

Minder en Anders Bemesten

*Resultaten van een vierjarig
project over innovatieve bemesting*

*Geert-Jan van der Burgt, Bart
Timmermans, Sjef Staps,
Wiepie Haagsma*

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in voornamelijk door het ministerie van LNV gefinancierde onderzoeksprogramma's. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het kennisnetwerk voor de Biologische Landbouw en Voeding in Nederland (www.bioconnect.nl). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Zij werken in de cluster Biologische Landbouw (LNV gefinancierde onderzoeksprogramma's) nauw samen. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen.

De resultaten van de onderzoeksprogramma's vindt u op de website www.biokennis.nl. Vragen en/of opmerkingen over het onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: info@biokennis.nl.

© [2010] Louis Bolk Instituut

Minder en Anders Bemesten; resultaten van een vierjarig project over innovatieve bemesting. Geert-Jan van der Burgt, Bart Timmermans, Sjef Staps, 52 pagina's.

Zoekwoorden: bemesting, mineralen, benutting, organische stof, maaimeststoffen bodem. Dit rapport kan gedownload worden vanaf www.louisbolk.nl en www.biokennis.nl. Publicatienummer 2010-032 LbP

Inhoud

Inhoud 5	
Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
2 Joost van Strien	13
2.1 Bedrijfsbeschrijving	13
2.2 Vraagstelling	13
2.3 Proefopzet	13
2.4 Resultaten	15
2.5 Bespreking	18
2.6 Conclusies en aanbevelingen	19
3 Hans Rozendaal	21
3.1 Bedrijfsbeschrijving	21
3.2 Vraagstelling	21
3.3 Proefopzet	21
3.4 Resultaten	23
3.5 Bespreking	29
3.6 Conclusies en aanbevelingen	29
4 Jan van Lierop	31
4.1 Bedrijfsbeschrijving	31
4.2 Vraagstelling	31
4.3 Proefopzet	31
4.4 Resultaten	32
4.5 Bespreking	35
4.6 Conclusies en aanbevelingen	37
5 Gerard Lanting	39
5.1 Bedrijfsbeschrijving	39
5.2 Vraagstelling	39
5.3 Proefopzet	39
5.4 Resultaten	41
5.4.1 Veldproeven	41
5.4.2 Scenario studies	43
5.5 Bespreking	45
5.6 Conclusies en aanbevelingen	45
6 Overall conclusies en aanbevelingen	47
Literatuur	51

Samenvatting

In dit rapport worden samenvattingen gegeven van diverse onderzoeken gedurende drie jaar op vier verschillende bedrijven. Daarbij komt vooral de opbrengst aan de orde en in mindere mate mineralenbalansen en productkwaliteit. De algemene bodemkwaliteit staat uitsluitend in de volledige rapporten die staan vermeld in de literatuurlijst.

Het project richtte zich op minder en anders bemesten in diverse bedrijfstypen met:

- Gelijke of hogere opbrengsten
- Verbetering van de productkwaliteit
- Handhaven of verbeteren van de duurzame bodemvruchtbaarheid.

De resultaten op de vier bedrijven zijn als volgt:

- Bij Joost van Strien is overtuigend aangetoond dat maaimeststoffen zeer goed toepasbaar zijn. De bemestende waarde is ten minste zo groot als van dierlijke mestsoorten, en de mineralenverhoudingen sluiten vaak beter aan bij de gewasbehoefte. De volgende stap is die van gewasniveau naar bedrijfsniveau: wat zijn de gevolgen als een bedrijf mikt op 100% eigen stikstofvoorziening door middel van maaimeststoffen.
- Bij Jan en Hans Rozendaal is de mestbehoefte voor de teelt van courgette teruggebracht door grasklaver als voorvrucht te nemen. De stikstoflevering van voorvrucht grasklaver komt pas later in het seizoen goed op gang, en voor het begin van de productie is een aanvullende bemesting nodig met snel werkende stikstof. Voor de teelt van kool blijkt het systeem met beddenteelt vooralsnog niet te werken en moet er nog flink wat veranderd worden.
- Op het bedrijf van Jan van Lierop is helder naar voren gekomen dat er twee componenten in de stikstofvoorziening verzorgd moeten worden: de lange termijn via organische stof, de korte termijn via gerichte (snelle) stikstof giften aan gewassen. Waarschijnlijk zijn echter meerdere aanpassingen nodig (mestsoort keuze, gewaskeuze, groenbemesters, extensivering van bouwplan) om de noodzakelijk teruggang in mestaanvoer te kunnen realiseren.
- Bij Gerard Lanting is gebleken dat bij een voldoende basis bodemvruchtbaarheid de gewasgerichte bemesting van pompoen lager kan zijn dan nu geadviseerd wordt. Een scenariostudie met verschillende bemestingen en bouwplannen laat zien dat lagere mestaanvoer niet tot lagere opbrengsten hoeven leiden.

Het rapport eindigt met een lijst met conclusies die laat zien dat er vele middelen mogelijk en nodig zijn om een flinke slag te kunnen maken in de efficiëntie waarmee (aangevoerde) nutriënten benut kunnen worden.

Summary

In this report a summary is given from several experiments during three years at four farms. This summary focuses on yield; mineral balances and product quality are sometimes described. The overall soil quality descriptions can only be found in the complete reports which can be found in the reference list.

This project aimed at reduced manure applications in an adapted fertilization strategy in several farm types, realizing:

- Equal or higher yields
- Improvement of product quality
- Maintenance or improvement of sustainable soil fertility.

The results of the experiments at four farms are:

- At Joost van Strien's farm it has been shown clear that the use of cut-and-carry fertilizers is a good option. The fertilizing value is as good as or better than manure, and the mineral content (N. P. K) is more in accordance with crop uptake than in case of manure. Next step to assess is the consequence at farm level when striving towards 100% own nitrogen supply by means of cut-and-carry fertilizers.
- At Jan en Hans Rozendaal's farm the need for manure in the courgette crop is reduced by introducing grassclover as pre-crop. The nitrogen release out of this pre-crop is a bit delayed, so in the beginning of the season some additional fast-acting nitrogen fertilizer is still needed. This system, with the crop on small beds, has shown to work for courgettes but not for cabbage.
- At Jan van Lierop's farm the two components of nitrogen dynamics have been explored: long term nitrogen release by means of soil organic matter, short term by means of specific fertilizer applications. A good mix of these two components is needed, but this is possibly not enough to cope the nutrient balance challenges. More changes might be needed such as choice of manure, introduction of catch crops and a less intensive production system.
- At Gerard Lanting's farm the experiments have shown that in case of a sufficient basic soil fertility the additionally requested manure is lower than what is recommended normally. In a scenario study with changes in crops and manure strategy it is shown that a reduced manure input can be realized without yield reduction

At the end of this report a list of conclusions is given, showing that there is a wide range of means needed and possible to create a substantial increase in nutrient use efficiency.

1 Inleiding

Onder het door het Ministerie van LNV gefinancierd beleidsondersteunend onderzoek werd binnen het cluster BO-04 Biologische landbouw het project "Minder en Anders Bemesten" uitgevoerd. Doel van het project was het verder ontwikkelen van nieuwe strategieën voor inzet van mest van biologische oorsprong.

Het project richt zich op minder en anders bemesten in diverse bedrijfstypen met:

- Gelijke of hogere opbrengsten
- Verbetering van de productkwaliteit
- Handhaven of verbeteren van de duurzame bodemvruchtbaarheid.

Voorliggend rapport geeft de samenvatting weer van de resultaten van de veldexperimenten die gedurende drie jaren zijn uitgevoerd. De literatuurstudie waarmee dit project begon is eerder gepubliceerd (Van der Burgt en Staps, 2008)

Biologische landbouw is internationaal gebaseerd op vier principes (IFOAM, 2004):

- **Gezondheid:** biologische landbouw moet duurzaam zijn en de gezondheid bevorderen van bodem, plant, dier, mens en de aarde als geheel (de gezondheid van individuen en leefgemeenschappen kan niet worden gescheiden van de gezondheid van ecosystemen); gezonde bodems produceren gezonde gewassen die de gezondheid van mens en dier ondersteunen.
- **Ecologie:** biologische landbouw moet gebaseerd zijn op levende ecologische systemen en kringlopen, hiermee samenwerken en hun ondersteunen.
- **Billijkheid:** biologische landbouw moet gebaseerd zijn op relaties die billijkheid verzekeren.
- **Zorg:** biologische landbouw moet worden bedreven op een beschermende en verantwoorde wijze om de gezondheid en het welzijn van de huidige en toekomstige generaties en het milieu te beschermen.

Vergeleken met gangbare landbouw richt biologische landbouw zich meer op het gebruik van bedrijfsinterne inputs in plaats van externe bronnen ten behoeve van bodemvruchtbaarheid, nutriëntenvoorziening en plantbescherming (Voit et al., 1980).

Binnen de biologische landbouw zijn zelfregulatie binnen een agroecosysteem, meerjarige kringlopen en een focus op preventie in plaats van reactie, sleutelprincipes die de biologische gewas- en dierlijke productie ondersteunen. Kernelement binnen de gewasproductie is het in de tijd en of de ruimte afwisselend telen van gewassen met wisselende profielen wat betreft nutriëntenvraag, groeiperiode, ruimtelijke groeiwijze boven en onder de grond en ziektegevoeligheid.

Vruchtwisseling in de breedste betekenis van het woord wordt in de biologische landbouw ingezet voor vele doelen (Shi-ming M.A. en Sauerborn J. 2006):

- Instandhouden en verbeteren van het organische stofgehalte in de bodem
- Instandhouden en verbeteren van bodemvruchtbaarheid

- Maximalisatie van symbiotische stikstofbinding door toepassing van vlinderbloemigen
- Productie van voldoende voedsel en stro voor het vee
- (Re)mobilisatie van nutriënten door gewassen met een hoge worteldichtheid en –diepte
- Beheersing en reductie van ziektes
- Beheersing van onkruid
- Verbetering van arbeidsprofiel over het jaar
- Handhaving en verbetering van de economische situatie van het bedrijf.

Bij de optimalisatie van de biologische akker- en tuinbouw dient een multifunctionele vruchtwisseling de basis te zijn, en niet een gewasgerichte optimalisatiebenadering (Vereijken en Kropff, 1992; Vereijken et al., 1998; Wijnands, 2000; Dekking, 2002). Vanuit bodemvruchtbaarheid en nutriëntenbenutting bezien is er binnen een vruchtwisseling een noodzaak voldoende opbouwende componenten op te nemen zoals grasklaver voor organische stof opbouw, stikstofbinding en bodemrust, vlinderbloemigen voor stikstofaccumulatie, granen of andere diep- en intensief wortelende gewassen, en groenbemesters voor voldoende nutriëntentransport van voorvrucht naar volgvrucht. Aanvullend op het onderhoud van bodemvruchtbaarheid en de verbetering van het nutriëntenmanagement, draagt een goed ontworpen vruchtwisseling bij aan het voorkómen van ziektes en onkruidproblemen.

Ten behoeve van duurzaamheid is het streven binnen biologische landbouw er op gericht om waar mogelijk zelfvoorzienend te zijn voor nutriënten en organische stof door productie op het eigen bedrijf en hergebruik van mineralen. Deze zelfvoorziening en bedrijfskringlopen kunnen ook ingericht worden op regionaal niveau (Bos, 2005; Prins, 2005).

In de biologische landbouw vormt de spanning tussen korte termijn (economische) eisen en lange termijn (ecologische) eisen voor boeren een uitdaging. Een bedrijfsvoering met een vruchtwisseling die zowel voorziet in directe inkomsten als in indirecte ecologische diensten vereist een evenwichtige behartiging van deze concurrerende belangen.

In 2008 tot en met 2010 hebben veldproeven plaatsgevonden op vier bedrijven verspreid over Nederland. De vraagstelling was per bedrijf verschillend: ieder bedrijf probeert op zijn eigen wijze nieuwe kennis en ervaring op te doen op het gebied van bemesting. In de volgende vier hoofdstukken worden de veldproeven beschreven en de resultaten ervan besproken. Achtereenvolgens komen aan de orde

- Een korte bedrijfsbeschrijving
- De vraagstelling
- De proefopzet
- De resultaten
- De bespreking van de resultaten
- De conclusies en de aanbevelingen

In dit samenvattende rapport wordt bij de resultaten vooral stil gestaan bij de opbrengst en de relatie daarvan met de stikstofdynamiek. In mindere mate wordt stilgestaan bij de mineralenbalans en bij productkwaliteit. De algemene bodemkwaliteit komt uitsluitend in de volledige rapporten aan de orde, niet in deze samenvatting.

Aan het einde van dit rapport worden, het hele project overziend, overall conclusies getrokken.

2 *Joost van Strien*

De onderzoeken waarvan hieronder een samenvatting wordt gegeven staan compleet beschreven in:

- Scholberg *et al.*, 2010: (over het onderzoek van 2009)
- Van der Burgt *et al.*, 2010: (over het onderzoek van 2010)

2.1 *Bedrijfsbeschrijving*

Het bedrijf van Joost van Strien en Monique Doggen is gelegen aan de Oude Emmeloorderweg te Ens vlakbij het voormalige eiland Schokland. Het ligt op een matig lichte zavelgrond met 20% afslibbaar en een organisch stofgehalte van 2.6%. Tot 1997 was het bedrijf een gangbaar akkerbouwbedrijf en werden er met name consumptieaardappelen, suikerbieten, tarwe, zaaiuien, en witlofpennen in een 1 op 4 vruchtwisseling geteeld. In 1997 is er met de omschakeling naar biologisch teelten begonnen. Momenteel is het volledig biologische bouwplan redelijk extensief (1 op 8) en omvat naast winterpeen, witlof, sluitkool, spinazie, sjalotten en pompoen ook grasklaver, luzerne, en tarwe die dienen als rust gewassen. De luzerne en grasklaver worden tot nu toe buiten het bedrijf afgezet en verkocht als voergewas.

2.2 *Vraagstelling*

Grasklaver en luzerne hebben binnen een akkerbouwmatige vruchtwisseling een belangrijke positie. Het directe saldo door verkoop van het product als veevoeder is laag. Daar staat tegenover dat het een positieve invloed heeft op bodemkwaliteit door worteling en organische stof toevoer, en dat het extra stikstof nalaat uit de wortelknolletje van klaver en luzerne. Daar staat tegenover dat met de verkoop van het product ook een heleboel organische stof en mineralen afgevoerd wordt. Bij een stijgende prijs voor biologische dierlijke mest wordt het misschien interessant om de grasklaver of luzerne niet meer te verkopen maar volledig in te zetten als meststof op het eigen bedrijf. Dat spaart transport van veevoer en mest en verlaagt de aanvoer van mest naar het bedrijf toe. Dit zou een echt veelzame akkerbouw mogelijk maken: akkerbouw zonder gebruik van dierlijke mest.

Dit alles heeft geleid tot de vraag: wat is de bemestende waarde van grasklaver en/of luzerne als het rechtstreeks (vers gesneden of in kuil geconserveerd) als meststof op het land wordt toegediend?

2.3 *Proefopzet*

Gedurende drie jaar zijn veldproeven gedaan waarbij de inzet van luzerne als meststof werd vergeleken met die van verschillende andere meststoffen. In alle jaren ging het om kleine proefveldjes die in herhalingen waren aangelegd. In 2008 en 2009 betrof het de teelt van spinazie in de nazomer (Scholberg *et al.*, 2010); in 2010 betrof het de aardappelteelt (van der Burgt *et al.*, 2010).

De proefopzetten waren als volgt:

2008, spinazie

Bemestingsvarianten:

- Controle, 0 kg N ha⁻¹
- Grasklaver vers, 180 kg N ha⁻¹
- Luzerne vers, 180 kg N ha⁻¹
- Gasklaver kuil, 180 kg N ha⁻¹
- Kippen dunne mest, 180 kg N ha⁻¹

De meststoffen zijn drie weken voor het zaaien toegediend. De proef is uitgevoerd in vier herhalingen. Verspreid over het seizoen zijn N-min metingen gedaan 0-30 en 30-60 cm. Aan het einde is de versopbrengst bepaald. Er zijn onkruidtellingen gedaan, De stikstofdynamiek is gemodelleerd met NDICEA 5 (van der Burgt *et al.*, 2006)

2009, spinazie

Bemestingsvarianten:

- Controle, 0 kg N ha⁻¹
- Luzerne vers, 10 dagen voor zaai toegediend, 165 kg N ha⁻¹
- Luzerne kuil, 36 dagen voor zaai toegediend, 200 kg N ha⁻¹
- Kippen vaste mest, 36 dagen voor zaai toegediend, , 202 kg N ha⁻¹
- Gasklaver vers, 36 dagen voor zaai toegediend,, 266 kg N ha⁻¹
- Luzerne vers, 36 dagen voor zaai toegediend, 271 kg N ha⁻¹

Doordat analysesresultaten van de inhoud van de meststoffen deels ingeschat zijn op het moment van toediening is na definitieve analyse gebleken dat drie van de vijf mestbehandelingen niet de beoogde 200 kg N-totaal hadden ontvangen.

