

Minder en anders bemesten

*Voordelen van maaimeststoffen
voor de teelt van najaarsspinazie*

*Resultaten veldproef bij
Joost van Strien in Ens, 2009*

*Johannes Scholberg
Coen ter Berg
Sjef Staps
Joost van Strien*

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.

Voordelen van maaimeststoffen voor teelt van
najaarsspinazie:

Resultaten veldproef Joost van Strien, in Ens, 2009
Johannes Scholberg, Coen ter Berg, Sjef Staps en Joost
van Strien, 44 p.

Deze uitgave is te downloaden via www.louisbolk.nl onder
nummer 2010-007 LbP

Voorwoord

Graag wil ik een aantal personen en organisaties bedanken voor hun unieke bijdrage aan dit onderzoek. Deze studie is gefinancierd vanuit het demo project "Minder en Anders Bemesten" en levert een bijdragen aan kennisontwikkeling binnen het thema bodemvruchtbaarheid, cluster biologische landbouw van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Ideeën en suggesties vanuit de Themawerkgroep Bodemvruchtbaarheid hebben de kernthema's van dit onderzoek mede helpen bepalen. Dit onderzoek was daarnaast ook mogelijk door algehele ondersteuning vanuit het bioKennis informatienetwerk. Hartelijk dank aan Joost van Strien voor het aandragen van het algehele onderzoeksconcept, het telen van de spinazie, de verzorging van het proefperceel en zijn hulp bij de toediening van meststoffen. Coen ter Berg voor het delen van zijn unieke kennis en ervaring tijdens het opzetten van de studie, en voor zijn hulp bij het wegen van meststoffen, oogsten, bodembeoordeling, en opzetten van een eenvoudige economische analyse. Reinder de Boer voor de assistentie bij het oogsten en bodembemonstering en Riekje Bruinenberg voor suggesties bij het bemonsteren en ook de algehele labondersteuning van uit het Louis Bolk Instituut. Bart Timmermans voor me wegwijs te maken bij het gebruik van GenStat en voor het aanreiken van de algehele rapportstructuur die geënt is op zijn rapport voor een parallel studie bij Hans van Rozendaal. Bij het modelleren van de stikstofdynamiek was met name Geert-Jan van der Burgt behulpzaam en tevens een sympathieke sparringpartner bij het uitwerken van de resultaten. Daarnaast wordt de ondersteuning door Sjeff Staps bij het opstarten van het onderzoek, de algehele project coördinatie, en de afronding van dit rapport zeer gewaardeerd aangezien deze essentieel was voor het succesvol voltooien van deze studie. Ten slotte vormde de vragen en suggesties vanuit de praktijk tijdens velddagen een welkome bron van inspiratie voor vervolgonderzoek.

Johannes Scholberg

Driebergen, december 2009

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Inhoudsopgave	5
Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding: het bedrijf van Joost van Strien	11
1.1 Duurzaam bodembeheer	11
1.2 Onderzoekskader, doel en vraagstelling	12
1.3 Werkwijze	12
2 Materiaal & Methoden	15
2.1 Locatie	15
2.2 Uitvoering	15
2.3 Metingen	16
2.3.1 Bodem	16
2.3.2 Gewasgroei, onkruiden, opbrengst, en nutriëntenonttrekking	17
2.4 Modelleren stikstof en organisch stof dynamiek	19
2.5 Statistisch analyse	19
3 Resultaten	21
3.1 Gewasgroei	21
3.2 Opbrengst	23
3.3 Productkwaliteit	24
3.4 Onkruiden	25
3.5 Nutriëntenbeschikbaarheid en nutriëntenbalans	25
3.6 Nutriënten opname efficiëntie	28
3.7 Modeleren van stikstof en organisch stof dynamiek met NDICEA	29
3.8 Bodemontwikkeling	32
3.9 Bedrijfseconomisch resultaten	35
4 Discussie en conclusies	37
4.1 Opbrengst, nutriëntenbenutting en onkruidgroei	37
4.2 Nutriëntenbalans, bodemkwaliteit en bemestingskosten	37
Literatuur	39
Bijlage 1: Weersomstandigheden Noordoostpolder (2009)	41
Bijlage 2: Proefopzet najaarspinazie in Enst (2009)	43
Bijlage 3: Samenstelling maaimeststoffen en meststoffen	45
Bijlage 4: Resultaten van de bodemanalyse (3 juli 2009)	47
Bijlage 5: Resultaten van gewasanalyse (15 september 2009)	49
Bijlage 6: Resultaten van de visuele bodembeoordeling ¹	51

