-bemesting zeer scherp.

De varkensmest werd verzameld bij Bocotrans (Tielt) en het ammoniumsulfaat (zure lucht scrubberwater) is afkomstig Van Danis (Ardoeie). Het digestaat en de vloeibare fractie van digestaat waren afkomstig uit de vergister van Ampower (Pittem). De bemestingsproducten werden fysico-chemisch geanalyseerd om op die manier de maximaal toegelaten dosis voor de verschillende scenario's volgens het Mestdecreet te berekenen. Op basis van de

Product	Varkensdrijfmest	Spuiwater	Vloeibare fractie digestaat	Digestaat
NH ₄ -N	4,5	36	3,0	3,5
Totale N	6,0	43	3,5	5,9
P ₂ O ₅	2,4	0,0	0,1	4,3
K ₂ O	5,1	0,0	2,9	3,4
Ca	1,5	0,0		
Mg	2,0	0,0		

Tabel 20

Nutriëntensamenstelling van de gebruikte organische meststoffen en kunstmestvervangers (in g/kg verse stof)

grondanalyse, werd een bemestingsadvies opgesteld voor de teelt van bloemkool op leemgrond, zijnde 232 kg/ha effectieve stikstof en 135 kg/ha K₂O. Voor fosfaat (P₂O₅) werd de maximaal toegelaten dosis van 65 kg/ha voor het telen van bloemkool op leemgrond gerespecteerd (cfr. het Vlaams Mestdecreet).

2.6.3 Resultaten

2.6.3.1 Fysico-chemische karakterisatie bemestingsproducten

In deze proef werden naast minerale meststoffen (ammoniumnitraat 27% en patentkali 30%) zowel varkensdrijfmest, ammoniumsulfaat (spuiwater), digestaat van varkensdrijfmest, als de vloeibare fractie van digestaat aangewend. De samenstelling ervan wordt in Tabel 20 gegeven.

2.6.3.2 Impact op gewasopbrengst en -kwaliteit

Uit de opbrengstresultaten van de verschillende scenario's bleek dat zowel de kool- als de bladproductie weinig verschillen. Ook de variatiecoëfficiënten waren vrij laag. Op het eerste zicht leek het er dus op dat alle behandelingen een gelijkwaardige (relatief lage) bemesting ontvingen. Behandeling 3, waar enkel minerale kunstmest gebruikt werd, gaf de hoogste bolopbrengst. Deze verschilde wel niet zoveel van de andere objecten. Bovendien kreeg deze behandeling iets meer werkzame N dan de andere objecten. Door de heterogene samenstelling van varkensdrijfmest en digestaat en de onzekerheid op de analysesresultaten werd er namelijk

voor gekozen scherp (dicht tegen, zelfs licht onder de gewasbehoefte) te bemesten zodat een eventueel sterker dan verwachte N-vrijstelling de proefresultaten niet zou verdoezelen.

Behandeling 4, een combinatie van varkensdrijfmest, spuiwater en dunne fractie van digestaat resulteerde in de laagste bolopbrengst gecombineerd met een hoge bladopbrengst. De lage bolopbrengst was hier wel voornamelijk te wijten aan 1 van de 3 herhalingen. In de twee andere herhalingen was de bolopbrengst vergelijkbaar met de rest van de proef. Er werd ook geen extra uitval waargenomen. De lagere bolopbrengst was te wijten aan kleinere kolen (in 1 herhaling). De heterogeniteit van de toegediende organische meststoffen kan hiervoor een verklaring zijn. De lage N-opname in zowel blad als kool doet vermoeden dat de bemesting hier te scherp geweest is. Of dit tekort te wijten was aan een algemeen lagere bemestingswaarde van de gebruikte meststoffen of een gevolg was van de heterogeniteit van de organische meststoffen valt niet met zekerheid te bepalen. Het feit dat de lagere opbrengst slechts op 1 van de 3 veldjes waargenomen werd, doet vermoeden dat de heterogeniteit van de meststoffen niet uitgesloten mag worden.