De proef is uitgevoerd in vier herhalingen. Verspreid over het seizoen zijn N-min metingen gedaan 0-30 en 30-60 cm. Halverwege de teelt en aan het einde is de versopbrengst bepaald en is het gewas geanalyseerd op inhoudstoffen. Er zijn onkruidtellingen gedaan, De stikstofdynamiek is gemodelleerd met NDICEA 5.

2010, aardappel

Bemestingsvarianten:

- Controle, 0 kg N ha⁻¹
- Luzerne vers, 125 kg N ha⁻¹
- Luzerne kuil, vroeg toegediend, 125 kg N ha⁻¹
- Luzerne kuil, laat toegediend, , 125 kg N ha⁻¹
- Kippen vaste mest, vroeg toegediend, 125 kg N ha⁻¹
- Drijfmest/vinasse mengsel, vroeg toegediend, 93 kg N ha⁻¹

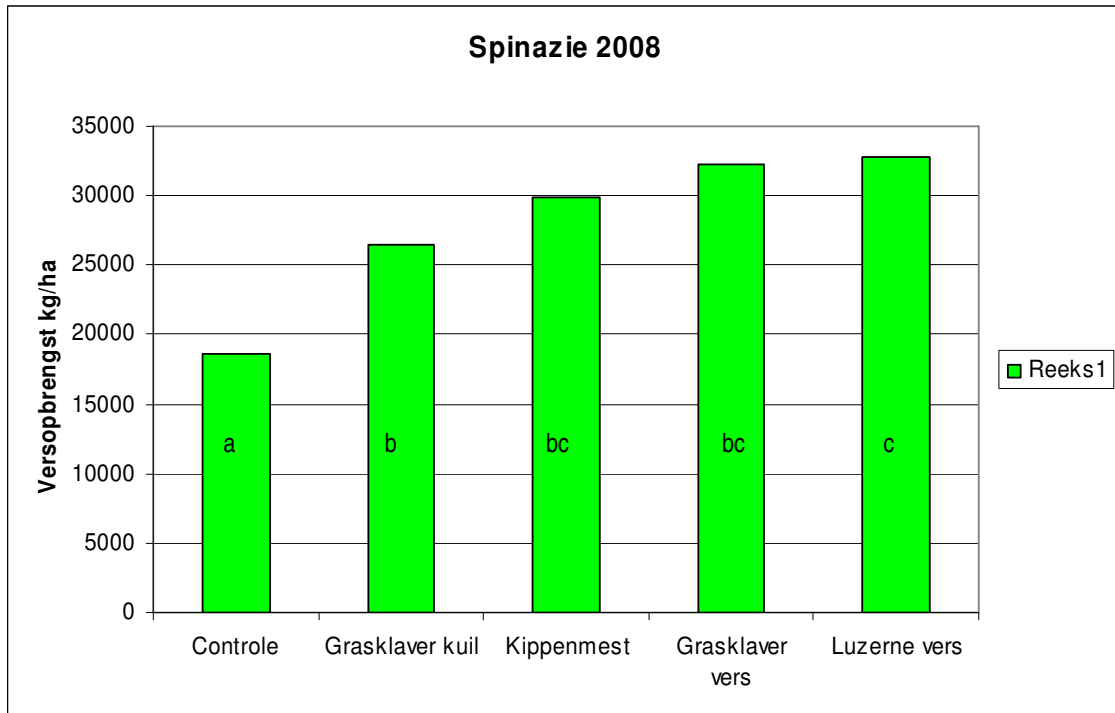
Door omstandigheden is met het drijfmest/vinasse mengsel niet 125 kg N per hectare toegediend.

De proef is uitgevoerd in vier herhalingen. Verspreid over het seizoen zijn N-min metingen gedaan 0-30 en 30-60 cm. Aan het einde is de versopbrengst bepaald en zijn de knollen geanalyseerd op inhoudstoffen en op Schurfft, Rhizoctonia en Phytophthora. De stikstofdynamiek is gemodelleerd met NDICEA 5.

2.4 Resultaten

2008, spinazie

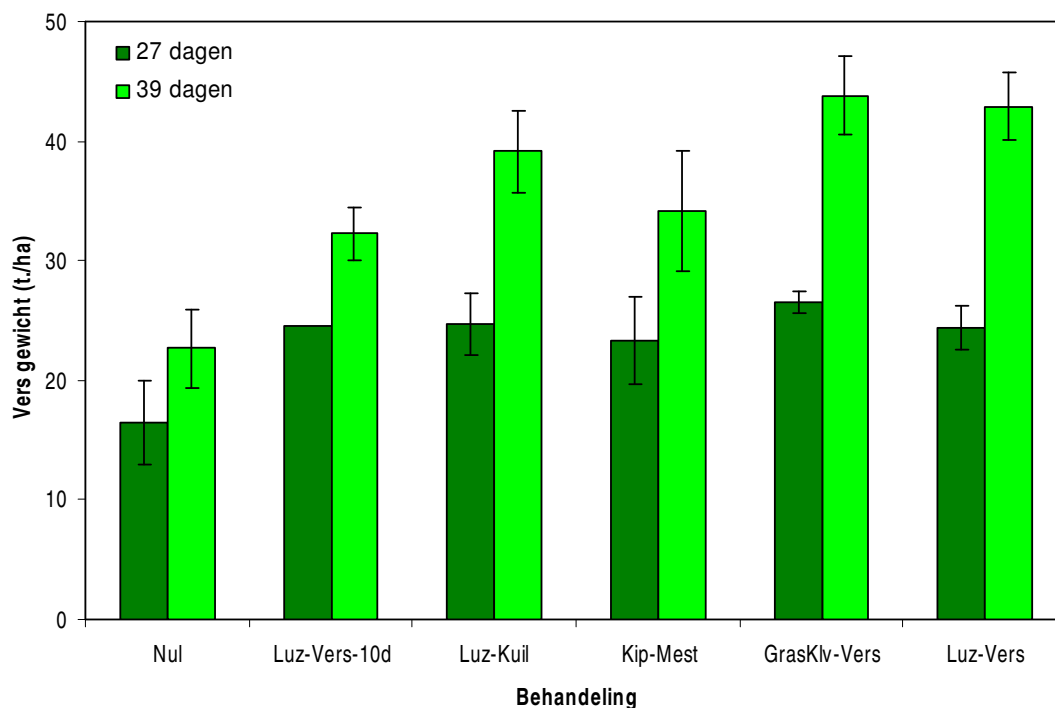
Er zijn significante verschillen ($P = 0.05$) tussen de behandelingen. De controle geeft de laagste opbrengst, gevolgd door Grasklaver kuil. Luzerne vers toegediend geeft de hoogste opbrengst (Figuur 2-1)



Figuur 2-1 Versopbrengst spinazie 2008. Verschillende letters in de kolommen duiden op significante verschillen ($P=0.05$)

2009, spinazie

Er zijn significante verschillen in de opbrengst tussen de behandelingen (Figuur 2-2). Dit is echter niet een zuiver effect van de gebruikte meststof. In Tabel 2-1 zijn de bemestingvarianten gerangschikt volgens de hoeveelheid stikstof die werd toegediend. Het blijkt dat in het algemeen de opbrengst lineair stijgt met N-toediening (Opbrengst in t/ha = $21.7 + 0.0769 * \text{kg N in meststof}$; $r^2 = 0.93$). Daarnaast bestaan er ook duidelijke verschillen in de efficiëntie waarmee de stikstof in de meststof wordt omgezet in extra product. Bij toediening van meststoffen 36 dagen voor de zaai resulteert het gebruik van maaimeststoffen tot 44% extra productie per eenheid stikstof in de mest in vergelijking tot kippenmest. Door het uitstellen van de toediening van luzerne tot 10 dagen voor zaai daalde de productie efficiëntie van stikstof met 29%.



Figuur 2-2 Gemiddelde spinazieopbrengst als ton vers product per hectare (de verticale strepen tonen de standaard deviatie binnen een behandeling).

Tabel 2-1 Effecten van bemestingsvarianten op opbrengst en de stikstof productie efficiëntie van najaarspinazie

Behandeling	N in meststof (kg N ha ⁻¹)	Productie t/ha	Stikstof Productie Efficiëntie kg meeropbrengst / kg N meststof
Niet-bemest (controle)	0	22.7 d	NVT
Luzerne-Vers-10d	165	32.3 c	58 b
Luzerne-Kuil-36d	200	39.1 ab	82 a
Kippenmest-36d	202	34.2 bc	57 b
Gras Klaver-Vers-36d	266	43.8 a	80 ab
Luzerne-Vers-36d	271	42.9 a	75 ab

In het product zijn droge stof, eiwit, nitraat en ijzergehalte gemeten, Tabel 2-2. Hierin zijn de bemestingsvarianten weer op hoeveelheid toegediende stikstof geordend. Hieruit blijkt dat het droge stof gehalte lineair afneemt met stikstofgift. Een te hoge stikstofgift veroorzaakt een waterig product en bij het gebruik van luzerne werd het ijzergehalte ook verlaagd. Door het toedienen van extra stikstof treedt een verhoging van het eiwitgehalte op. Daarnaast neemt het nitraatgehalte bijna exponentieel toe hetgeen weer een negatief effect op de productkwaliteit heeft. Bij spinazie komen waarde boven de 2500 in de praktijk wel voor maar al te hoge testwaarden kan erin resulteren dat een partij wordt geweerd met name voor de productie van babyvoeding (Wijk en Vlaswinkel, 2006).

Tabel 2-2 Effecten van bemestingsvarianten op droge stof (DS), eiwit, nitraat en ijzergehalte van najaarsspinazie

Behandeling	N in meststof (kg N ha ⁻¹)	DS gehalte (%)	Eiwitgehalte (% in DS)	Nitraat (mg NO ₃ /L)	IJzer (mg/kg DS)
Niet-bemest (controle)	0	9.95 a	18.7 c	237 d	1987 a
Luzerne-Vers-10d	165	8.10 b	24.2 ab	1548 c	1435 bc
Luzerne-Kuil-36d	200	7.75 bc	23.5 b	2081 b	1511 ab
Kippenmest-36d	202	7.68 bc	23.6 ab	1459 c	1725 ab
Gras Klaver-Vers-36d	266	7.35 bc	24.5 ab	3121 a	1788 ab
Luzerne-Vers-36d	271	7.10 c	26.1 a	3500 a	1435 bc

Aardappel, 2010

Er is een significant verschil tussen de onbemeste (controle) en de bemeste varianten. Binnen de bemestingsvarianten zijn de verschillen aanzienlijk maar niet significant (Tabel 2-3; P=0.05). De opbrengst van de runderdrijfmest ligt relatief laag omdat er 93 in plaats van 125 kg N per hectare is toegediend. De vroeg toegediende luzernekuil geeft de hoogste opbrengst. Dit wordt voor een deel verklaard doordat tussen toediening (bij poten) en moment van rugopbouw al 38 kg stikstof beschikbaar is gekomen. Deze 38 kg is deels al in minerale vorm aanwezig in luzernekuil, meer dan in verse luzerne. Bovendien lijkt de afbraaksnelheid van luzernekuil hoger te liggen dan van verse luzerne.

Tabel 2-3 Opbrengst, droge stof gehalte, N-inhoud en scores ziektedruk van *Rhizoctonia* en Schurft.

Code*	Opbr kg / ha	DS %	N-inh DS g / kg	Rhiz	Schurft
Ctr	32219	a 19,0	b 10,5	a 0,045 ns	1,312 b
LZV	40250	b 18,0	a 12,3	c 0,025 ns	1,262 ab
LZK vroeg	42394	b 18,2	a 11,9	bc 0,020 ns	1,096 a
LZK laat	40253	b 18,0	a 12,3	c 0,023 ns	1,237 ab
KM	37963	b 18,3	a 11,3	b 0,050 ns	1,187 ab
RDM	38825	b 17,9	a 11,6	b 0,027 ns	1,244 ab

De efficiëntie waarmee stikstof uit de meststoffen wordt opgenomen is over het geheel genomen laag (maximaal 22%), en voor kippenmest is het significant lager dan de overige meststoffen (Tabel 2-4). Een lage efficiëntie op gewasniveau betekent overigens niet dat het systeem in zijn geheel een lage efficiëntie heeft.

Tabel 2-4 N in geoogst product, N in mestgift en N-efficiëntie

Code*	N in geoogst product kg / ha	N in mest- gift kg / ha	N- efficiëntie %
Ctr	64	0	nvt
LZV	89	125	20 b
LZK vroeg	92	125	22 b
LZK laat	89	125	20 b
KM	79	125	11 a
RDM	81	93	18 b

2.5 Bespreking

In alle drie de jaren is er sprake van een duidelijke respons van de gewasgroei op de toegediende meststoffen. Hoewel niet ieder jaar onomstotelijk vastgesteld gaat het vooral om een stikstofeffect, waarbij nog onderscheid gemaakt kan worden tussen *toegediende* stikstof en *beschikbare* stikstof. Lang niet alle toegediende stikstof in organische meststoffen komt direct beschikbaar voor het eerstvolgende gewas.

In 2008 heeft luzerne met 33,3 gram stikstof per kg d.s. een laag stikstofgehalte, zelfs lager dan de verse grasklaver met 35 gram stikstof per kg d.s. De C/N verhouding is voor deze twee maaimeststoffen vergelijkbaar. De gekuilde grasklaver is met 23 gram stikstof per kg d.s. aanzienlijk lager. Bij een lager N-gehalte in de droge stof komt, bij gelijke afbraaksnelheid van de organische stof, minder stikstof beschikbaar. De opbrengstverschillen worden in dit geval grotendeels verklaard door *beschikbare stikstof*, niet door *stikstofgift* die in alle gevallen 180 kg was.

In 2009 was door omstandigheden de totale stikstofgift in de behandelingen behoorlijk verschillend. Er was sprake van een duidelijke relatie tussen stikstofgift en opbrengst, maar het onderscheid met stikstof beschikbaarheid is niet goed te maken.

In 2010 waren er door de vrij grote variatie binnen de proefplots geen significantie verschillen ($P=0.05$) tussen de bemestingen, maar de gemeten verschillen kwamen wel erg goed overeen met de beschikbare stikstof zoals berekend in NDICEA. De droge stof gehalten zijn omgekeerd gerelateerd aan opbrengst, de N-gehalte zijn positief gecorreleerd aan opbrengst en dus ook aan beschikbare stikstof.

Over het algemeen doen de maaimeststoffen het zeker niet slechter en soms beter dan dierlijke mestsoorten. Zowel bij de spinazieteelt als bij de aardappelteelt blijkt het moment van toediening een factor die de opbrengst beïnvloedt. Vanuit de stikstofdynamiek bezien is dat goed te verklaren. Door de bemesting uit te voeren drie tot vijf weken vóór dat het gewas substantieel stikstof gaat opnemen is er simpelweg meer tijd voor mineralisatie van stikstof. Als dat dan niet verloren gaat door uitspoeling of denitrificatie is er bij aanvang van de gewasgroei meer stikstof beschikbaar. In een traject waarin stikstof de belangrijkste beperkende factor is maakt dat veel uit. Kippenmest en rundermest hebben een hoger aandeel minerale stikstof dan luzerne of grasklaver. Als dit toegediend wordt leidt dat tot een piek aan beschikbare stikstof in de bodem. Dat verhoogt in ieder geval (het risico op) denitrificatie.

Luzernekuil bevat meer minerale stikstof dan verse luzerne, en mogelijk is de afbraaksnelheid ervan iets hoger dan van verse luzerne (resultaat 2010). Beide eigenschappen versnellen de stikstofbeschikbaarheid en leidden in 2010 tot de hoogste opbrengst (niet significant, $P=0.05$). In 2009 wordt dit effect verdoezeld door de grote verschillen in totale N-gift.

Spinazie heeft het dilemma dat méér beschikbare stikstof leidt tot méér opbrengst, maar dat de kwaliteit van het product achteruit gaat, sterker dan bij aardappel. Met name het nitraatgehalte reageert extreem op hogere N-beschikbaarheid. Indien het nitraatgehalte een criterium is voor verkoopwaarde is de bovengrens snel bereikt.