Samenvatting

In 2009 heeft het Louis Bolk Instituut onderzoek verricht naar het gebruik van versgemaaide en ingekuilde maaimeststoffen voor de bemesting van najaarspinazie op het bedrijf van Joost van Strien in Ens in de Noord Oost Polder. Joost van Strien, een biodynamisch akkerbouwer, verwacht dat de beschikbaarheid van dierlijke biologische meststoffen in de toekomst een knelpunt gaat vormen voor zijn bedrijfsvoering. De doelstelling van deze studie was dus om proactief hier op in te spelen en een teeltsysteem te ontwikkelen dat verbeterd gebruik van op het eigen bedrijf gebonden stikstof waarborgt. Dit werd bewerkstelligd door het ontwikkelen van een innovatief teeltsysteem (het zgn. "cut-and-carry" systeem) waarbij gemaaide grasklaver of luzerne, gewassen die als bodemverbeteraar een essentiële rol in de gewasrotatie vormen, direct op eigen bedrijf worden ingezet als hulpmest stof i.p.v. deze te verkopen als veevoer. Dit is wenselijk omdat de inkomsten uit de verkoop van het gewas beperkt zijn terwijl de nutriëntenverliezen op bedrijfsniveau door verkoop van deze hoog productieve voedergewassen zeer aanzienlijk is.

Gedurende 2009 werden vers gemaaide grasklaver, luzerne, en ingekuilde luzerne vergeleken met het gebruik van kippenmest waarbij meststoffen 36 dagen voor de zaai van spinazie werden toegediend. Daarnaast werd er dit jaar ook nog een extra variant ingezet om te kijken welk effect latere toediening (10 dagen voor zaai) van verse luzerne heeft op gewasopbrengst. Bij de toediening van meststoffen bedroeg de streefwaarde voor stikstoftoediening 200 kg N/ha. Door omstandigheden werden de grasklaver en luzerne echter voortijdig gemaaid en gedeeltelijk gedroogd en toediening was gebaseerd op een schatting van het d.s. gehalte van het maaisel waardoor er een spreiding stond in de daadwerkelijke stikstofdosering. Deze bedroeg 0, 165, 200, 202, 266 en 271 kg N/ha voor de controle, late toediening van verse luzerne, ingekuilde luzerne, kippenmest, verse grasklaver en verse luzerne, respectievelijk. Om de effecten van behandelingen te toetsen werd er daarom zowel naar opbrengst als productie-efficiëntie gekeken. Hierbij werd er berekend hoeveel extra spinazie er werd geproduceerd per eenheid stikstof in de meststof.

Met betrekking tot de beschikbaarheid van stikstof was de stikstof in verse maaimeststoffen grotendeels in organisch vorm terwijl de minerale fractie vervolgens snel toenam na het klepelen en drogen op het veld. Bij ingekuilde luzerne en kippenmest was 15% van de totale stikstof in directe beschikbare vorm aanwezig. Na het oppervlakkig inwerken van de meststoffen was de omzetting van plantaardige meststoffen zeer snel waardoor binnen 5 weken tussen de 27 (ingekuilde luzerne) en 38% (verse luzerne) van de stikstof beschikbaar kwam terwijl voor kippenmest dit percentage slechts 17% bedroeg. De opbrengst van spinazie was het hoogste voor gras klaver, luzerne en luzerne toegediend 5 weken voor zaai. Hierbij was opbrengst ook duidelijke gecorreleerd met stikstofbemesting. Een Nmin getal na zaai rond de 175 kg N/ha gaf de hoogste opbrengst. Maar met name de productkwaliteit (droge stof en ijzer gehalte) was aanzienlijk lager indien er te veel minerale stikstof beschikbaar was terwijl het nitraat gehalte een factor 15 hoger lag in vergelijking met de niet-bemeste controle. Daarnaast steeg het stikstofoverschot na de oogst aanzienlijk en bedroeg 48-106 kg N/ha. Hierdoor kan het risico van nitraatuitspoeling aanzienlijk toenemen. In vergelijking met kippenmest verhoogde het gebruik van maaimeststoffen als stikstofbron de stikstof productie efficiëntie voor najaarspinazie met 32-44% indien het plant materiaal 5 weken voor zaai werd ingewerkt. Bij latere toediening van maaimeststoffen was de verbetering in productie-efficiëntie zeer gering. De mineralenonttrekking van najaarsspinazie bedroeg 67-126 kg N, 29-40 kg P₂O₅, en 146-280 kg K₂O per hectare. De samenstelling van maaimeststoffen sluit hier relatief goed bij aan waardoor de algehele mineralen balans een matig overschot