2.6.3.3 Impact op bodemkwaliteit

Vergeleken met minerale meststoffen is het moeilijker om de minerale N-vrijstelling uit organische (varkensdrijfmest, digestaat) meststoffen goed in te schatten. Dit neemt niet weg dat organische meststoffen niet zinvol ingezet kunnen worden in de bloemkoolteelt. Zeker als tijdens de

tweede vrucht gewerkt wordt met een bijbemesting tijdens de teelt op basis van een bodemstaal. Op het moment van staalname is de meeste stikstof uit de organische mest vrijgekomen en kan op basis van het bodemstaal bijgepast worden met minerale N. Bij de oogst was de beschikbaarheid van minerale N in de bewortelde zone bij alle objecten laag tot zeer laag. Er spoelde ook geen N uit naar diepere bodemlagen. Het nitraatresidu bij oogst van de teelt overschreed, met uitzondering van behandeling 5 (varkensdrijfmest in combinatie met ammoniumsulfaat), nergens de drempelwaarde. Er werd dan ook zeer scherp bemest en voor sommige objecten was de opbrengst suboptimaal en hoewel geen significante verschillen waargenomen werden, was het onderscheidend vermogen van de test ook zeer laag.

Voor de meeste objecten lag de minerale N bij oogst in de bewortelde zone (0-60 cm) onder het latente N-niveau van 80 kg N/ha. De latente stikstofvoorraad is de minimale hoeveelheid minerale stikstof die in de bewortelde zone aanwezig moet zijn om een optimale groei toe te laten. Uit vergelijking van de opbrengstniveaus van verschillende bemestingsproeven werd een gehalte van 80 kg N/ha vooropgesteld voor een eerste vrucht bloemkool. Dit gehalte is afhankelijk van de algemene bodemvruchtbaarheid (structuur, koolstofgehalte, enz.). Hoe beter de algemene bodemvruchtbaarheid, hoe lager de latente stikstofvoorraad mag zijn. Op het einde van de teelt werd in de meeste behandelingen toch een licht tekort ervaren.

Bij de tussentijdse staalname werd opgemerkt dat de toegediende minerale stikstof

niet uitspoelde naar diepere bodemlagen, maar teruggevonden werd in de bovenste bodemlaag. Bij oogst werd quasi geen minerale N teruggevonden in de diepste bodemlaag. De toegediende minerale N werd dus opgenomen door de teelt. De toegediende organische meststoffen kunnen wel nog aanleiding geven tot N-vrijstelling via mineralisatie na de oogst, maar in deze proef werd dit niet opgevolgd. Het voorjaar van 2014 was relatief koud. De mineralisatie van stikstof uit bodem organische stof (en de organische fractie van de toegediende meststoffen) kwam dus maar langzaam op gang. Als dan nog eens in rekening gebracht wordt dat de oogstresten van de voorteelt (korrelmaïs) voor hun vertering beslag leggen op een gedeelte van de aanwezige minerale stikstof in de bodem, dan kan geconcludeerd worden dat de N-vrijstelling via mineralisatie tijdens deze teelt verwaarloosbaar was. Hetgeen uiteraard niet wil zeggen dat er tijdens de tweede vrucht of andere volgteelt geen sterke mineralisatie kan optreden.

2.6.4 Conclusie

In deze proef werd scherp bemest, rekening houdend met eventuele N-immobilisatie door vertering van de oogstresten van de korrelmaïs van het jaar ervoor zelfs zeer scherp. In vergelijking met de zuiver minerale bemesting werd bij de objecten met organische bemesting iets minder werkzame stikstof toegediend. Dit om eventueel sterke N-vrijstellingen op te vangen en zo toch nog verschillen in bemestingswaarde waar te kunnen nemen.

De algemene conclusie van deze veldproef is dat vrij vergelijkbare resultaten bekomen werden met zowel spuiwater, digestaat, dunne fractie van digestaat als minerale kunstmest. Een aandachtspunt voor verder onderzoek is de heterogeniteit in de samenstelling van de gebruikte varkensdrijfmest en digestaat en hoe dit in rekening te brengen bij het standaardiseren van vervangscenario's.