2.6 Conclusies en aanbevelingen

Er is op een consistente manier kennis verkregen van de werking van maaimeststoffen. De maaimeststoffen werken ten minste zo goed als dierlijke mestsoorten en geven een gelijkmatiger N-levering te zien dan dierlijke mest met een relatief hoog aandeel minerale N. Het tijdstip van toediening is belangrijk: net als vaste dierlijke mest hebben maaimeststoffen tijd nodig om de mineralisatie van stikstof op gang te laten komen. Op wat zwaardere gronden kan dat in het voorjaar goed uitgevoerd worden zonder het risico op uitspoeling te verhogen; op lichtere gronden moet daar iets voorzichtiger mee worden omgegaan. In beide gevallen moet voorkómen worden dat er schade aan de bodemstructuur ontstaat door de toediening van de meststof, maar dat is niet anders dan bij de toediening van dierlijke mest.

- Om het gebruik van maaimeststoffen in de (biologische) land- en tuinbouw verder te ontwikkelen zijn de volgende stappen nodig:
- Veldproeven op praktijkschaal, met twee doelen: de techniek van het uitrijden op praktijkschaal ontwikkelen en testen, en de N-levering en organische stof dynamiek op langere termijn monitoren.
- Scenario studie en bedrijfsexperiment naar de gevolgen van een (nagenoeg) volledige overschakelijk van dierlijke meststoffen naar maaimeststoffen.
- Detailonderzoek naar de afbraaksnelheid en stikstoflevering van gekuilde maaimeststoffen ten opzichte van verse maaimeststoffen

3 *Hans Rozendaal*

De onderzoeken waarvan hieronder een samenvatting wordt gegeven staan compleet beschreven in:

- Timmermans *et al.*, 2010a (over het onderzoek van 2008)
- Timmermans *et al.*, 2010b (over het onderzoek van 2009)
- Timmermans *et al.*, 2010c (over het onderzoek van 2010)

3.1 *Bedrijfsbeschrijving*

Het bedrijf van Jan en Hans Rozendaal is gelegen aan de Oudendijk in Strijen. Het betreft kleigronden die variëren in lutumgehalte. Het is in bezit gekomen in 1949 en was in de eerste instantie een gemend bedrijf. Nu is er echter geen vee meer en is het bedrijf gespecialiseerd in vollegronds groenteteelt en akkerbouwgewassen. Tot 1997 betrof het nog gangbare teelt en werden vooral spruitkool, rode kool, witte kool en aardappels geteeld. In 1997 is de omschakeling naar biologische teelt begonnen, perceel na perceel, totdat in 2000 het hele bedrijf biologisch was. Gewassen die worden geteeld zijn: rode en witte kool, knol- en bladselderij, rabarber, courgette, prei, aardappels en groentezaad. Dit alles wordt geteeld in een ruime vruchtwisseling, met grasklaver als rustgewas en groenbemester.. Het ideaal van Jan en Hans is om de hele bodem op orde te krijgen en een goede structuur tot op diepte te hebben. Dat moet de basis zijn voor goed opbrengstgevendende gewassen.

3.2 *Vraagstelling*

Doel was om te onderzoeken of grasklaver een prominentere rol binnen het bedrijf kan spelen, bij voorbeeld als voorvrucht voor courgettes. Deze worden in de huidige situatie geteeld na kool, met een vinasse gift voorafgaande aan de zaai. Op termijn willen Jan en Hans komen tot een win-win situatie, waarbij de grasklaver (een deel) van de mestgift vervangt en tegelijkertijd ook de bodemstructuur verbetert.

De specifieke vragen bij dit onderzoek waren:

- Kun je met grasklaver als voorvrucht met minder mest eenzelfde opbrengst realiseren als met kool als voorvrucht en meer mest?
- Is het mogelijk zo tot een win-win situatie te komen, waarbij grasklaver zorgt voor stikstofvoorziening, maar ook de bodemstructuur verbetert door het porievolume te vergroten en door diepere compacte lagen te ontsluiten?
- Wat is het effect van dit experiment op de totale mestbehoefte op het bedrijf?
- Is een andere bedrijfsopzet (gewaskeuze en vruchtopvolging) noodzakelijk om evenwichtsbemesting te realiseren?

3.3 *Proefopzet*

2008 Courgette

In het voorjaar 2008 is een demoproef ingezet met courgette. De proef bestond uit drie veldjes met drie verschillende behandelingen (Tabel 3-1). Het belangrijkste behandlingsverschil was de voorvrucht in 2007. Dit was in het ene geval witte kool en in het andere één jaar lang begraasde grasklaver. De opzet was vervolgens om bij de grasklaver

voorvrucht minder te bemesten. Dit is te voren uitgezocht door de verschillende scenario's met NDICEA (van der Burgt *et al.*, 2006) door te rekenen. De uitkomst was dat een jaar gras klaver een vergelijkbare hoeveelheid stikstof zou kunnen opleveren als een gift van 6 ton/ha vinasse met 19.8 g N per kg, totaal 119 kg N per ha.

Tabel 3-1 Behandelingen van het demo experiment bij Hans en Jan Rozendaal.

Behandeling	Voorvrucht	Grondbewerking	Bemesting
1	Witte Kool	Ploegen	6 ton/ha Vinasse (19.8 g N per kg)
2	1 jaar gras/klaver	Ploegen (+ spitten)	-
3	1 jaar gras/klaver	Spitten + frezen	-

De grasklaver is op twee manieren bewerkt. Er is geploegd, net zoals het veld waar eerst kool stond, en daarna gespit. Een ander deel is gespit en gefreesd. Bij ploegen + spitten is de grasklaver volvelds omgekeerd en is de zode dus vrij diep komen te liggen. Bij spitten + frezen is alleen daar waar het courgettebed komt de grasklaver zode kapot gefreesd en daardoor meer oppervlakkig gemengd in de grond. Hierdoor bleef er nog een grasklaver strook groeien tussen de bedden met courgette.

2009 Courgette

De vraagstelling voor 2009 is aangepast door de opgedane ervaringen in 2008. Voor 2009 was het de vraag of de productie van courgette beter gespreid over het seizoen kon plaatsvinden door op twee paarden te wedden: stikstoflevering door grasklaver later in het seizoen, stikstoflevering door bemesting vroeger in het seizoen. De proef bestond uit drie verschillende behandelingen (Tabel 3-2) in vier herhalingen: vier blokken, achter elkaar gelegen, twaalf veldjes in totaal. Hierdoor is, anders dan in 2008, statistische analyse van de resultaten mogelijk.

Tabel 3-2 Behandelingen van het experiment in 2009 bij Hans en Jan Rozendaal.

Nr.	Voorvrucht	Grondbewerking	Behandeling
1	1 jaar gras/klaver	frezen	Geen bemesting
2	1 jaar gras/klaver	frezen	600 kg/ha Monterra malt (13 % N) = 78 kg N/ha
3	1 jaar gras/klaver	frezen	Geen bemesting, gras/klaver kort gemaaid (1x per week)

2010 Witte kool

De doelstelling voor het ontwerpen en uittesten van een systeem van courgetteteelt met grasklaver voorvrucht is in 2009 gehaald. In het voorjaar 2010 is een proef ingezet met witte kool om te kijken of dit zelfde systeem ook voor dit gewas toegepast zou kunnen worden. De proef bestond uit vijf verschillende behandelingen (Tabel 3-3), waarvan de behandelingen met voorvrucht grasklaver in vier herhalingen lag (vier blokken, achter elkaar gelegen), de behandelingen met voorvrucht courgette in twee herhalingen (twee blokken) en de behandeling 'praktijk' in enkelvoud.

Tabel 3-3 De behandelingen bij Hans en Jan Rozendaal in 2010

Aanduiding voorvrucht	Aanduiding behandeling	Mestgift	Omschrijving:
Gr/kl	praktijk	131 kg N/ha uit varkensdrijfmest	Gras klaver als voorvrucht. Witte kool, 50 cm rijafstand, geen maaistroken. Bedrijfsvariant
Gr/kl	geen mest+maaaien	geen	Gras klaver als voorvrucht. Witte kool, 50 cm rijafstand, maaistroken van 50 cm tussen elke 3 rijen kool. Gr/kl werd tweewekelijks gemaaid en op kool gespoten
Gr/kl	mest+maaaien	72 kg N/ha uit monterra nitrogen	Gras klaver als voorvrucht. Witte kool, 50 cm rijafstand, maaistroken van 50 cm tussen elke 3 rijen kool. Gr/kl werd tweewekelijks gemaaid en op kool gespoten
courgette	geen mest+maaaien	geen	Courgette als voorvrucht. Witte kool, 50 cm rijafstand, maaistroken van 50 cm tussen elke 3 rijen kool. Gr/kl werd tweewekelijks gemaaid en op kool gespoten
courgette	mest+maaaien	91 kg N/ha uit monterra nitrogen	Courgette als voorvrucht. Witte kool, 50 cm rijafstand, maaistroken van 50 cm tussen elke 3 rijen kool. Gr/kl werd tweewekelijks gemaaid en op kool gespoten

Deze complexe opzet had als doel om meerdere vragen tegelijk te kunnen beantwoorden:

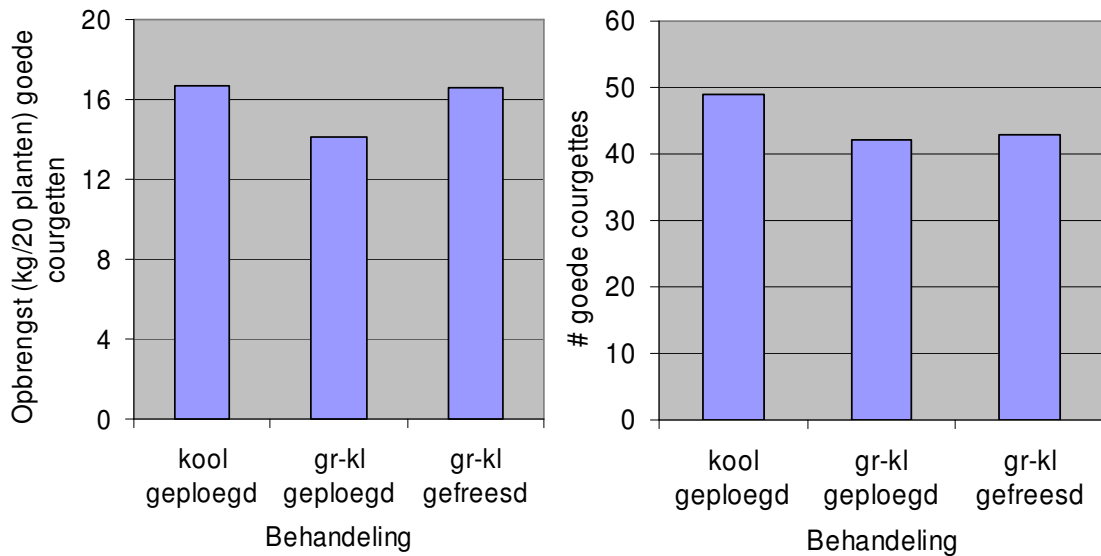
- Het verschil tussen grasklaver en courgette als voorvrucht voor kool.
- Het verschil tussen grasklaver helemaal omploegen met mest toediening enerzijds en bedden frezen in grasklaver waarbij stroken grasklaver tussen de bedden blijven staan anderzijds.
- Het verschil tussen wel of niet meststoffen toedienen.

3.4 Resultaten

2008, courgette

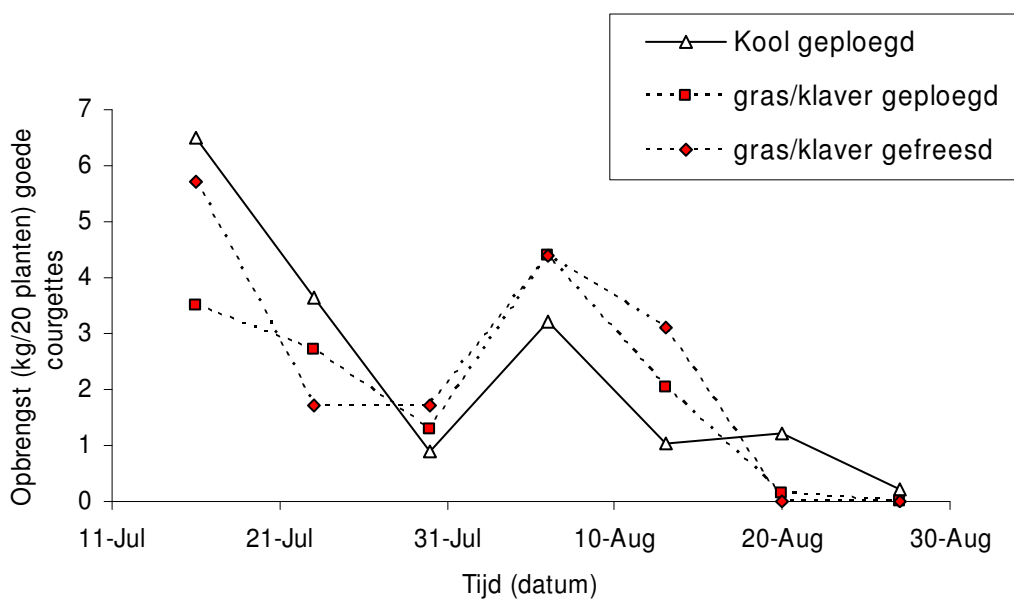
De opbrengst aan goede courgettes in de drie behandelingen kan worden uitgedrukt in het gewicht aan geoogste courgettes over de totale periode dat geleverd kon worden. Op deze manier berekend was de opbrengst in de behandeling met kool als voorvrucht vergelijkbaar met die in de behandeling met grasklaver gefreesd. De opbrengst in de behandeling grasklaver geploegd was 15% lager, 14.1 in plaats van 16.6 kg (Figuur 3-1).

Als het totale aantal geoogste, goede courgettes van de 20 planten in elk van de drie behandelingen over de gehele oogstperiode wordt opgeteld, dan is echter te zien dat de behandeling met kool als voorvrucht de hoogste opbrengst had. De opbrengst van de gras/klaver gefreesd was 12 % minder (43 t.o.v. 49) en de opbrengst van de gras/klaver geploegd was 14 % (43 t.o.v. 49) minder



Figuur 3-1 Opbrengst aan goede courgettes, uitgedrukt als kg per 20 planten over de totale periode (links) en als totaal aantal geoogste courgettes (rechts)

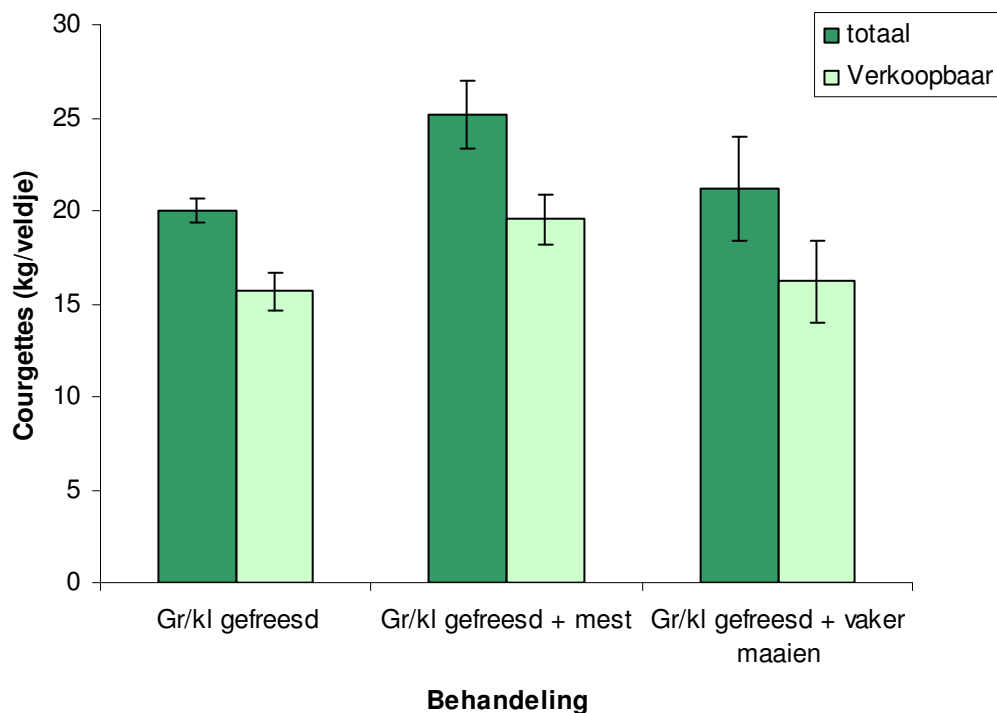
Het gewicht aan geoogste courgettes per week vertoonde gedurende de totale periode van oogsten duidelijke verschillen tussen de twee grasklaver behandelingen en de koolbehandeling (Figuur 3-2). Aan het begin van de oogstperiode was de opbrengst in de koolbehandeling duidelijk hoger dan in de grasklaver behandelingen. Later veranderde dit: de opbrengsten in augustus waren lager in de behandeling met kool als voorvrucht dan in de beide behandelingen met grasklaver als voorvrucht. Vergelijken we de twee gras/klaver behandelingen met elkaar, dan had de gefreesde gras klaver wat hogere opbrengst bij de eerste oogst en ook bij de oogst in half augustus, en deed het hierdoor in totaal wat beter dan de geploegde gras klaver.