vertoonde terwijl er bij gebruik van kippenmest een fosfaatoverschot van 323 kg P₂O₅/ha ontstond. Er was geen eenduidig effect van mest stoffen op onkruidgroei. Toediening van verse luzerne en kippenmest ruim een maand voor zaai resulteerde in de beste bodemstructuur gevolgd door gras klaver terwijl deze effecten minder sterk leken bij het gebruik van ingekuilde luzerne of late toediening van verse luzerne.

Wij concluderen dat door gebruik van het systeem dat op het bedrijf van Joost van Strien is ontwikkeld, doelgericht gebruik kan worden gemaakt van meerjarige vlinderbloemige gewassen. Hierdoor worden zowel het bodemleven en bodemkwaliteit bevorderd terwijl de afhankelijkheid van biologische akkerbouw van externe dierlijke meststoffen sterk wordt verminderd door het sluiten van interne nutriëntenkringlopen. Door het gebruik van meerjarige en diepwortelende vlinderbloemige gewassen zoals luzerne of gras klaver kan er stikstof uit de atmosfeer op een klimaatneutrale manier worden gebonden terwijl nutriënten uit diepere bodem ook opnieuw beschikbaar komen voor hoogrenderende gewassen. Onze verwachting is dat door het aanscherpen van de fosfaat normen en de nieuwe mestregelgeving, de kosten van biologisch meststoffen zoals runderdrijfmest zullen gaan stijgen waardoor het gebruik van maaimeststoffen bedrijfseconomisch steeds aantrekkelijker wordt. Doordat maaimeststoffen een relatief hoge stikstof: fosfaat verhouding hebben (> 3) laten deze zich ook zeer goed combineren met kippenmest. Kippenmest is zeer goedkoop en tevens rijk is aan mineralen maar echter een relatief lage stikstof: fosfaat verhouding heeft. Door de combinatie van kippenmest en maaimeststoffen wordt het gebruik van maaimeststoffen financieel nog aantrekkelijker terwijl het risico van verschraling of fosfaatophoping effectief kan worden geëlimineerd.

Summary

During 2009 the Louis Bolk Instituut implemented an on-farm study to assess the use of fresh and silaged green manures as a nutrient source for fall-grown spinach in Ens, in the Noord Oost Polder, The Netherlands. Joost van Strien, a commercial biodynamic farmer, is anticipating that the availability of organic animal manures will become a bottle neck for his farm operation within the next few years. The objective of this study thus was to pro-actively address this issue by developing cropping systems that facilitate more effective use of on-farm N-fixation. This was achieved by developing innovative “cut and carry” cropping systems based on perennial grass clover or alfalfa crops. Including these forage crops in arable cropping systems will enhance soil quality and in this manner nutrients accumulated by these deep-rooted crops can be used as soil amendment rather than to selling and shipping them of the farm as forage. This is very desirable because the revenues from these crops are rather limited whereas the off-farm nutrient export with these crops, that feature very high dry matter accumulation, can be appreciable.

During 2009 use of freshly cut grass clover, alfalfa, and silaged alfalfa were compared with application of chicken manure as a nutrient source for fall-grown spinach. All materials were being applied 5 weeks before the sowing of spinach. An additional treatment was included to evaluate the effect of applying materials later by incorporating alfalfa at 10 days before sowing as well. The target-value for N-fertilization was 200 kg N/ha. However, due to circumstance the forage crops were cut one day before applying them and partially dried in the field. Applications thus were based on estimates of the dry matter content at the time of application which resulted in a wider range of N application rates. Actual N application rates amounted to 0, 165, 200, 202, 267 and 271 kg N /ha for the control, late application of alfalfa, silaged alfalfa, chicken manure, grass clover, and alfalfa, respectively. To assess the effects of treatments on crop performance more objectively we also calculated the nitrogen production efficiency. This index calculates the additional crop yield (in comparison with the non-fertilized control) per unit nitrogen present in the nutrient source.