2.6.5 Referenties

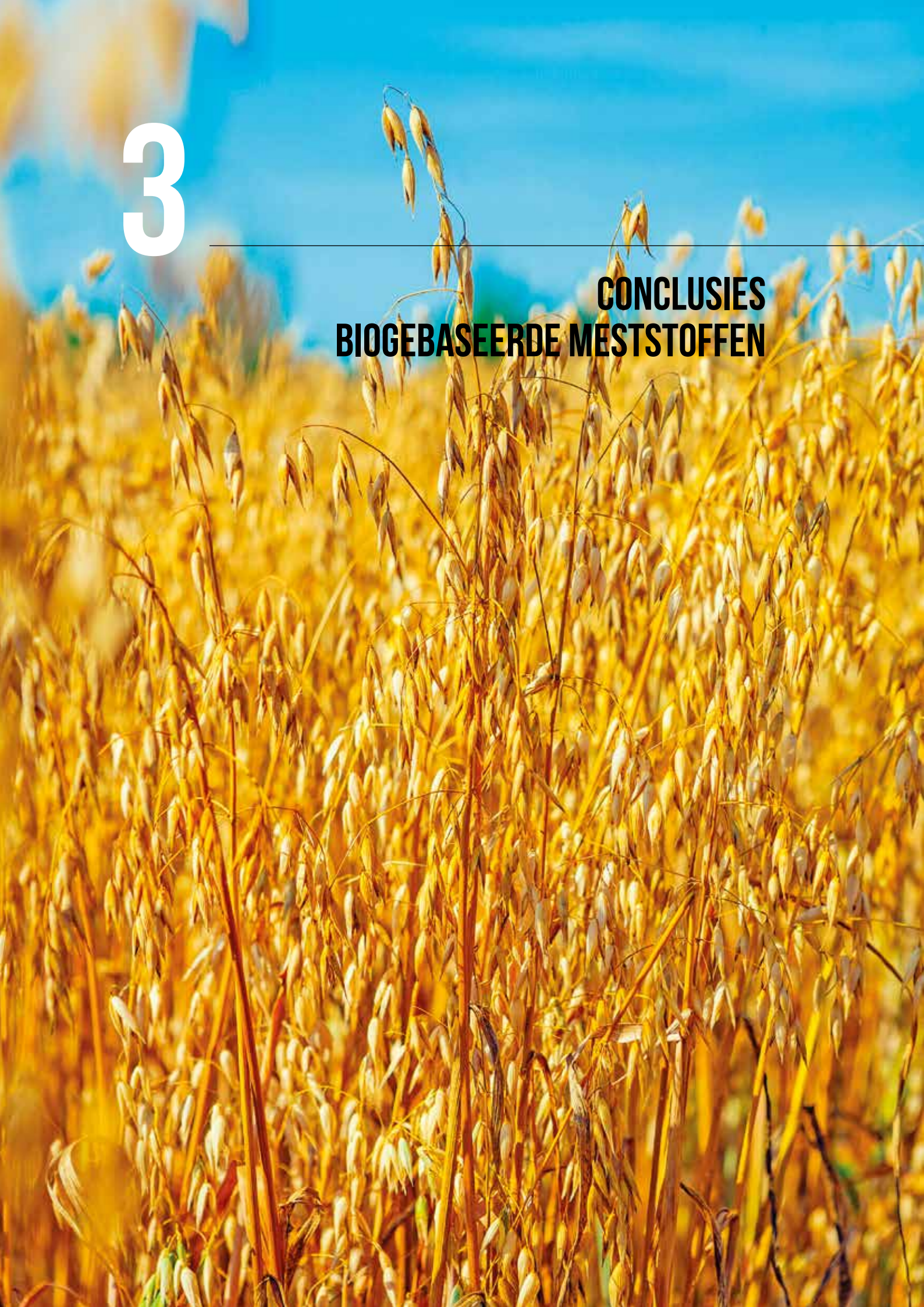
Tomas Van de Sande, Bart Ryckaert, Anke De Dobbelaere, Inagro v.z.w.

Brecht Annicaert, Universiteit Gent

Dit onderzoek werd gefinancierd door de Europese Commissie onder het Interreg IVb. project ARBOR.

3

**CONCLUSIES
BIOGEBASEERDE MESTSTOFFEN**



3.1 Ammoniumsulfaat

Ammoniumsulfaat (spuiwater) is erkend als kunstmest en wordt in de praktijk reeds vaak gebruikt in de akkerbouw.