Figuur 3-2 De opbrengsten van de drie behandelingen uitgezet in de tijd. De beide gras/klaver behandelingen zijn in rood weergegeven

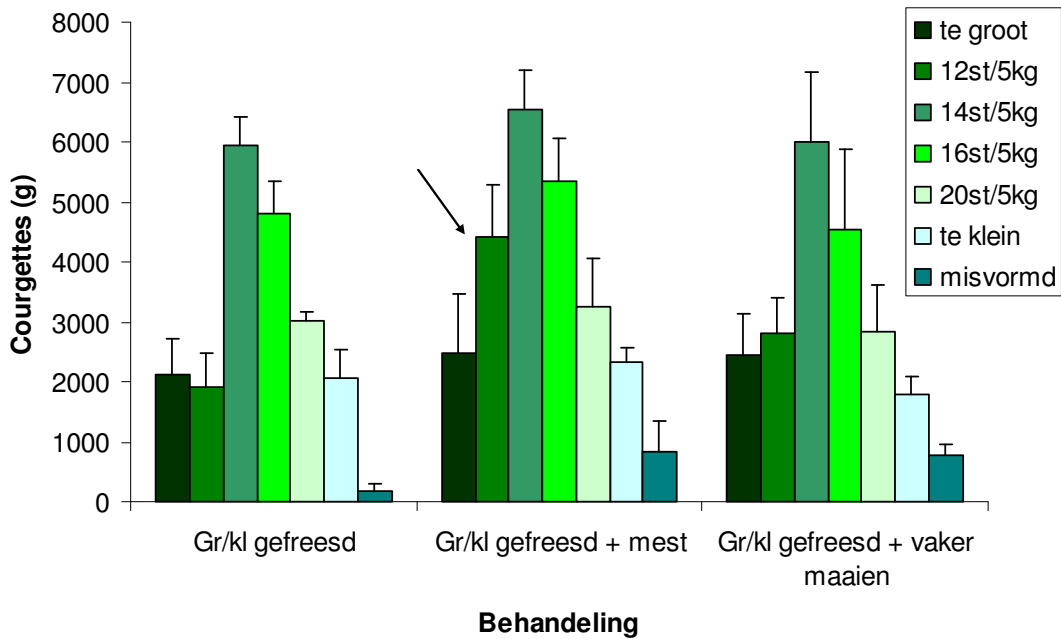
2009, courgette

De opbrengst, uitgedrukt in het totale gewicht aan geoogste courgettes gemeten op de woensdagen in de zeven oogstweken, was hoger voor de behandeling 2 (courgette op bedden na gefreesde grasklaver plus Monterra malt) dan voor de behandelingen 1 en 3 zonder extra bemesting (Figuur 3-3). De behandeling waarin de gras/klaver tussen de bedden vaker gemaaid werd was variabel: in 1 herhaling viel de opbrengst hier heel hoog uit, terwijl dit niet het geval was in de drie anderen. Hierdoor gaf een ANOVA met alle drie de behandelingen geen significante verschillen weer met $P=0.154$ voor totaal gewicht en $P=0.196$ voor verkoopbaar gewicht. Als echter alleen de behandelingen 1 en 2 ten opzichte van elkaar vergeleken worden is het verschil wel significant met $P=0.036$ voor totaal gewicht en $P=0.017$ voor verkoopbaar gewicht.



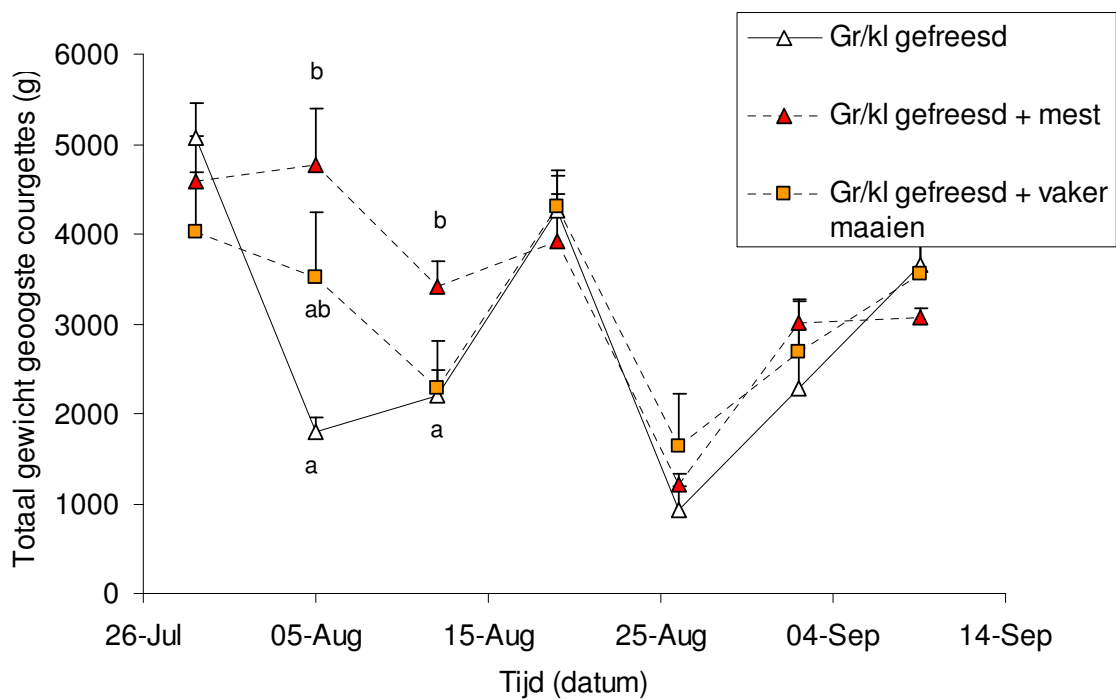
Figuur 3-3 Opbrengst aan totaal aantal geoogste courgettes (links) en geoogste goede courgettes (rechts), uitgedrukt als kg per 20 planten over de totale periode

De totale opbrengst kan ook worden uitgedrukt in gewicht per klasse (Figuur 3-4). We zien dan dat het verschil tussen de behandeling met Monterra malt bemesting en de twee andere voor een groot deel zit in de maat 12 stuks/5 kilo, waarin in de bemeste behandeling beduidend meer courgettes zijn geoogst.



Figuur 3-4 Het gewicht aan courgettes per (grootte)klasse, geoogst in de drie behandelingen

Het gewicht aan geoogste courgettes dat per week geoogst werd gedurende de periode vertoonde duidelijk verschillen tussen de drie behandelingen (Figuur 3-5). Aan het begin van de oogstperiode (oogstweek 2 en 3) was de opbrengst in de behandeling met bemesting significant hoger dan in de behandeling zonder bemesting. In de latere oogstweken waren de opbrengsten voor alle drie de behandelingen vergelijkbaar. Aan het begin van het oogstseizoen werd dus de winst behaald door de toegevoegde meststof.



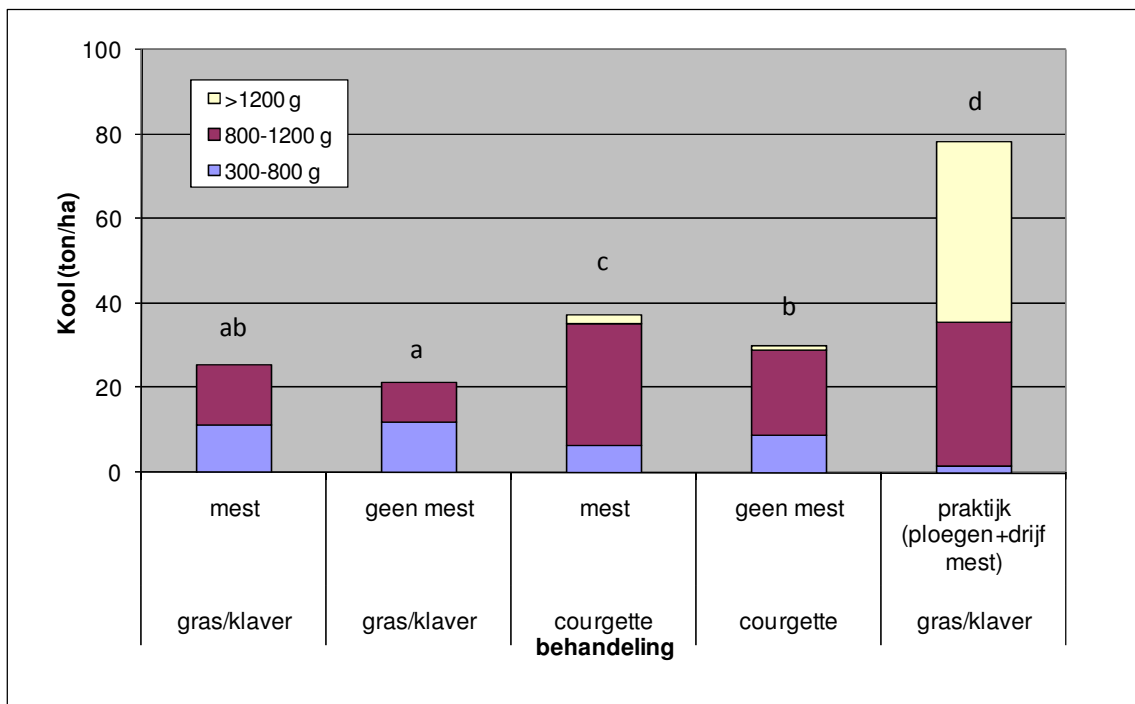
Figuur 3-5 De opbrengsten van de drie behandelingen uitgezet in de tijd. De beide gras/klaver behandelingen zijn in rood en oranje weergegeven

2010 Kool

De opbrengst vertoonde grote verschillen, die tenminste gedeeltelijk ook significant waren (Figuur 3-6). De praktijkbehandeling had een heel hoge opbrengst van in totaal 78 ton/ha, waarvan 1.6 ton/ha ondermaats (300-800 g per kool), 34 ton/ha in de middengrootte (800-1200 g/kool) en 42 ton/ha in de grootste categorie (>1200 g/kool). Het verschil in opbrengst tussen praktijk en de andere behandelingen zat vooral in het aandeel grote kolen (>1200 g/kool): dat bedroeg meer dan de helft van het totaal in de praktijkbehandeling en niets of slechts heel weinig in alle andere behandelingen.

Toediening van mestkorrels, zowel bij de grasklaver voorvrucht als bij de courgette voorvrucht, resulteerde in een hogere opbrengst. Dit betrof een toename van 21 naar 26 ton/ha (20%) in de behandeling met grasklaver voorvrucht en een toename van 30 naar 37 ton/ha (27%) in de behandeling met voorvrucht courgette. Opbrengstverschillen zitten in beide gevallen in de toename in middencategorie kolen (800-1200 g/kool).

De kool heeft het beter heeft gedaan op de veldjes met courgette voorvrucht dan die met gras/klaver voorvrucht. Het opbrengst verschil was 21 ten opzichte van 30 ton/ha (39%) voor de behandelingen zonder mest en 26 en opzichte van 37 ton/ha (46%) voor de behandelingen met korrelbemesting. Opnieuw uit het opbrengstverschil zich vooral in de kool van de middencategorie, waarvan alleen al de opbrengst verdubbelt als grasklaver voorvrucht vergeleken wordt met courgette voorvrucht.



Figuur 3-6 De opbrengst van de proef in 2010 met een onderverdeling in drie verschillende gewichtscategorieën. Verschillende letters geven significante verschillen weervoor de totaal opbrengst.

De droge stofgehalten van de kool en die van de rest van de plant zijn voor de verschillende behandelingen weergegeven in Tabel 3-4. Het droge stof gehalten in de sluitkool was wat lager dan in de gewasresten. In de praktijkbehandeling is het droge stof gehalte in kool en gewasrest lager was dan in de andere behandelingen. Drogestof opbrengsten in ton/ha zijn ook weergegeven in Tabel 3-4 en komen overeen met het verschil dat we bij de verse opbrengsten gezien hebben. In de verhouding tussen kool en gewasrest is te zien dat deze oploopt van 0.71 en 0.72 in de behandelingen met grasklaver als voorvrucht naar 0.76 en 0.85 in de behandelingen met courgette als voorvrucht en naar 1.14 in de praktijk behandeling. Dit toont dat de verschillen tussen de behandelingen sterker naar voren komen in verschillen in kool, dan in verschillen in gewasrest. Anders gezegd: de harvest index wordt groter naarmate de opbrengst hoger is.

Tabel 3-4 Droge stofgehalten van geoogste kool en gewasrest en verhouding daartussen.

	Kool DS gehalte (%)	Gewasrest DS gehalte (%)	Kool DS Opbrengst (ton/ha)	Gewasrest DS Opbrengst (ton/ha)	Verhouding DS Kool : Gewasrest
gras/klaver mest	10.4 b	14.8 b	2.6 a	3.7 a	0.72
gras/klaver geen mest	10.5 b	14.9 b	2.2 a	3.1 a	0.71
courgette mest	10.6 b	14.1 b	4.0 c	5.2 b	0.76
courgette geen mest	10.7 b	15.4 b	3.1 b	3.7 a	0.85
gras/klaver praktijk (plc)	9.2 a	11.9 a	7.2 d	6.3 c	1.14

De N-opname in de bovengrondse delen van de koolgewassen verschilde flink tussen de behandelingen (Tabel 3-5). Deze was het laagst voor de twee behandelingen met voorvrucht grasklaver en de courgettebehandeling zonder korrelmest, significant hoger voor de behandeling met voorvrucht courgette en korrel mest en het hoogst voor de praktijkbehandeling. Opvallend is dat ook de N-efficiency van de korrel mest verschilde: deze was 22% voor de behandelingen met voorvrucht grasklaver en beduidend hoger (45%) voor de behandeling met voorvrucht courgette. In beide gevallen zorgen een N-gift in de vorm van Monterra nitrogen dus voor een hogere N-opname in het gewas. Bij de berekende N-efficiency voor de praktijk moet bedacht worden dat daar ook andere verschillen dan alleen mestgift aanwezig zijn: het type grondbewerking (ploegen/frezen), het tijdstip van grondbewerking en bemesting (eerder in het seizoen), en een ander plantaantal en verdeling van de planten. We laten echter toch een getal zien als een soort systeemvergelijking: blijkbaar heeft de kool hier bijna 2 maal zoveel N opgenomen als er gegeven is in de varkensdrijfmest. Een deel hiervan moet wel uit de gras/klaver gekomen zijn.

Tabel 3-5 N-gift, N-opname door de koolplanten en N-efficiency van behandelingen ten opzichte van dezelfde voorvrucht zonder bemesting.

Voorvrucht	Behandeling	N-gift (kg N/ha)	N-opname (gewas+rest) (kg N/ha)	N-efficiency t.o.v. controle (%)
gras/klaver	mest	72	88 a	22
gras/klaver	geen mest	0	72 a	nvt
courgette	mest	91	129 b	45
courgette	geen mest	0	88 a	nvt
gras/klaver	praktijk	131	251 c	137

3.5 Bespreking

Doel van de proeven was een teeltsysteem te ontwikkelen waarbij grasklaver een belangrijke component is. Daarbij gaat het om grasklaver als voorvrucht voor courgette en/of kool, en om het gebruik van grasklaver stroken tussen courgettebedden of koolbedden om grasklaver maaisel tijdens de teelt als meststof te gebruiken.

Voor courgette is het gelukt om in twee jaar tijd een teeltsysteem te ontwikkelen met grasklaver als voorvrucht. In het eerste jaar (2008) bleef de courgette opbrengst van de strook met grasklaver voorvrucht achter. Het verschil ontstond met name in de eerste helft van het oogstseizoen. Bodem stikstof metingen en simulatie daarvan in NDICEA (hier niet getoond) lieten zien dat de opbrengstdip in de eerste weken waarschijnlijk werd veroorzaakt door stikstoftekort. Hiermee is in het tweede jaar (2009) rekening gehouden door toch mest te gebruiken, maar in beperkte hoeveelheid. In dat jaar vertoonde de behandeling zonder mest een zelfde patroon als in 2008. In de behandeling met mest bleef de opbrengst meteen de eerste weken op peil, en dat was precies de bedoeling. De invloed van de grasklaver stroken tussen de courgette bedden is gering gebleken, mede doordat de bedden bedekt waren met plastic.