Regarding N-availability, it was observed that freshly-cut forage crops mainly contained organic nitrogen. However, after mowing and drying the inorganic and more readily available fraction increased rapidly. Approximately 15% of the total N of silaged alfalfa and chicken manure was converted to a mineral form. After soil incorporation subsequent mineralization of plant material was very rapid and within 5 weeks between 27 (silaged alfalfa) and 38% (fresh partly-dried alfalfa) was readily available while for chicken manure this number staggered at 17%. Fresh yield of spinach was the highest with the use of fresh cut grass clover, alfalfa and silaged alfalfa. Yield increased with soil N_{min} values with maximum yields occurring at N_{min} values at sowing around 175 kg N/ha. However, product quality tended to decrease with N rate due to lower dry matter and iron content, while nitrate concentrations at the highest N levels were fifteen times higher than the control. Moreover, residual soil-N values at higher N rates amounted to 48-106 kg N/ha which implies a much greater risk of potential nitrate pollution. Compared with chicken manure, use of green manures applied 5 weeks before sowing, increased N production efficiency by 32-44%. However, delaying application to 10 days before sowing did not result in an appreciable improvement of N production efficiency. Mineral removal rates amounted to 67-126 kg N, 29-40 kg P₂O₅, and 146-280 kg K₂O per hectare. The overall composition of green manures closely matched actual crop demands of spinach resulting in only relatively slightly positive nutrient balances. Use of chicken manure, on the other hand, resulted in a hyper-accumulation of phosphorus of 323 kg

P_2O_5 /ha. There was no clear effect of treatments on weed growth. Application of freshly-cut alfalfa and dried chicken manure five weeks before sowing spinach resulted in the biggest enhancement of soil tilth and soil structure followed by grass clover. Use of silaged alfalfa or late application of alfalfa were less effective in enhancing soil structure.

It is concluded that the system developed by Joost van Strien facilitates more effective use of perennial leguminous forage crops for sustaining inherent soil fertility. Based on current and last-years studies it appears that use of freshly cut or silaged materials from such crops will benefit soil organisms and soil quality while reducing the dependence of arable farms on external animal manures by more effectively closing nutrient cycles. Use of deep-rooted leguminous crops such as alfalfa or a grass clover mix will also allow farmers to take full advantage of symbiotically fixed N thereby providing a climate-neutral N-source. Moreover, nutrients displaced to lower soil layers can be effectively recycled and thus become readily available for shallow-rooted and short-seasoned commercial crops instead of becoming potential pollutants. It is expected that with pending and more restrictive regulations for the use of animal manures and phosphates the cost of organic nutrient sources such as dairy slurry will increase, which will render the use of green manures more cost-effective. Since green manures have a high nitrogen to phosphorus ratio (> 3), their use can be readily combined with the use of chicken manure, a nutrient-rich and very cheap nutrient source with a rather low N:P ratio. Using this strategy will further reduce the fertilization cost of green manure-based systems while minimizing the potential risk of nutrient depletion associated with exclusive use of green manure or hyper-accumulation of phosphate due to excessive use of chicken manure.

1 *Inleiding: het bedrijf van Joost van Strien*

Het bedrijf van Joost van Strien en Monique Doggen is gelegen aan de Oude Emmeloorderweg te Ens vlakbij het voormalige eiland Schokland. De boerderij zelf is een van de oudste in de Noordoostpolder en was een van de bedrijven die werd gebruikt tijdens de ontginning van deze polder. Monique Doggen is op het bedrijf geboren en Joost van Strien heeft sinds het voltooien van zijn studie aan de Universiteit van Wageningen in 1992 de bedrijfsvoering op zich genomen. 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, waarbij in eerste instantie de helft van de 48 ha biologisch werd verbouwd terwijl de rest van het bedrijf gedurende volgende jaren werd omgeschakeld (Koopmans van den Dries, 1997). In eerste instantie werd er een 1 op 6 vruchtwisseling toegepast met als hoofdgewassen: aardappelen, tarwe, grasklaver, zaaiuien en witlofpennen. Momenteel omvat het bedrijf circa 110 ha, het bouwplan is 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 buiten het bedrijf afgezet en verkocht als voergewas. Het bedrijf is gelegen op een matig lichte zavelgrond met 20% afslijpbaar en een organisch stofgehalte van 2.6%. Joost van Strien is naast ondernemer ook zeer actief betrokken bij een aantal bedrijvennetwerken en door zijn maatschappelijke betrokkenheid speelt hij een centrale rol bij innovaties binnen de biologisch landbouw in Nederland.