De veldproeven met energiemais (2011), sla (2013) en bloemkool (2014) bevestigen dat ammoniumsulfaat een waardevolle vervanger is voor synthetische stikstof.

Daarnaast zorgt het gebruik van spuiwater voor een belangrijke zwaveltoediening aan het gewas. Er dient echter opgemerkt te worden dat het gebruik van spuiwater kan resulteren in een zwaveloverschot in de bodem zoals in de veldproef met energiemais het geval was.

3.2 Digestaatproducten

Uit de akkerbouwrotatieproeven (2008-2013) kan geconcludeerd worden dat **ruw digestaat** aangevuld met minerale mest een gelijkaardige opbrengst en gewas- en bodemkwaliteit oplevert in vergelijking met traditionele bemesting waarbij zeugendrijfmest en minerale mest worden toegediend.

Bij de perenteelt vertoonde de combinatie van ruw digestaat (voorjaar) en kaliumnitraat (zomer) zeer goede resultaten; er werd zelfs een hoger stikstofgehalte in de vruchten in vergelijking met louter minerale bemesting bekomen, hetgeen leidde tot het grootste aandeel groene vruchten na bewaring.

Het gebruik van de **vloeibare fractie** van digestaat (al dan niet in combinatie met ruw digestaat) resulteerde in kleine verbeteringen in opbrengst en bodemkwaliteit van energiemais (2011) ten opzichte van de traditionele bemesting met varkensmest en minerale mest. Daarentegen vertoonden de slakroppen (2013) initieel een achtergestelde groei wanneer ze bemest werden met de vloeibare fractie van digestaat, maar er werden geen significante verschillen in de uiteindelijke opbrengst van de sla gemeten. Voor de teelt van bloemkool lag de heterogeniteit van varkenskrijfmest en de vloeibare fractie van digestaat vermoedelijk aan de basis van de lagere bolopbrengst voor 1 van de 3 herhalingen waarbij deze twee producten werden toegediend samen met ammoniumsulfaat. De heterogene samenstelling van digestaat en de vloeibare fractie van digestaat, die afhankelijk is van de input van de vergister, is dan ook een aandachtspunt voor verder

onderzoek. Daarnaast is de werkzaamheid van stikstof uit (de vloeibare fractie van) digestaat moeilijk in te schatten. Zoals o.a. bleek uit de akkerbouwrotatieproeven (2008-2013) zou de werkingscoëfficiënt van stikstof hoger zijn dan de vooropgestelde 60%.

Gedroogde digestaatkorrel (al dan niet in combinatie met mengmest) bleek in de akkerbouwrotatieproeven (2010-2013) een goed alternatief voor dierlijke mengmest wanneer de twee producten aangevuld werden met minerale mest. Het toedienen van de **dikke fractie** van digestaat in combinatie met minerale mest leidde evenmin tot significante opbrengstverschillen ten opzichte van de louter minerale bemesting en de andere bemeste objecten tijdens de akkerbouwrotatieproeven (2010-2013). Na de aardappel oogst (2011), werd zelf een hogere opbrengst in vergelijking met de andere objecten bekomen.

3.3 Effluent van mestverwerking

Het gebruik van minerale meststoffen in combinatie met effluent van biologische mestverwerking (nitrificatie/denitrificatie) leidde voor de akkerbouwrotatie (2010-2013) tot een gelijkaardige bodemkwaliteit, gewasopbrengst en gewaskwaliteit in vergelijking met de referentie (drijfmest en minerale bemesting).

Bij toepassing van effluent als kaliumbron voor de teelt van peren (2013) werd eveneens een gelijkaardige gewasopbrengst en -kwaliteit bekomen in vergelijking met de andere bemeste objecten. Bij pluk werd echter een te laag stikstofgehalte in de vrucht gemeten.

In de serreproef met sla waarbij nagezuiverd effluent afkomstig van constructed wetlands als kaliumbron werd gebruikt, vertoonden de slakroppen geen verschillen met betrekking tot de opbrengst en kwaliteit ten opzichte van de slakroppen die louter mineraal bemest waren. Er werd echter wel een significant lagere nitrische stikstofconcentratie in de bodem waargenomen bij het gebruik van nagezuiverd effluent, vermoedelijk ten gevolge van uitloging na het toedienen van de grote volumes effluent. Opconcentratie van het effluent zou het toe te dienen volume sterk kunnen reduceren.