Het in 2008 en 2009 voor courgette ontwikkelde systeem is in 2010 op hoofdlijnen toegepast in witte kool. Dit leverde onverwachte en verwarrende resultaten op. Het grote opbrengstverschil tussen praktijk en proefveld ten voordele van de praktijk kan maar voor een deel verklaard worden uit de stikstofdynamiek als zodanig. Waarschijnlijk is er, in tegenstelling tot bij de courgetteteelten in de voorgaande jaren, sprake geweest van een sterk randeffect en/of concurrentie van de grasklaver banen tussen de plantbedden. Verder is het niet gelukt een goede verklaring te vinden voor het feit dat courgette als voorvrucht een hogere opbrengst leverde dan grasklaver als voorvrucht. Er is gekeken naar de bodemstructuur (hier niet getoond) maar ook dat leverde geen duidelijke verklaring op. Dat de kool duidelijk reageert op de gift van mestkorrels is mooi maar geen nieuws.

3.6 Conclusies en aanbevelingen

Voor courgette is een systeem ontworpen, uitgetest en uitontwikkeld voor een optimale bemesting van courgette na grasklaver voorvrucht. Daarbij wordt nog wel mest toegediend om in de eerste fase van de productie voldoende stikstof beschikbaar te hebben. In de tweede fase wordt de stikstoflevering overgenomen door nalevering van stikstof uit de grasklaver voorvrucht. De totale mestbehoefte is verlaagd. De aanwezigheid van grasklaver stroken tussen de courgettes is van weinig belang voor de N-dynamiek.

Dit zelfde systeem in kool toegepast heeft niet tot een goed resultaat geleid. Er zijn onbeantwoorde vragen, maar het lijkt er op dat de grasklaver stroken tussen de bedden met kool voor een sterk en negatief randeffect hebben gezorgd. De bemesting gedurende het seizoen van de kool met de gemaaide grasklaver uit de stroken draagt maar een zeer gering bij aan de totale N-beschikbaarheid.

Het in algemene zin verbeteren van de bodemkwaliteit door grasklaver kwam in 2008 en 2009 wel maar in 2010 verrassend niet goed te voorschijn uit de opbrengstmetingen en bodemwaarnemingen (bodembeschrijvingen hier niet getoond).

Het toedienen van vers gemaaide grasklaver in de kool zonder dat het goed ingewerkt kan worden lijkt geen effectieve maatregel om de stikstof beschikbaarheid op korte termijn te verhogen.

Om het teeltsysteem voor kool verder te ontwikkelen zouden de volgende stappen gezet kunnen worden.

- Modelberekeningen om de bijdrage van vers gemaaide grasklaver als maaimeststof aan de stikstofdynamiek op korte termijn te onderzoeken en te onderbouwen, als voorwerk en voorwaarde voor de volgende aanbevelingen.
- Veldproef met aanzienlijk bredere stroken kool tussen stroken grasklaver
- Praktijkexperimenten met het zo mogelijk in één werkgang maaien én toedienen van maaimeststoffen.

4 *Jan van Lierop*

Het onderzoek waarvan hieronder een samenvatting wordt gegeven staat compleet beschreven in Van der Burgt en Staps, 2010

4.1 *Bedrijfsbeschrijving*

Het bedrijf van Jan van Lierop ligt nabij de nieuwbouw van de bebouwde kom van Mierlo, Noord-Brabant (51o27'04 N, 5o36'21 O). Jan van Lierop heeft een intensief bedrijf aan de Stepekolk. Hij teelt onder meer prei, andijvie, venkel, Chinese kool, broccoli, bleekselderij en aardbeien.

Het is een biologisch bedrijf met een huidig areaal van ruim 100 ha op hoofdzakelijk zandgrond. Het bedrijf is nog steeds groeiende. Het veldonderzoek heeft plaatsgevonden op een perceel dat direct aan de bedrijfsgebouwen grenst. Er is geen vast vruchtwisselingsschema. Op het bedrijf wordt gewerkt met teeltbedden die ieder jaar op nagenoeg de zelfde locatie liggen.

Het bedrijf beschikt over eigen schoonmaak-, opslag- en koelfaciliteiten. De afzet gaat via Nautilus naar natuurvoedingswinkels, supermarkten en industrie in binnen- en buitenland.

4.2 *Vraagstelling*

De tot nu toe gevolgde bemestingsstrategie op dit bedrijf werd gekenmerkt door een aanzienlijk fosfaat overschot en stikstof overschot, waarbij het stikstof overschot zeer waarschijnlijk voor een deel verloren gaat door uitspoeling. Op dit bedrijf speelde de vraag of het gehele bemestingsniveau op een lager niveau gebracht kon worden met behoud van opbrengsten. Daarnaast speelde de vraag wat de rol is van (de toevoer van) organische stof onder deze bedrijfsomstandigheden.

4.3 *Proefopzet*

De min of meer vaste ligging van de teeltbedden bood de mogelijkheid om een meerjarig experiment in te richten waarbij toevoer van organische stof (compost) in een meerjarig traject kon worden gevolgd. Daarnaast is er gekozen voor verschillende niveaus van stikstoftoevoer en verschillende soorten stikstofmeststoffen om de relatie tussen stikstofgift, stikstof beschikbaarheid en opbrengst te kunnen bepalen. De proeven zijn in stroken aangelegd zonder herhalingen. Er heeft dus geen statistische toets plaatsgevonden, en alle uitspraken hieronder dienen dus met de nodige nuance bekeken te worden.

Naast de standaard teeltwijze van Jan van Lierop zijn er vijf bemestingsvarianten aangelegd. De zes behandelingen zijn:

- 0 kg N
- 48 kg N uit vinasse
- 95 kg N uit vinasse
- 95 kg N uit luzerne korrels
- 46 ton GFT compost + 95 kg N uit vinasse, gemiddeld per jaar 590 kg N totaal

- Standaard teeltwijze, per jaar verschillend:
- Venkel, 2008: 30 ton runder drijfmest, 117 kg N totaal.
- Andijvie, 2009: 10 ton vaste rundermest en 20 ton runder drijfmest, 141 kg N totaal. 2^e teelt andijvie 4 ton vinasse, 80 kg N totaal.
- Prei, 2010: 35 ton rundvee drijfmest en 4 ton vinasse, 202 kg N totaal.

Alle bemestingen werden vrij kort voor aanvang van de teelt toegediend. In 2010 is door omstandigheden de bemesting met luzerne korrels pas begin september uitgevoerd en de meststof heeft dus weinig tijd gehad om stikstof te leveren.

4.4 Resultaten

2008 Knolvenkel

Door omstandigheden is de opbrengstbepaling zowel bij GFT + Vinasse als bij de bedrijfsvariant niet op een goed vergelijkbare manier gedaan als bij de andere vier varianten. Het is onwaarschijnlijk dat GFT + Vinasse minder opbrengst levert dan alleen vinasse en even veel als zonder bemesting (Tabel 4-1). Voor de vier behandelingen met betrouwbare opbrengstmeting geldt: hoe hoger de N-gift, hoe hoger de opbrengst. Zonder bemesting wordt nog 80% van de hoogst gemeten opbrengst gehaald, met het hoogste droge stof gehalte, het laagste nitraat gehalte en de hoogste Brix waarde.

Tabel 4-1 Opbrengst en enkele analyseresultaten van knolvenkel 2008

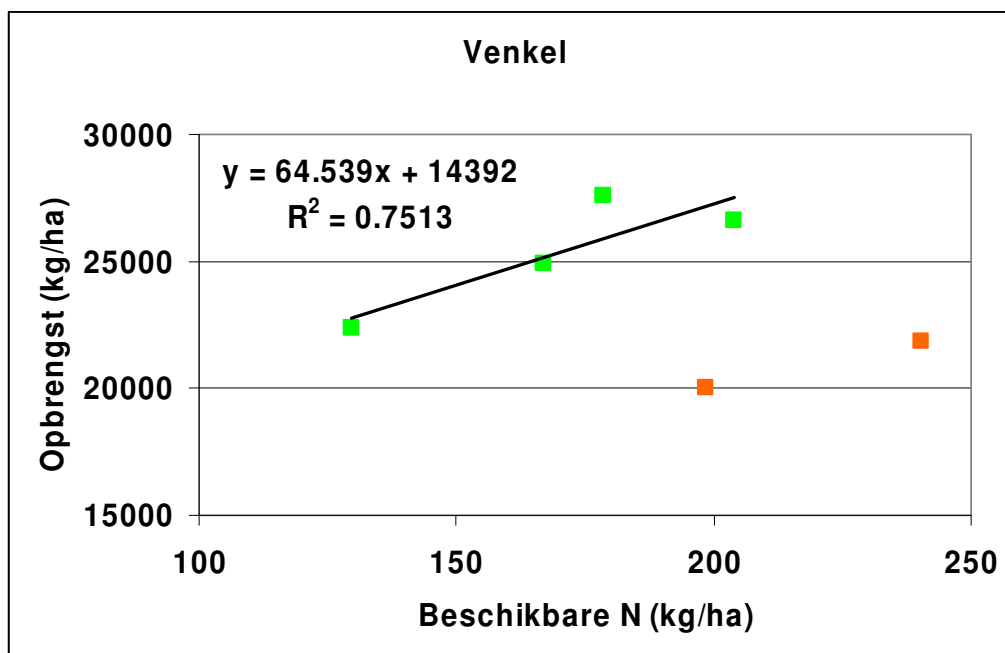
Bemesting	Versopbrengst			Nitraat mg/kg	Brix (%)	Totale N-opname kg/ha
	Product (ton/ha)	DS %	N gehalte g/kg ds			
1 0	22.3	6.6	12.39	181	4.4	100
2 vinasse 48 kg N	24.9	5.9	17.2	968	3.8	106
3 vinasse 95 kg N	26.6	6.3	17.28	635	4.2	121
4 luzerne 95 kg N	27.6	6.2	13.67	327	4.1	118
5 GFT+ vinasse 95 kg N	21.9*	6.2	17.35	1071	3.7	98
6 Bedrijf (30 ton RDM)	20 **	nb	nb	nb	nb	nb

* Waarschijnlijk onderschatting van productie t.o.v. de andere bemestingen

** Schatting teler

nb = niet bepaald

Omdat de stikstof dynamiek een van de vraagstukken is binnen dit bedrijf is de beschikbare stikstof uitgezet tegen de opbrengst in Figuur 4-1. De stikstof beschikbaarheid is berekend als de N-min 0-60 cm op moment van planten, vermeerderd met de gemineraliseerde N gedurende de teelt. Deze mineralisatie is berekend met NDICEA (van der Burgt *et. al.*, 2006). Er is sprake van een redelijk verband tussen stikstofgift en gewasopbrengst als de twee onbetrouwbare opbrengstmetingen buiten beschouwing worden gelaten.



Figuur 4-1 Opbrengst uitgezet tegen beschikbare stikstof. Groen = variant 1 t/m 4 met betrouwbare opbrengstmeting; Oranje = Compost en bedrijfsvariant met minder betrouwbare opbrengstcijfers. R^2 is berekend over de groene meetpunten

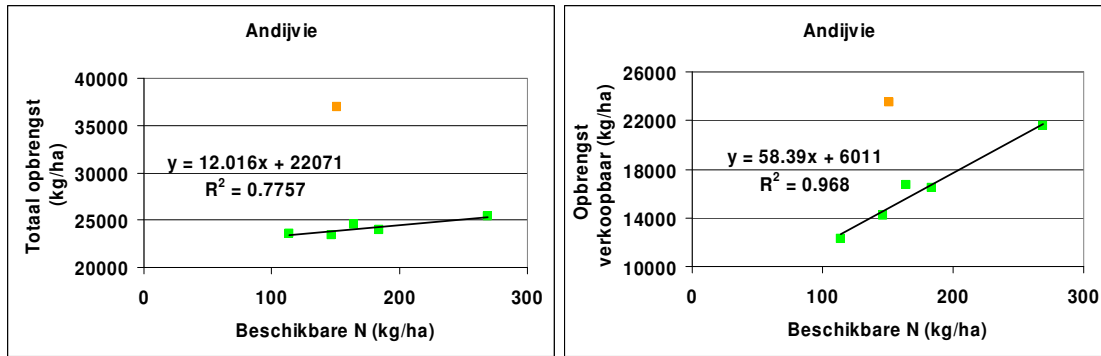
2009 Andijvie

Dit was het tweede jaar, en de resultaten zijn dus de gevolgen van twee jaar achter elkaar toegepaste behandelingsverschillen en niet een eenmalig bemestingsverschil. In de andijvie was er wat betreft bruto opbrengst geen enkel verschil tussen de bemestingsvarianten, zelfs niet ten opzichte van de nulvariant (Tabel 4-2). Het droge stof gehalte en het stikstof gehalte geven geen eenduidig beeld. Door smet konden niet alle kroppen verkocht worden. De opbrengst aan verkoopbaar product vertoonde wel grote verschillen tussen de behandelingen waarbij de laagste stikstof gift en stikstof beschikbaarheid leidde tot de laagste verkoopbare opbrengst (Figuur 4-2).

Tabel 4-2 Opbrengst en enkele analyseresultaten van andijvie 2009

	Opbrengst totaal		Verkoopbaar				Onverkoopbaar	
	vers ton/ha	N-opname kg/ha	vers ton/ha	DS %	N in DS g/kg	N-opname kg/ha	vers ton/ha	N-opname kg/ha
Controle 0 N	23.6	38	12.3	5.4	29.5	20	11.3	18
Vinasse, 48 kg N	23.4	42	14.2	6.1	29.7	26	9.2	17
Vinasse, 95 kg N	23.9	39	16.5	5.9	27.3	27	7.5	12
Luzerne, 95 kg N	24.6	42	16.7	5.8	29.6	29	7.8	13
GFT + vin. 95 kg N	25.4	42	21.6	6.3	26.5	36	3.8	6
Bedrijf (RVM en RDM)	37*	nb	23.5*	nb	nb	nb	13.5*	nb

* Schatting teler RVM = rundvee vaste mest; RDM = rundvee dunne mest.



Figuur 4-2 Beschikbare stikstof ten opzichte van totaal opbrengst (links) en verkoopbare opbrengst (rechts) van andijvie. R^2 is berekend over de groene meetpunten. Het oranje meetpunt is de bedrijfsvariant met onzekerheid over de opbrengst.

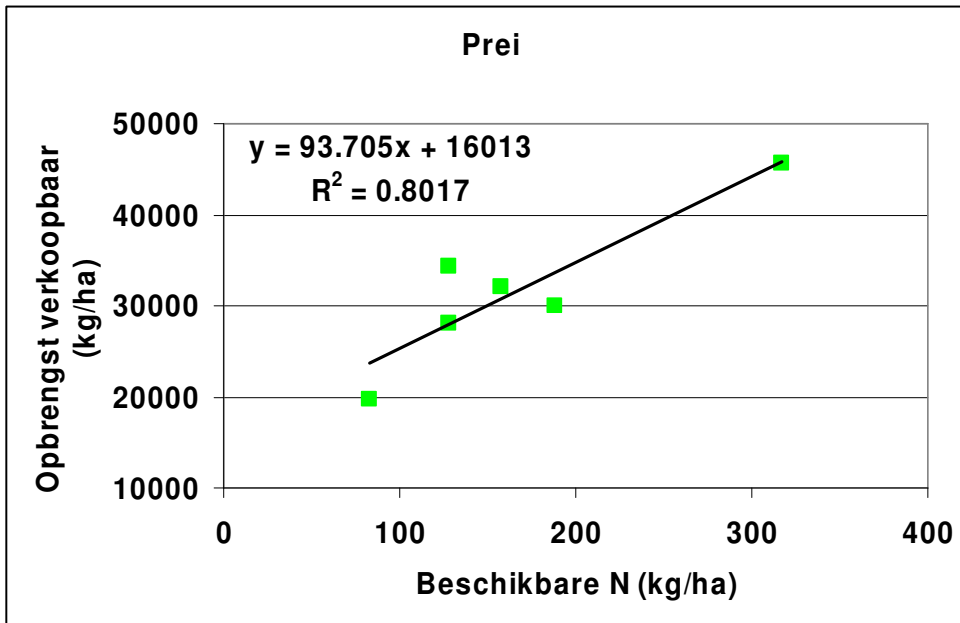
2010 Prei

Dit was het derde jaar, en de resultaten zijn dus de gevolgen van drie jaar achter elkaar toegepaste behandelingsverschillen en niet een eenmalig bemestingsverschil. De opbrengst van de bedrijfsvariant is op de zelfde manier gemeten als de andere behandelingen. Er is sprake van grote verschillen tussen de behandelingen, waarbij de controle (drie jaar géén bemesting) slechts 43% haalt van de maximaal gemeten opbrengst bij GFT + vinasse (Tabel 4-3). Het stikstof gehalte van het verkoopbare product loopt in hoofdlijnen op met toenemende bemesting, het droge stof gehalte neemt juist af.