1.1 *Duurzaam bodembeheer*

Duurzaam bodembeheer staat centraal in de bedrijfsvoering op het bedrijf van Joost van Strien. Het is een van de weinige biologisch bedrijven dat al heeft geïnvesteerd in het gebruik van GPS-gestuurde trekkers voor het toepassen van een vaste rijpaden systeem. Hierbij zijn trekkers en werktuigen speciaal aangepast, hebben een brede wielbasis van 3.15 m, en staat het telen in onbereden bedden centraal. Hierdoor wordt zowel het bodemleven en bodemstructuur bevorderd. Samen met drie collega's is er een samenwerkingsverband "Stichting Bodembescherming Flevoland" opgezet. Binnen deze stichting wordt speciaal aangepast materieel ingebracht voor gezamenlijk gebruik dat wordt ingezet op een totaal areaal van 400 hectare. Joost van Strien is daarnaast een van de pioniers die breed inzet op niet-kerende grondbewerking en hij is actief betrokken bij pilot studies voor het ontwikkelen van geschikte teelttechnieken voor zijn bedrijf. Op dit bedrijf wordt er tevens gebruik gemaakt van de eco-ploeg met een ploegdiepte van 15-18 cm. Door het gebruik van een gebalanceerde en ruime rotatie met voldoende rustgewassen inclusief granen, grasklaver en luzerne en daarnaast gebruik van groencompost is er de afgelopen jaren tevens een lichte stijging (0.3%) van het organische stof gehalte opgetreden. De inzet van vlinderbloemige maaimeststoffen voor het verduurzamen van de bodemvruchtbaarheid op eigen bedrijf biedt ook zeer goede kansen om voortijdig in te spelen op verdere aanscherpingen van de fosfaatnormen en toekomstige schaarste op de biologisch mestmarkt.

1.2 Onderzoekskader, doel en vraagstelling

Ondanks dat grasklaver en luzerne gewassen zijn met een laag rendement, hebben deze binnen het bouwplan een centrale rol voor het behouden en verbeteren van de inherente bodemvruchtbaarheid op het bedrijf. Tot nu toe worden deze gewassen verkocht als voergewas aan veehouders en/of aan een grasdrogerij. Gezien de zeer hoge droge stof productie (10-12 t /ha) van deze gewassen worden hierbij ook aanzienlijke hoeveelheden nutriënten geëxporteerd van het bedrijf. Daarnaast kost het transport en verwerking (drogen) van deze voergewassen en de aanvoer van dierlijke mest van buitenaf ook een aanzienlijke hoeveelheid energie, hetgeen niet wenselijk is vanuit een duurzaamheidsperspectief. Verder bestaat er de verwachting dat de intensieve biologisch veehouderij binnen het kader van duurzame ontwikkeling zal gaan inkrimpen. Gekoppeld met de ontwikkeling dat binnen de biologische landbouw het gebruik van 100% biologische mest een vereiste wordt is het aannemelijk dat er een schaarste aan biologische dierlijke mest gaat ontstaan. Om hier voortijdig op in te spelen sprak Joost van Strien zijn wens uit om minder afhankelijk te willen zijn van externe (dierlijke) meststoffen en meer in te zetten op effectief gebruik van maaimeststoffen van eigen bedrijf.

Het doel van deze studie is om te onderzoeken in hoeverre gebruik van maaimeststoffen zoals grasklaver en luzerne, die reeds een centrale rol spelen in het huidige bouwplan, een prominentere rol kunnen spelen bij het voorzien van de nutriëntenbehoefte van commerciële gewassen zoals spinazie. Spinazie is een gewas dat een hoge en snelle levering van nutriënten vergt en is als gewas dus bij uitstek geschikt om de beschikbaarheid van nutriënten uit meststoffen te onderzoeken.