3.4 Struviet

Uit de resultaten van de veldproef met peren (2013) en de serreproef met sla (2013) bleek dat struviet een waardevolle vervanger is voor commerciële fosfaatbemesters. Hoewel struviet beschouwd wordt als een P-meststof die fosfor traag vrijstelt, was dit product voor de korte teelt van sla toch evenwaardig aan de minerale fosformeststof (tripel superfosfaat).

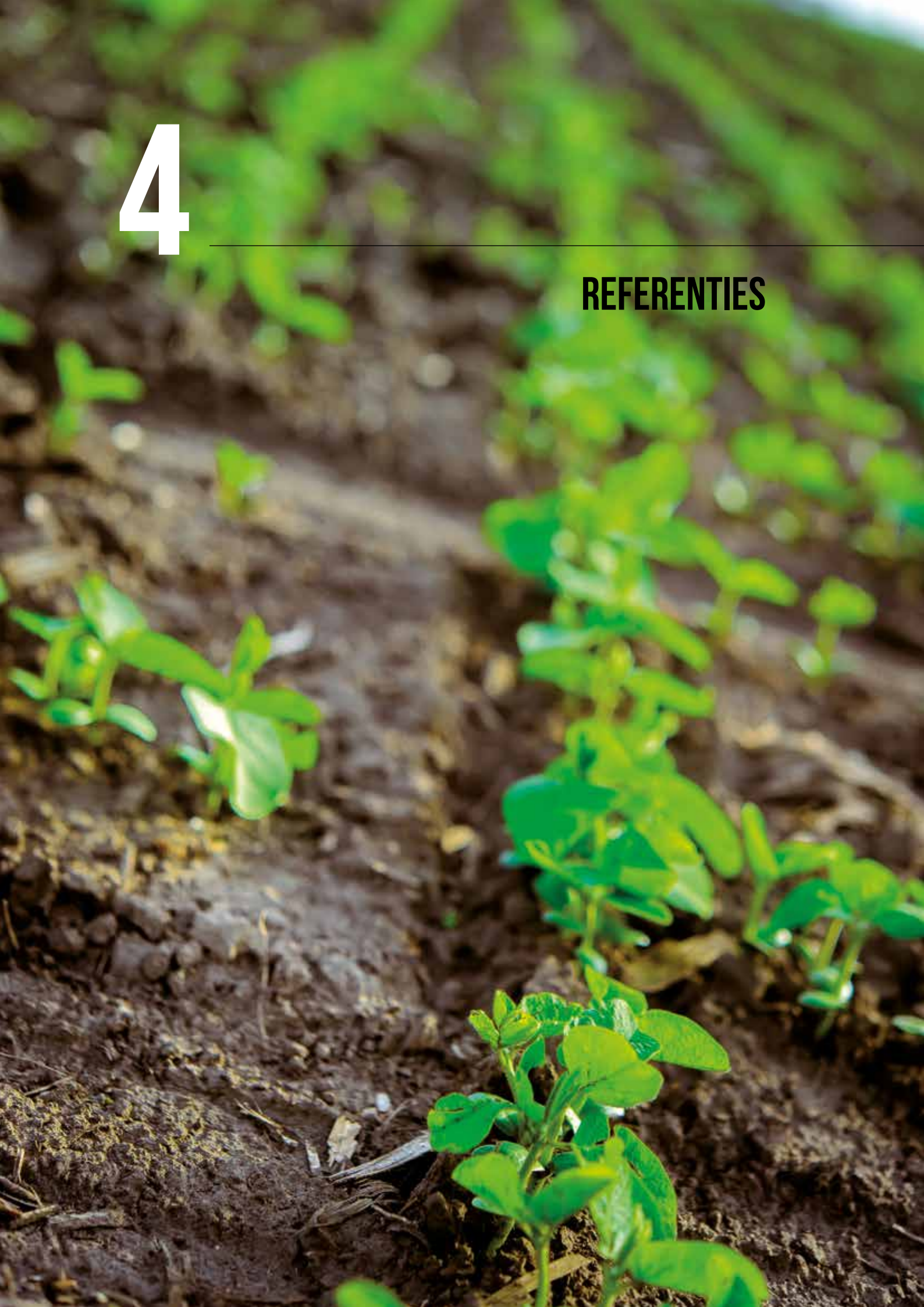
Er werden bovendien geen significante verschillen waargenomen in gewasopbrengst, gewaskwaliteit en bodemkwaliteit ten opzichte van de referentie waarbij louter mineraal werd bemest.