Tabel 4-3 Opbrengst en enkele analyseresultaten van prei, 2010

Bemesting	Verkoopbaar			Bladrest			Totaal	
	vers kg/ha	DS %	N-gehalte g/kg d.s.	vers kg/ha	DS %	N g/kg d.s.	N-opname kg/ha	
1 Controle 0 N	19667	14.5	12.38	2436	11.8	21.84	49	
2 Vinasse, 48 kg N	28167	10.7	16.94	4952	10.8	28.77	67	
3 Vinasse, 95 kg N	32167	12.3	17.24	5755	11.8	29.07	89	
4 Luzerne, 95 kg N	34333	10.1	19.24	6311	11.9	28.21	86	
5 GFT + vin. 95 kg N	45722	8.8	28.04	12344	10.8	34.96	152	
6 Bedrijf (RDM + vin)	30000	10.2	21.04	6553	11	31.41	89	

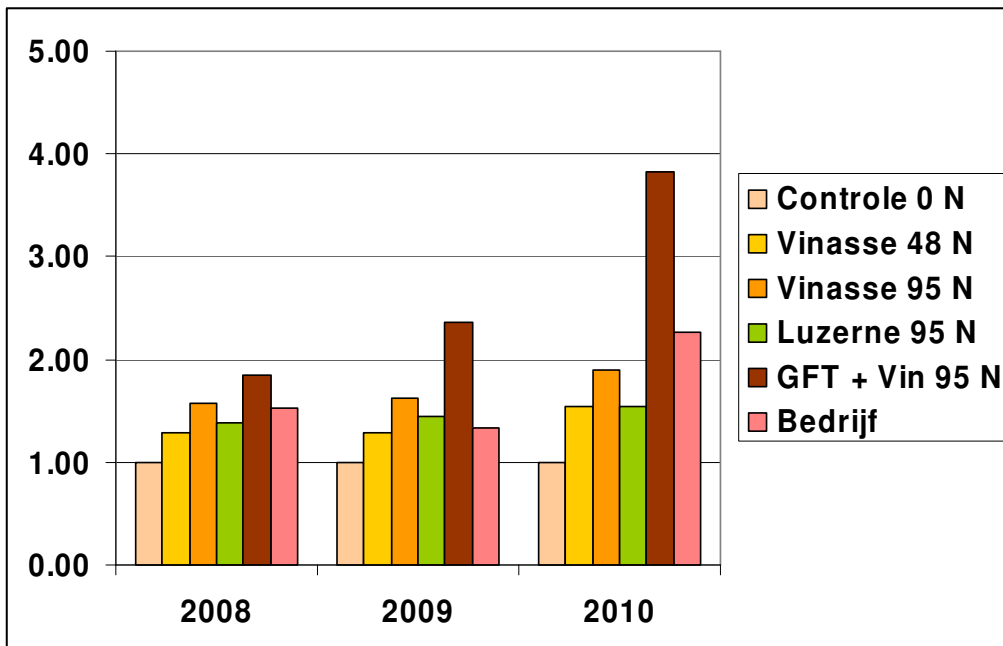
Evenals voorgaande jaren is de verkoopbare opbrengst uitgezet tegen de beschikbare stikstof (Figuur 4-3) waarbij de beschikbare opbrengst binnen NDICEA is berekend als N-min 0-60 cm bij begin teelt vermeerderd met alle stikstofmineralisatie tijdens de gewasgroei. Er is sprake van een redelijk sterk verband tussen opbrengst en beschikbare stikstof. Indien dit verband wordt berekend over vijf behandelingen met achterwege laten van GFT + vinasse is de trendlijn vrijwel identiek aan de trendlijn over alle zes de behandelingen. De compost variant wijkt dus niet af. Stikstofbeschikbaarheid blijkt een adequate verklarende factor om opbrengstverschillen te verklaren.



Figuur 4-3 Verkoopbare opbrengst uitgezet tegen beschikbare stikstof

4.5 Bespreking

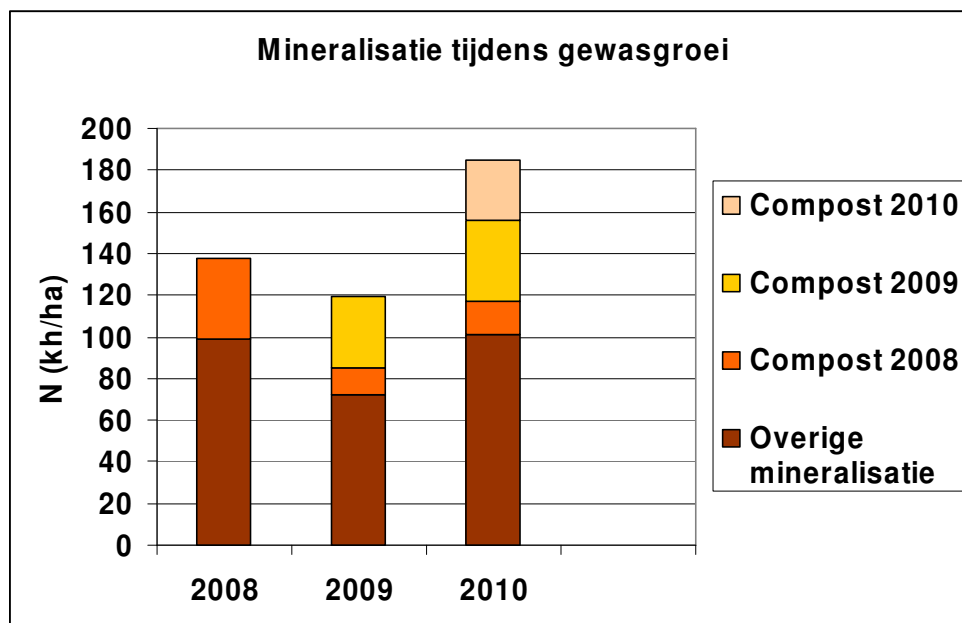
De bemesting is gedurende drie jaar het zelfde geweest, maar de stikstof nawerking door afbraak van organische stof neemt naar verwachting meer of minder toe, afhankelijk van de toegediende meststof. Dat is zichtbaar in Figuur 4-4. De totale stikstofmineralisatie gedurende de teeltduur van de gewassen is berekend met NDICEA. De mineralisatie van de controle variant is in Figuur 4-4 gelijk gesteld aan 1, en de andere waarden zijn daaraan gerelateerd.



Figuur 4-4 Relatieve stikstofmineralisatie per jaar. De stikstof mineralisatie van de controle is voor ieder jaar op 1 gesteld.

Vinasse 48 en vinasse 95 zijn per jaar volgens verwachting oplopend, maar over de jaren is nauwelijks sprake van toename ten opzichte van de controle (die in absolute waarde achteruit gaat!). Luzerne 95 N blijft in 2008 iets achter bij vinasse 95 N, wat veroorzaakt wordt door de tragere mineralisatie. In 2010 zou er een cumulatief effect van de luzerne kunnen zijn, maar dat is niet zichtbaar. De achterstand is zelfs wat groter. Dat komt doordat de luzerne toen door omstandigheden veel later gestrooid is dan de andere meststoffen en dus minder tijd heeft gehad om te mineraliseren. Een eventuele opbouw in drie jaar is daardoor in de mineralisatiecijfers onzichtbaar geworden, maar gezien de opbrengst (Tabel 4-3) misschien toch aanwezig. Wel duidelijk zichtbaar is dat compost in het eerste jaar niet veel stikstof brengt (vergelijk met Compost + vinasse 95 N met vinasse 95 N), maar cumulatief in jaar 2 en 3 aanzienlijk meer. Er is sprake van een sterke opbouw van 'oude kracht'. De bedrijfsvariant met voornamelijk dunne mest en een keer vaste mest laat wel een zekere opbouw zien.

De compost is nog verder uitgesplitst in Figuur 4-5. De totale mineralisatie gedurende gewasgroei in 2009 is lager dan in 2008 omdat het een kortere groeiduur betreft. De mineralisatie in 2010 is hoger doordat met name de compost een cumulatief effect heeft: de mineralisatie uit andere organische stoffen is gelijk aan die van 2008.



Figuur 4-5 Mineralisatie uit de drie composten en uit overige organische stoffen.

De mineralenbalansen van de verschillende behandelingen vertonen grote verschillen. Als extremen staan de balansen van 2008 – 2010 weergegeven voor de controle en voor GFT + vinasse (Tabel 4-4). De afvoer met producten ligt voor GFT + vinasse hoger dan voor controle, maar niet veel hoger. De verhoging van de opbrengst werd pas goed merkbaar in het laatste jaar. De aanvoer van nutriënten met meststoffen is uiteraard totaal verschillend, en dus ook de overschotten. Daarbij moet wel in gedachte worden gehouden dat een aanzienlijk deel van de overschotten aan nutriënten in de compost variant niet verloren is gegaan maar vast ligt in nog niet afgebroken organische stof in de grond.

Tabel 4-4 Mineralenbalansen van Controle en Compost + Vinasse 95

1 Controle 0 N	N	P2O5	K2O	5 GFT + Vinasse 95 N	N	P2O5	K2O
Aanvoer mest	0	0	0	Aanvoer mest	571	432	563
Depositie	50	3	8	Depositie	50	3	8
Totaal aanvoer	50	3	8	Totaal aanvoer	621	435	571
Afvoer met producten	40	25	150	Afvoer met producten	77	30	184
Overschot	10	-22	-142	Overschot	543	405	387
Uitspoeling	133			Uitspoeling	269		

De onderzochte varianten wijken sterk af van de tot nu toe gevolgde bedrijfsstrategie. Vanuit de stikstofdynamiek valt op dat enerzijds er al sprake is van een behoorlijke 'oude kracht': de controle variant deed het in 2008 helemaal niet slecht, en na drie jaar wordt nog steeds de helft geproduceerd van de zwaarst bemeste variant. Anderzijds geeft extra beschikbare stikstof direct respons in totaal opbrengst (2008 en 2010) of verkoopbare opbrengst (2009). Kortom: de verzorging van de basale bodemvruchtbaarheid behoeft aandacht, maar gewasgerichte (stikstof)bemesting vertaalt zich direct in toegenomen opbrengst. Het per ongeluk te laat toedienen van de luzernekorrels in 2010 heeft bevestigd dat luzernekorrels tijd nodig hebben om hun stikstofwerking te tonen maar relatief weinig bijdragen aan blijvende bodemvruchtbaarheid. Dit zijn waardevolle conclusies om mee te nemen naar het ontwerp van een nieuwe bemestingsstrategie

4.6 Conclusies en aanbevelingen

De bedrijfsstrategie voor bemesting die in deze drie jaren is gevolgd moet vanuit het oogpunt van wetgeving de komende jaren aangepast worden. Geen van de onderzochte alternatieve varianten kan direct ingezet worden: de vinasse en luzerne varianten zijn te sterk gericht op stikstofvoorziening van de gewassen en te weinig op bodemvruchtbaarheid op langere termijn, en de compostvariant met vinasse heeft een (veel) te zware bodemverzorgende component. Een combinatie van deze twee gewenste werkingsrichtingen ligt dan ook voor de hand. Dan blijft nog steeds de vraag open of daarmee voldoende stikstof binnen het bedrijf kan worden verkregen om de huidige productie te blijven halen. Onderstaande aanbevelingen gaan dan ook verder dan bemesting in strikte zin.

Voor het verder benutten van de in dit onderzoek gegenereerde (praktijk)kennis zouden de volgende stappen gezet kunnen worden.

- Uitwerken van een bemestingsstrategie op basis van de twee poten 'bodemverzorging' en 'gewasgerichte N-bemesting'. Het stikstof en organische stof model NDICEA kan daarbij behulpzaam zijn om korte en lange termijn stikstoflevering op elkaar en de gewassen af te stemmen.
- Binnen het bedrijf houden van stikstof die uitspoelingsgevoelig is, dus met name in het najaar. Tijdig beschikbaar zijn voor inzaai van een groenbemesters in het najaar wordt dan een belangrijk criterium voor gewaskeuze en management.

- Binnen het bedrijf stikstof winnen door inzet van leguminosen hetzij als hoofdgewas, hetzij als voorvrucht, hetzij als maaimeststof of een combinatie van deze laatste twee. Hierdoor kan de stikstofvoorziening op peil blijven terwijl de mestaanvoer en dus de P-aanvoer afneemt. In praktijk betekent dit een zekere mate van extensivering van het bouwplan.
- Ontwikkelen en toepassen van biologische meststoffen met een hoge N/P verhouding zoals de dunne fractie van digestaat of mestscheidingsproducten.

5 Gerard Lanting

5.1 Bedrijfsbeschrijving

Gerard Lanting is sinds 2003 ondernemer op een akkerbouw/groenteteeltbedrijf van 40 ha in Oosterhesselen. De grondsoort is dekzand met een hoog organische stofgehalte die zich gemakkelijk laat bewerken. Na de omschakeling (voltooid in 2006) wordt op zo'n 50-60 % van het areaal groentegewassen geteeld. Globaal bestaat het 1 op 5 bouwplan uit 2/5 granen, 1/5 waspeen, 1/5 bieslook en 1/5 pompoenen.

De fosfaattoestand van de grond is hoog (Pw 60-90); de kalitoestand is laag (Kgetal 9-20), het organische stofgehalte is hoog (o.s. 4-6%) en de zuurgraad is laag (PH 4,5 – 5,5).

De basisbemesting vindt plaats met compost en schapenpotstalmest. Daarnaast wordt er bemest met varkensdrijfmest en runderdrijfmest.

5.2 Vraagstelling

Het knelpunt op dit bedrijf is dat de fosfaatbemesting als gevolg van de wettelijke fosfaatgebruiksnorm de komende jaren omlaag gaat van 85 kg/ha naar 55 kg/ha. Hierdoor mag er minder mest aangevoerd worden en dus ook minder stikstof en organische stof. Verder is het van belang voldoende kali aan te voeren gezien het lage K-getal. Ook is het belangrijk, afhankelijk van het te telen gewas, de zuurgraad te verhogen door te bekalken.

De vraag is nu met welke vruchtwisseling en bemesting dit bedrijf verder kan.

In 2009 teelde Gerard Lanting voor het eerst pompoenen. Dit gewas wordt doorgaans ruim bemest om geen tekorten te riskeren. Onderbouwend onderzoek naar het stikstofadvies voor pompoen is er wereldwijd nauwelijks. Door de hoge mestgift wordt ook relatief veel fosfaat aangevoerd. Als blijkt dat pompoen met minder mest een (financieel) vergelijkbare opbrengst kan halen, geeft dit meer perspectief op het voldoen aan de fosfaatgebruiksnorm. Vanuit bovenstaande overwegingen is besloten een veldexperiment in de teelt van pompoen uit te voeren.

5.3 Proefopzet

In overleg met de ondernemer zijn in 2009 en 2010 een aantal stroken met verschillende hoeveelheden mest aangelegd. (Tabel 5-1 en Tabel 5-2)

De objecten zijn in enkelvoud in stroken aangelegd. Beide jaren is de compost uitgereden in de derde week van april. De drijfmest is een week later uitgereden. In de derde week van mei zijn de pompoenen gezaaid. De geteelde rassen waren in 2009 Tex en in 2010 Fictor.

Er zijn regelmatig Nmin monsters genomen om de mineralisatie te volgen. Beide jaren is vlak voor de oogst van het hele perceel de opbrengst per object bepaald. Naast de leverbare opbrengst is ook de opbrengst en de mineraleninhoud bepaald van de niet leverbare pompoenen en van het loof. Zo werd gemeten hoeveel mineralen op het veld achterblijven en (gedeeltelijk) weer beschikbaar zijn voor het volggewas.

Tabel 5-1 Bemestingsobjecten in pompoen in 2009

	Objecten 2009				
	A	B	C	D	E
Compost (ton/ha)	0	40	40	40	40
Varkensdrijfmest (m3 per ha)	0	0	15	25	35
Ntotaal (kg/ha)	0	154	239	296	353
Nwerkzaam (kg/ha)*	0	15	76	117	158

*Nwerkzaam is de berekende hoeveelheid stikstof die kan vrijkomen uit de toegediende meststoffen en beschikbaar is voor opname door de plant. De berekening is uitgevoerd met behulp van de stikstofwerkingscoëfficiënten uit de Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (PPO 2010)

In 2010 is de proef in pompoen herhaald op een ander perceel. Er is naast de verschillende bemestingsniveaus ook geëxperimenteerd met twee verschillende bijbemestingen, namelijk grasklaver maaisel en verenmeel. Deze bijbemestingen zijn toegediend in het gewas op 13 juli 2010.

Tabel 5-2 Bemestingsobjecten in pompoen in 2010

	Objecten 2010					
	G	H	I	J	K	L
Compost (ton/ha)	35	35	35	35	35	35
Varkensdrijfmest (m3/ha)	0	15	15	15	20	25
Grasklaver (ton/ha)			13			
Verenmeel (kg/ha)				400		
Ntotaal (kg/ha)	142	210	282	262	233	256
Nwerkzaam (kg/ha)*	14	65	101	101	82	99

Gerard Lanting had ook een vervolgvraag op de bemesting van de pompoen, namelijk wat is het effect van een lagere bemesting in de pompoen op de beschikbare stikstof in het vervolgjaar. In 2010 was zomertarwe het volggewas van de pompoenen in 2009.

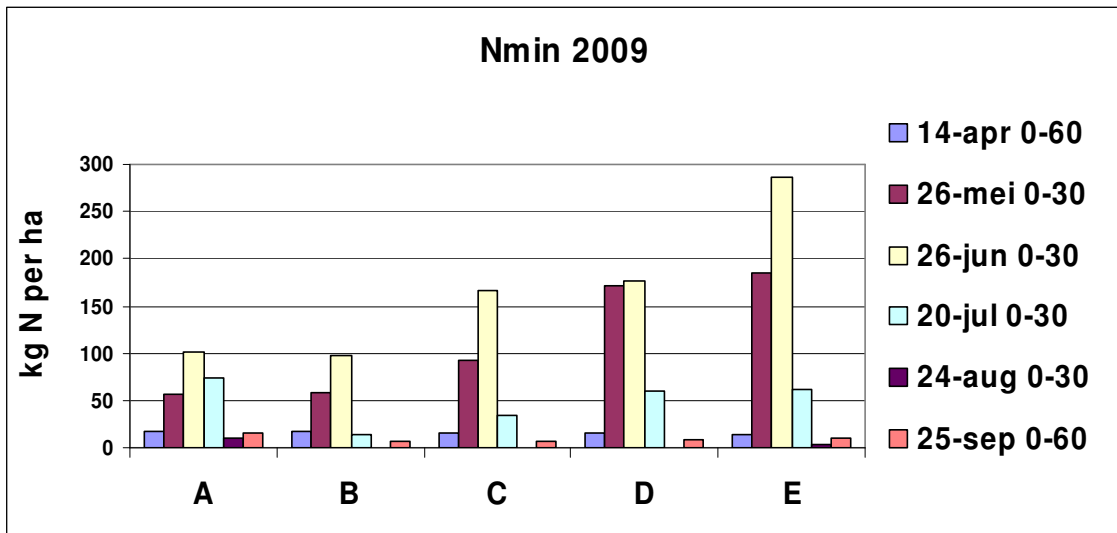
In deze zomertarwe zijn in 2010 twee stroken aangelegd dwars over de objecten van 2009. Een strook is volgens plan bemest en beteeld met zomertarwe. De andere strook is onbemest en onbeteeld gebleven om verschillen door de bemesting van 2009 te kunnen meten zonder dat deze worden beïnvloed door de bemesting van 2010 en/of de opname door de zomertarwe.

In deze stroken is regelmatig de minerale stikstof gemeten en op de beteelde strook is per object de opbrengst van korrel en stro gemeten.

5.4 Resultaten

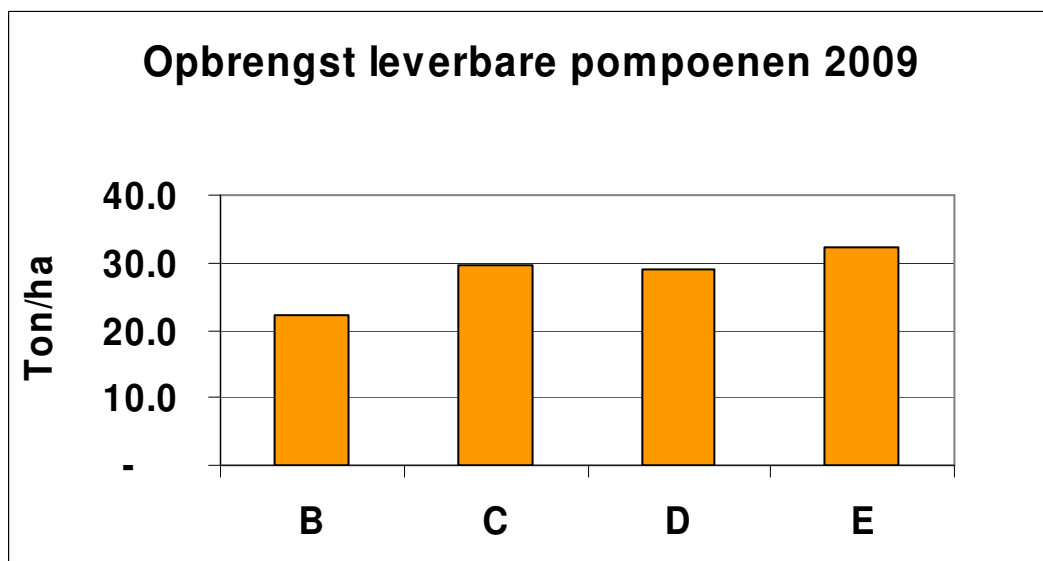
5.4.1 Veldproeven

In 2009 was de variatie in de toegediende hoeveelheden werkzame stikstof terug te vinden in de gemeten minerale stikstof (Figuur 5-1). De metingen tot en met juni laten een sterk oplopende mineralisatie zien. Vanaf juli begint de pompoen de beschikbare stikstof op te nemen, waardoor de Nmin in de bodem laag wordt en er nagenoeg geen verschillen meer zijn tussen de objecten.



Figuur 5-1 Gemeten N-mineraal (y-as, kg/ha) in de loop van 2009 bij de verschillende behandelingen (x-as) op verschillende dieptes (zie legenda)

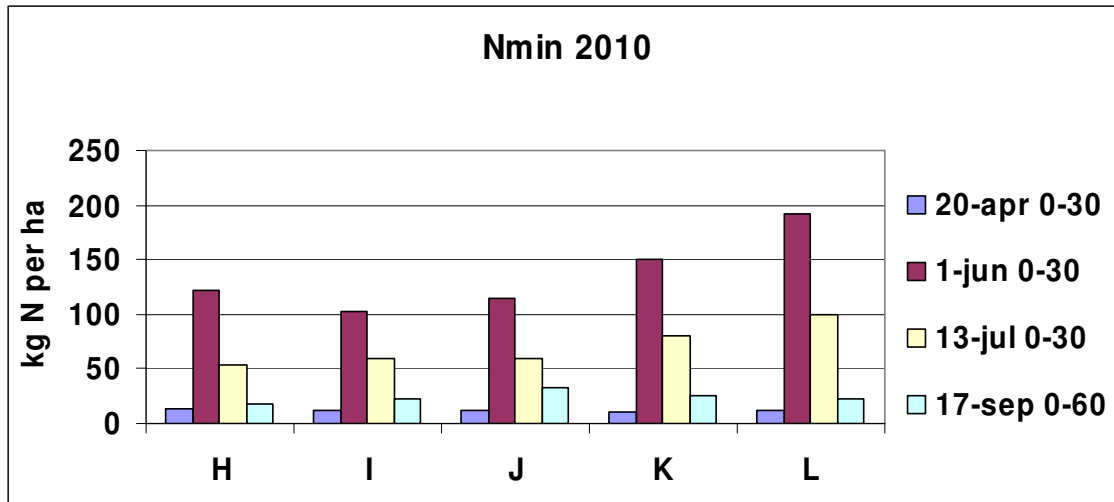
De opbrengst was met 32,4 ton het hoogste in object E, het object met de hoogste bemesting (Figuur 5-2). Ondanks een verschil van 10 m3 drijfmest tussen object C en D was de opbrengst nagenoeg gelijk met resp. 29,5 en 29,2 ton/ha. Opvallend was dat de opbrengst in object B met alleen een compostgift toch nog 22,1 ton/ha was.



Figuur 5-2 Opbrengst leverbare pompoenen per object in 2009 (ton/ha)

De in 2009 geogste pompoenen van dit onderzoek zijn enige tijd bewaard. Het leek erop dat de laagst en de hoogst bemeste pompoenen de grootste verliezen in de bewaring gaven.

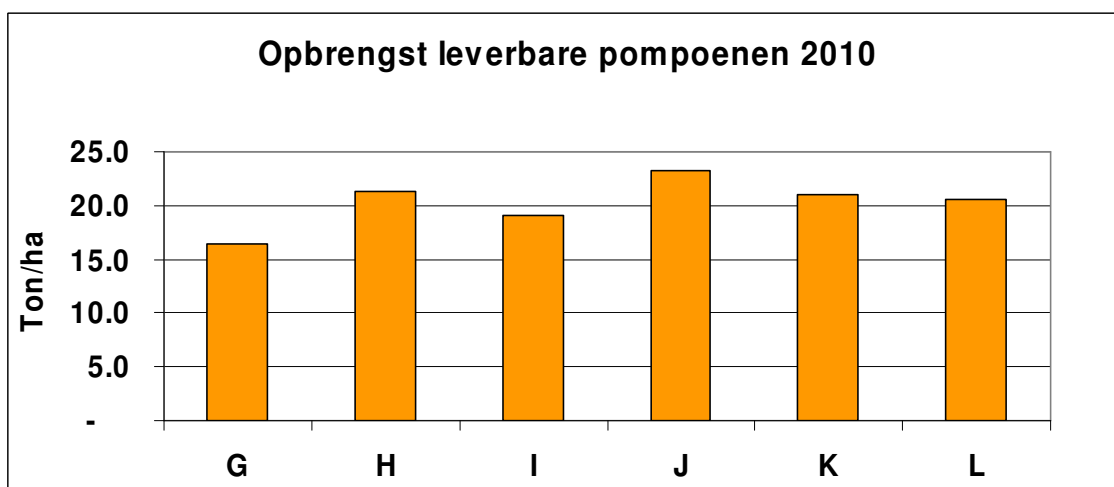
De N-mineraal metingen in juni 2010 laten net als de metingen in 2009 een grote variatie zien ten gevolge van de verschillende hoeveelheden toegediende werkzame stikstof (Figuur 5-3)



Figuur 5-3 Gemeten N-mineraal (y-as, kg/ha) in de loop van 2010 bij de verschillende behandelingen (x-as) op verschillende dieptes (zie legenda)

Het opbrengstniveau in 2010 was lager dan in 2009. Oorzaken van deze lagere opbrengst zijn te verklaren uit een ander ras, het oogsttijdstip (in 2009 was de pompoen verder afgerijpt en in 2010) en de weersomstandigheden (zeer droge periode na zaaien gevolgd door natte periode).

Het object met de laagste bemesting (object G) laat tevens de laagste opbrengst zien (Figuur 5-4). Ook het object dat met maaisel van grasklaver is bemest geeft een wat lagere opbrengst. Blijkbaar komt de stikstof die in dit product zit te laat vrij om nog door het gewas opgenomen te worden. De N-mineraal metingen laten dit ook zien. De bijbemesting met verenmeel geeft met 23 ton/ha de hoogste opbrengst. De verschillen tussen de andere objecten zijn zeer klein en niet te relateren aan de toegediende hoeveelheden varkensdrijfmest.



Figuur 5-4 Opbrengst leverbare pompoenen per object in 2010 (ton/ha)

De N-mineraal gemeten in 2010 in de onbemeste en onbeteelde veldjes in de zomertarwe laten in alle vier objecten de volgorde zien van de toegediende hoeveelheid stikstof in 2009 (m.u.v. meting 3 juni object D). Over het geheel zijn de verschillen echter zeer klein.

De opbrengst van korrel en stro lijkt beïnvloed te worden door de hoeveelheid mest in 2009. Object E met de hoogste bemesting geeft in de zomertarwe ook de hoogste opbrengst.

Tabel 5-3 Nmineraal in 2010 en opbrengst zomertarwe in aangelegde objecten in 2009

Object	N totaal (kg/ha)	N gewasrest (kg/ha)	2010				
			Nmin (0-60 cm; kg/ha)*			Zomertarwe opbrengst (ton/ha)**	
			8-apr	3-jun	13-jul	korrel	stro
B	154	27	26	82	59	4.78	5.56
C	239	39	31	86	66	5.54	5.71
D	296	49	34	71	74	5.91	5.84
E	353	73	40	89	76	6.19	6.22

* Nmin is gemeten in onbemeste en onbeteelde veldjes in de stroken van 2009

** Zomertarwe opbrengst is gemeten in bemeste veldjes

5.4.2 Scenario studies

Samen met de ondernemer zijn een aantal scenario's opgesteld. Hierbij blijven de hoogsalderende gewassen waspeen, bieslook en pompoen gehandhaafd. Deze scenario's zijn doorgerekend voor de werkelijke mineralenbalansen en de fosfaataanvoer volgens het mestbeleid 2010-2013. Bij het mestbeleid telt voorlopig slechts 50% van de fosfaat uit compost mee als aanvoer voor de fosfaatgebruiksnorm.

Uitkomsten van het veldexperiment zijn meegenomen in de scenariostudie.

Door de lage fosfaatgebruiksnorm moet de fosfaataanvoer omlaag. Hierdoor gaat ook de N-aanvoer omlaag. Deze lagere aanvoer kan op twee manieren gedeeltelijk worden gecompenseerd. Verhogen van het aandeel vlinderbloemigen in het bouwplan en gebruik maken van mestsoorten met een gunstige stikstof/fosfaat verhouding. De teelt van (vlinderbloemige) rustgewassen is op dit bedrijf risicovol door het vrijlevende aaltje *Pratylenchus penetrans*. Dit aaltje kan met name in de waspeen grote schade veroorzaken. Door een consequente teelt van de Japanse haver voor de teelt van de waspeen, kan dit risico zo laag mogelijk gehouden worden. Daarnaast moet de teelt van een vlinderbloemige in de tijd bezien zo ver mogelijk van de waspeenteelt af gesitueerd zijn.

De gekozen varianten zijn:

1. Huidige gewassen in optimale vruchtwisseling met huidige bemesting
2. Veldboon vervangen door 1-jarige grasklaver en bemesting geoptimaliseerd
3. Haver vervangen door zomertarwe met witte klaver als groenbemester
4. Scenario 3 waarbij varkensdrijfmest vervangen wordt door rundveedrijfmest

Tabel 5-4 *Bouwplan bij verschillende scenario's*

Jaar	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3 en 4
1	Bieslook	Bieslook	Bieslook
2	Pompoen	Pompoen	Veldboon + Japanse haver (gbm)
3	Haver + Japanse haver (gbm)	Haver + Japanse haver (gbm)	Pompoen
4	Waspeen	Waspeen	Waspeen
5	Veldboon + bladrammenas (gbm)	Grasklaver	Zomertarwe + witte klaver (gbm)

Tabel 5-5 *De mestaanvoer en enkele kenmerken uit de mineralenbalansen*

Mestaanvoer (ton/ha)	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Compost	12	5	8	8
Vaste schapenmest	2.4	3	2	2
Runderdrijfmest	7	9	8	15
Varkendrijfmest	10	4	4.4	0
Vinassekali	1.6	0.4	0.6	0.6
Mineralenaanvoer en overschot (kg/ha)				
N aanvoer meststoffen	218	130	144	150
N aanvoer totaal*	307	199	249	255
P2O5 aanvoer werkelijk	107	65	71	68
P2O5 aanvoer mestbeleid	86	55	55	53
K2O aanvoer	217	157	153	178
N overschot	196	74	127	133
P2O5 Overschot	65	20	25	22
K2O Overschot	108	-5	43	67
organische stof balans (kg/ha)				
Organische stof balans	1809	657	1042	1192

*N aanvoer totaal is inclusief N fixatie en depositie

De totale hoeveelheden van de verschillende meststoffen dalen in scenario 2,3 en 4 aanzienlijk. De aangepaste strategieën leiden er in alle gevallen toe dat de fosfaatgebruiksnorm gerealiseerd wordt. Het berekende fosfaatoverschot daalt navenant. Het inpassen van meer vlinderbloemigen in het bouwplan leidt er toe dat de stikstofaanvoer flink omlaag kan.

Door de lagere mestaanvoer wordt er minder effectieve organische stof aangevoerd. Maar in alle scenario's blijft de aanvoer groter dan de afbraak van organische stof in de bodem en kan het organische stofgehalte van de bodem op peil blijven.

De hoge afvoer van grasklaver in scenario 2 heeft wel een kalitekort tot gevolg. Dit is gezien het al lage kaligetal van de bodem niet wenselijk. Mogelijk kan dit tekort voorkomen worden door te schuiven met mestsoorten of door de laatste snede van de grasklaver niet af te voeren of door het haverstro niet af te voeren.

5.5 Bespreking

Bij aangelegde bemestingsvarianten in de pompoen stijgt de opbrengst mee met een verhoging van de bemesting. De opbrengst stijgt nauwelijks meer bij meer dan 75 kg werkzame stikstof uit mest en compost en het is dan ook de vraag of deze hogere bemesting loont. Bovendien waren de pompoenen bij lagere bemestingsniveaus verder afgerijpt.