3.5 Compost

Tijdens de akkerbouwrotatie (2010-2013) vertoonden de veldjes bemest met gft compost (gecombineerd met minerale mest) geen significante verschillen ten opzichte van de referentie met drijfmest (gecombineerd met minerale mest), met uitzondering van de relatief lage opbrengsten voor de bieten in 2012. Vermoedelijk is dit een gevolg van de lage werkingscoëfficiënt van de nutriënten in compost. Het (tijdelijk) stikstofgebrek kan ook de oorzaak geweest zijn van de lichtere kleur van het bietenloof tijdens de zomer. Op termijn kan het meermalen toedienen van compost de N-mineralisatie verhogen en daarmee beter voldoen aan de gewasbehoefte. In 2013 daarentegen behaalden de met gft compost bemeste velden de hoogste opbrengsten van de zomerhaver, hetgeen verklaard kan worden door de langzame werking van de stikstof in compost en de lage minerale N-bemesting. Door de hoge minerale stikstofbemesting op de andere objecten stond de haver weelderig met veel legering tot gevolg. Tijdens de akkerbouwrotatie (2008-2013) resulteerde het gebruik van groencompost samen met digestaat in een gelijkaardige opbrengst en kwaliteit van de teelten in vergelijking met dierlijke mengmest. Bij de oogst van de suikerbieten (2008) was de netto-opbrengst zelfs significant hoger dan de opbrengst bij het object met drijfmest. Anderzijds werd met drijfmest een significant hogere korrelopbrengst bekomen bij de teelt van de wintertarwe (2012) in vergelijking met ruw digestaat en groencompost. Bijkomend voordeel van het toedienen van compost is dat er een verhoogd koolstofgehalte in de bodem wordt waargenomen.

4

REFERENTIES



- Hoekstra B., Vandaele E., Vandenbroek, K. Vlaco-compost brengt leven in uw tuin. Vlaco v.z.w.
- Lebuf V., Accoe F., Van Elsacker S., Vaneeckhaute C., Michels E., Meers E., Ghekiere G., Ryckaert B. (2012). Inventory techniques for nutrient recovery from digestate. 26 p.
- Lebuf V., Mouton I., Schollier C., Snauwaert E. (2014). VCM enquête Operationele stand van zaken mestverwerking in Vlaanderen 2013. 22 p.
- Lemmens B., Ceulemans J., Elslander H., Vanassche S., Brauns E., Vrancken K. (2007). Best Beschikbare Technieken (BBT) voor mestverwerking. Academia Press, Gent, België. 335 p.
- Meers E., Michels E., Tolpe I., Tack F. (2008). Verwerking van mest tot loosbaar/herbruikbaar water. *Afvalwaterwetenschap* 7 (2), 116-123.
- NuReSys (2015). The Technology [Internet]. Beschikbaar op www.nuresys.be .
- Vanden Nest T., Ruyschaert G., Vandecasteele B., Cougnon M., Merckx R., Reheul D. (2015). P availability and P leaching after reducing the mineral P fertilization and the use of digestate products as new organic fertilizers in a 4-year field trial with high P status. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 202, 55-67.
- Vaneeckhaute C., Meers E., Michels E., Ghekiere G., Accoe F., Tack F.M.G. (2011). Closing the nutrient cycle by using bio-digestion waste derivatives as synthetic fertilizer substitutes: A field experiment. *Biomass and bioenergy*, 55, 175-189.
- Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking (VCM) (2014). Eindproducten [Internet]. Beschikbaar op www.vcm-mestverwerking.be/information/index_nl.phtml?informationtreeid=44.
- Vlaamse Landmaatschappij (VLM) (2014). Voortgangsrapport Mestbank 2013. 122 p.



met steun van het Agentschap Ondernemen