Een nul-bemesting met gewas is niet in de proef aanwezig. Met uitsluitend compostbemesting wordt in beide jaren al rond 75% van de maximale opbrengst behaald. Dit wijst er op dat van de totale stikstofopname van het gewas een aanzienlijk deel afkomstig is uit mineralisatie van bodem organische stof.

De huidige vruchtwisseling van Gerard Lanting kan geoptimaliseerd worden door het inpassen van vlinderbloemigen en het aanhouden van een vaste vruchtopvolging waardoor gewassen optimaal kunnen profiteren van de N nawerking van de voorvrucht. Het bedrijf kan verder geoptimaliseerd worden door de varkensdrijfmest te vervangen door runderdrijfmest. Bij gelijkblijvende fosfaat aanvoer komt er dan meer stikstof beschikbaar. Wel is het zo dat ten opzichte van de huidige bemesting er minder direct beschikbare stikstof is voor de gewassen waardoor in enkele gewassen de opbrengst wellicht zal dalen.

Een aandachtspunt op dit bedrijf blijft wel de besmetting met het vrijlevende aaltje *Pratylenchus penetrans*. De teelt van een vlinderbloemige is risicovol en moet in de vruchtwisseling zo lang mogelijk voor de teelt van de schadegevoelige waspeen zijn. Ook is het belangrijk dat Gerard Lanting zorgt voor een goede uitgangssituatie voor een geslaagde teelt van de Japanse haver. Daarnaast blijft het belangrijk de percelen nauwkeurig te blijven volgen op een mogelijke besmetting en bij gebleken besmetting noodmaatregelen te nemen.

Gerard Lanting is er van overtuigd dat door een ruime vruchtwisseling de populatie in de loop van de jaren zal afnemen waardoor hij op termijn wel vlinderbloemigen kan telen. Jaarlijkse bemonstering van een valplek uit 2005 laat deze afname ook zien.

5.6 Conclusies en aanbevelingen

Het oriënterende veldexperiment laat zien dat de bemesting van pompoen waarschijnlijk lager kan zijn dan wat nu in de praktijk gebruikelijk is. Een onderzoek met verschillende hoeveelheden en combinaties van langzaam werkende (compost en vaste mestsoorten) en snel werkende (drijfmest) in herhalingen zowel op zand- als op kleigrond is hiervoor gewenst.

Uit de scenarioberekeningen kan geconcludeerd worden dat met enkele aanpassingen van het bouwplan en de bemestingsstrategie voldaan kan worden aan de lagere fosfaatgebruiksnorm van 55 kg/ha. Uit de

scenarioberekeningen blijkt dat vlinderbloemigen een cruciale rol spelen bij het voldoen aan de lage fosfaatgebruiksruimte van 55 kg/ha. Telers op zandgrond zijn nu echter nog erg terughoudend omdat het telen van de vlinderbloemigen een te hoog risico op aaltjesvermeerdering geeft. Daarom is onderzoek naar een geschikte vlinderbloemige zonder risico op aaltjesvermeerdering zeer noodzakelijk. Daarnaast is onderzoek naar de waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid van het in areaal toenemende gewas pompoen zeer gewenst. Het grootste gedeelte van de in Nederland geteelde pompoenen worden bewaard met soms zeer grote bewaarverliezen. Daarom is onderzoek naar de invloed de bemesting op afrijping en bewaring ook zeer gewenst.

6 Overall conclusies en aanbevelingen

In het eerste jaar van het project "Minder en Anders Bemesten" is een literatuurstudie uitgevoerd (Burgt en Staps, 2008). Hieruit is een aantal oplossingsrichtingen voor de bemestingsproblematiek naar voren gekomen. Daarvan zijn er enkele op praktijkbedrijven in veldproeven getest in 2008, 2009 en 2010. Deze experimenten zijn deels in herhalingen uitgevoerd en deels als strokenproef aangelegd.

Hieruit kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

- Inzet van grasklaver of luzerne als *onderdeel van de rotatie* draagt bij aan verhoging van de algemene bodemkwaliteit, opbrengstverhoging van de volgteelt(en), verhoging van bedrijfseigen stikstofvoorziening en verlaging van de totale mestaanvoer naar het bedrijf. Al deze gevolgen dragen bij aan de sectorale opgave om minder en anders te bemesten. Nieuw is deze conclusie niet, maar in dit onderzoek is dit wel heel duidelijk bevestigd. Op het bedrijf van Rozendaal leidde de introductie van grasklaver als voorvrucht voor kool tot een dusdanige opbrengstvermeerdering ten opzichte van eerder behaalde resultaten dat de meeropbrengst ruim opweegt tegen de opbrengstderving ten gevolge van het introduceren van dit zogenaamd 'laag renderende' gewas.
- Bij grasklaver of luzerne als voorvrucht kan de bemesting voor de volgteelt *aanzienlijk lager zijn* dan bij een andere voorvrucht. Wel zal de dynamiek waarmee stikstof *beschikbaar* komt afwijken van wat gebeurt bij flinke giften (dunne) mest, met als tendens een langzamere en latere stikstoflevering. Afhankelijk van het volggewas zal er de wens of noodzaak zijn daarom bij te sturen, bijvoorbeeld met snel beschikbare stikstofmeststoffen in het begin van het seizoen.
- De *bemestende waarde* van grasklaver of luzerne als verse maaimeststof is minstens zo goed als die van dierlijke mest. De minerale samenstelling sluit goed aan bij de gewasbehoefte, beter dan bij gebruik van vaste dierlijke mest en veel beter dan bij kippenmest. Dat geldt met name voor de N/P-verhouding en voor een aantal gewassen ook voor de N/K-verhouding. Ook hier geldt dat de dynamiek waarmee de stikstof beschikbaar komt aanzienlijk kan afwijken van de dynamiek bij gebruik van (dunne) mest. Het ontbreken van een piek in N-beschikbaarheid door het grote aandeel minerale N in dunne mest is zowel een voordeel als een nadeel. Voordelig omdat die piek kan leiden tot versterkte denitrificatie en uitspoeling, nadelig als een flink beginniveau minerale N gewenst of noodzakelijk is voor een goede groei.
- De stikstofdynamiek van grasklaver of luzerne maaimeststof als gekuild product lijkt iets directer te zijn dan van het verse product. In de bewaring stijgt het aandeel minerale stikstof van vrijwel nul naar een aantal procenten van de totale stikstof en de mineralisatie van de organisch gebonden stikstof lijkt wat sneller te verlopen. Voordeel van inkuilen is de volledige keuzevrijheid voor het moment van toepassing, nadelen zijn de daaraan verbonden extra arbeid, ruimtebeslag en kosten.
- Droge luzerne of grasklaver brok kan als meststof worden ingezet. De toepassing is veel makkelijker dan verse of gekulde maaimeststoffen maar het is ook aanzienlijk duurder. De stikstof werking ervan is wat trager dan van andere gekorrelde hulpstoffen zoals Condit, Monterra, Culterra en andere (ongepubliceerde data Van der Burgt). Voor kortdurende teelten zoals andijvie en spinazie lijkt de stikstofwerking te langzaam op gang te komen. Het wordt met succes toegepast in de glastuinbouw bij een lang groeiseizoen en hoge temperaturen.

- In alle gevallen van gebruik van maaimeststoffen is het van belang dat de meststof goed ingewerkt wordt. Alleen dan kan de mineralisatie goed op gang komen.
- Gebruik van verse maaimeststof, meerdere malen gedurende het seizoen als regelmatige bijbemesting van een gewas, werkt slecht. Het is vanuit arbeid en mechanisatie erg lastig. Bij een groter gewas gaat de maaimeststof het te verkopen product vervuilen. Ten slotte het belangrijkste argument: de stikstofwerking op het gewas is te klein. De maaimeststof kan niet of niet goed ingewerkt worden, en de latere giften in het seizoen hebben veel te weinig tijd om stikstof te leveren.
- Stikstof beschikbaarheid is, onder relatief lage stikstofniveaus, een betere verklarende parameter voor gewasopbrengst dan stikstofgift door bemesting. Dit is niet nieuw maar wordt wel in dit onderzoek bevestigd. Dit heeft twee oorzaken. Ten eerste komt lang niet alle toegediende stikstof op korte termijn beschikbaar voor gewasopname. Dit gegeven zit verdisconteerd in het begrip 'werkingscoëfficiënt' en er kan dus redelijk goed mee gerekend worden. Ten tweede komt het doordat onder biologische teeltomstandigheden een aanzienlijk deel (> 50%) van de door de gewassen opgenomen stikstof helemaal niet uit de bemesting van dit jaar komt maar uit mineralisatie van bodem organische stof: humus, maar ook de gewasresten en bemestingen van voorgaande jaren. Dit gegeven zit maar gedeeltelijk verdisconteerd in de rekenregels voor bemesting die meestal niet verder gaan dan één jaar voorvrucht- en voorbemestingseffect en hooguit een ruwe inschatting van de stikstoflevering uit de grond. Dit pleit voor grootschalige toepassing van een dynamisch stikstofmodel zoals NDICEA.
- Het voorgaande punt leidt tot drie uitgangspunten voor toekomstige bemestingsplannen.

Ten eerste moet er gewed worden op twee paarden: én instandhouding van de basis bodemvruchtbaarheid op lange termijn via organische stof en bodemstructuur, én voor een aantal gewassen op detailniveau op kleine schaal zeer gericht bijsturen met 'snelle' stikstof.

Ten tweede moeten er mogelijkheden in de rotatie ingebouwd worden om de basis stikstof mineralisatie binnen het systeem te behouden, hetzij direct (opname door een verkoopbaar gewas) of indirect (opname door een vanggewas).

Ten derde verdient het sterke aanbeveling om een deel van de stikstofvoorziening 'van eigen grond' te halen. Dat kan met ingrepen op verschillende schaal. Erwt en bonen binden hun eigen stikstof. Leguminose groenbemester kunnen stikstofuitspoeling voorkómen en/of stikstof toevoegen door N-fixatie. Een- of meerjarige grasklaver of luzerne is goed voor de bodemstructuur, voor N-fixatie, en mogelijk voor intern gebruik als maaimeststof. Partnergewassen (Van Eekeren et al., 2007) kunnen de behoefte aan N-bemesting verminderen. Mengteelt (Prins, 2006) kan de mestbehoefte drukken.
- De aaltjesproblematiek lijkt op de lichtere gronden een bedreiging om het bovenstaande te kunnen realiseren. De oplossingsrichting om zo min mogelijk en zo kort mogelijk gewassen te telen is lijnrecht in tegenspraak met bovengenoemde conclusies aangaande de rotatie en stikstofbenutting. Het is de vraag of de daaraan tegengestelde weg, die van intensivering van de organische stof dynamiek met gewasresten en groenbemesters en daarmee intensivering van de activiteit van het bodemleven, op wat langere termijn de plantparasitaire aaltjes op aanvaardbaar niveau kan terugdringen. Teler Lanting heeft vertrouwen in deze weg.
- Aanpassingen in de bemestingsstrategie zullen altijd meerdere onderdelen van het bedrijf betreffen, niet alleen de bemesting zelf. Met de bemesting als zodanig kunnen echter ook flinke stappen gezet worden. Een voorbeeld is het vervangen van varkensdrijfmest door runderdrijfmest (gunstiger N/P-verhouding). Dat geldt in

nog sterkere mate voor de vervanging van kippenmest (de N/P-verhouding van kippenmest kan overigens sterk variëren). Een ander voorbeeld is het (een beetje) verlagen van een vaste mestgift of compostgift en vervolgens zeer gericht en zeer beperkt bijsturen met een 'snelle' stikstof hulpmeststof met gunstige N/P-verhouding.

Literatuur

- Bos J.F.F.P. (red) (2005): **Intersectorale samenwerking in de biologische landbouw: Bouwstenen voor een zelfvoorzienende biologische landbouw**. Rapport Wageningen UR / Louis Bolk Instituut, Wageningen / Driebergen, 54 p
- Burgt, G.J.H.M. van der, G.J.M Oomen, A.S.J. Habets and W.A.H. Rossing (2006). **The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems**. Nutrient Cycling in Agroecosystems 74: 275-294
- Burgt, G.J.H.M. van der, en Staps, J.J.M. (2008). **Minder en Anders Bemesten. Naar een bedrijfsspecifieke duurzame bemestingsstrategie**. Louis Bolk Instituut, Driebergen, publicatienummer LD16, 37 pp.
- Burgt, G.J.H.M. van der, en Staps, J.J.M. (2010). **Minder en Anders Bemesten. Onderzoeksresultaten tuinbouw op zand. Van Lierop 2008-2010**. Louis Bolk Instituut, Driebergen, publicatienummer 2010-028 LbP . (in voorbereiding)
- Dekking A. (2002): **Biologisch bedrijfssystemenonderzoek op het OBS**. In: Wijnands F.G. en Dekking A.J.G (Red): Biologische akkerbouw – centrale zeeklei. Rapport PPO 306-1, p 8-11.
- Eekeren, N., Prins, U. en Oomen, G. 2007. **Direct zaaien van maïs in een partnergewas**. Louis Bolk Instituut, Driebergen, publicatienummer LV65, 32 pp.
- Haagsma, W. (2010). **Minder en Anders Bemesten. Onderzoeksresultaat akkerbouw/groenteteelt op zand. Lanting 2009-2010**. PPO-Lelystad (in voorbereiding).
- IFOAM 2004. **Principles of Organic Agriculture**. www.ifoam.org
- Prins U. (red)(2005): **Intersectorale samenwerking in de biologische landbouw: Verzelfstandiging van de biologische landbouw op het gebied van mest, voer en stro**. Rapport Wageningen UR / Louis Bolk Instituut, Wageningen / Driebergen, 64 p.
- Prins, U. 2006. **Mengteelten: Eiwitproductie voor biologisch krachtvoer**. Ekoland (2) p 38-39.
- Scholberg, J., Berg, c. ter, Staps, s. en Strien, J. van (2010). **Minder en Anders Bemesten . Voordelen van maaimeststoffen voor de teelt van najaarsspinazie**. Resultaten veldproef bij Joost van Strien in Ens, 2009. Louis Bolk Instituut, Driebergen, publicatienummer 2010-007 LbP, 44 pp.
- Shi-ming M.A. and Sauerborn J. (2006): **Review of History and Recent Development of Organic Farming Worldwide**. In: Agricultural Sciences in China Volume 5, Issue 3, March 2006, p 169-178
- Timmermans, B.G.H. , Burgt, G.J.H.M. van der en Berg, C. ter (2010a). **Minder en Anders Bemesten. Onderzoeksresultaten tuinbouw op klei. Rozendaal, courgette 2008**. Louis Bolk Instituut, Driebergen, publicatienummer 2010-025 LbP (in voorbereiding)

Timmermans, B.G.H., Burgt, G.J.H.M. van der, en Berg, C. ter (2010b). **Minder en Anders Bemesten. Onderzoeksresultaten tuinbouw op klei. Rozendaal, courgette 2009.** Louis Bolk Instituut, Driebergen, publicatienummer 2010-026 LbP (in voorbereiding)

Timmermans, B.G.H., Burgt, G.J.H.M. van der, en Berg, C. ter (2010c). **Minder en Anders Bemesten Onderzoeksresultaten tuinbouw op klei. Rozendaal, kool 2010.** Louis Bolk Instituut, Driebergen, publicatienummer 2010-027 LbP (in voorbereiding)

Vereijken P. en Kropff M.J. (1992): **Prototypering van ecologische bedrijfs- en teeltsystemen met een nieuwe balans tussen theoretisch en praktisch onderzoek.** AB-DLO Thema 3.

Vereijken P., Visser R.P. en Kloen H. (1998): **Innovatie van de EKO akkerbouw en groenteteelt met 10 voorhoedebedrijven (1991-1997).** Wageningen, AB-DLO, rapport 88, 120 p

Voit H., Guggenberger E. en Willi J. (red.) (1980): **Biologische Land- und Gartenbau.** Verlag ORAC, Wenen, 368 p

Wallach D. and Goffinet B. 1989. **Mean squared error of prediction as a criterion for evaluating and comparing system models.** Ecological Modelling 44: 209-306.

Wijk K. van, M. Vlaswinkel. 2006. **Onderscheid of kwaliteit: Verdiepende literatuurstudie naar smaak en gezondheidstoffen in belangrijke biologisch vollegrondsgroenten.** Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO), Publicatie nr. 325003, PPO, Wageningen, 58 pp.

Wijnands F.G. (2000): **Vruchtwisseling basis voor kwaliteitsproductie op biologisch bedrijf.**
www.kennisakker.nl

www.ndicea.nl