Om meer flexibiliteit te verkrijgen bij het ontwikkelen van gewasrotaties, de bedrijfsvoering te vergemakkelijken, en de gebruiksefficiëntie van nutriënten te verhogen is er bewust voor een zgn. “cut-and-carry” systeem gekozen. Dus i.p.v. het gebruik van grasklaver als voorvrucht voor spinazie wordt de maaimeststoffen eerst geoogst, geklepeld en vervolgens als een meststof toegediend voor de zaai van een commercieel gewas waar en wanneer dit nodig is.

Door het gebruik van proefopzet met een blokkenproef met vier herhalingen, het gebruik van een niet-bemeste en dierlijke (kippen)mest variant was het mogelijk de vraag te beantwoorden hoe het zit met de beschikbaarheid van nutriënten uit meststoffen en welk effect dit heeft op de opbrengst van spinazie. Door het toevoegen van een ingekuild product variant was het ook mogelijk om te onderzoeken in welke mate het bewerken en bewaren van maaimeststoffen de beschikbaarheid van nutriënten beïnvloedt. Op deze manier kan er worden gekeken of dit systeem ook zou kunnen worden toegepast voor een vroege voorjaarsteelt wanneer de productie van grasklaver nog niet voldoende op gang is gekomen.

1.3 Werkwijze

De ervaring leert dat studies op biologisch bedrijven een efficiënte kennis- en ervaringsuitwisseling tussen boeren en onderzoekers bevorderen. Daarom is binnen het project “Minder en Anders Bemesten” een aantal demo-experimenten aangelegd op biologische bedrijven waarbij onderzoekers van het Louis Bolk Instituut binnen een nauw samenwerkingsverband een aantal veldexperimenten opzetten om specifieke kennisvragen te beantwoorden

van deelnemende biologische ondernemers. In het geval van Joost van Strien was het centrale thema het ontwikkelen van effectieve bemestingstechnieken voor optimaal gebruik van maaimeststoffen van eigen bedrijf.

Gebaseerd op resultaten van een voorgaande studie in 2008 op een ander bedrijfsperceel werden er tijdens een werkbespreking op 27 februari relevante behandelingen en meettechnieken voor het veldexperiment besproken. Vervolgens werd er een beknopt protocol ontwikkeld voor de aanleg en lay-out van de proefveldjes, metingen, en berekening van de hoeveelheid vereiste meststoffen. De demo werd door Joost van Strien zelf aangelegd en uitgevoerd, terwijl medewerkers van het LBI assisteerde bij het wegen en toedienen van meststoffen en het oogsten en bemonsteren.

De impact van dit soort studies is veelal groter als er rond het thema van het onderzoek een velddag voor andere biologisch boeren wordt georganiseerd, hetgeen op 14 september 2009 binnen het kader van het bedrijfvennetwerk "bodem en bemesting" gebeurde. Hierbij werd de opzet en voorlopige resultaten van de proef gepresenteerd en hadden boeren en onderzoekers de kans de proef samen te bekijken en te bespreken (Figuur 1).



Figuur 1. Het "beoordelen en bespreken" van de effecten van bemestingsvarianten op bodemkwaliteit en gewasgroei tijdens velddag op 14 september 2009. Op de foto toont Coen ter Berg de effecten van bemesting op bodemstructuur en beworteling van najaarspinazie.

2 Materiaal & Methoden

2.1 Locatie

De proeflocatie is gelegen in de Noordoostpolder bij Ens, op een matig lichte zavelgrond. Het proefperceel was tussen 2004 en 2006 in omschakeling. Het perceel is relatief uniform met een goede ontwatering. Door het gebruik van het vaste rijpadensysteem is er op het bedrijf in het algemeen ook minder kans op structuurschade en bodemverdichting. In de voorjaarsspinazie waren er echter op sommige plekken de gevolgen te zien van spoorvorming tijdens het oogsten van de winterpeen onder natte omstandigheden. Bij de selectie van de proefveldlocatie is er echter op gelet dat deze plekken buiten het proefveld vielen. De zomer van 2009 in de Noordoostpolder was relatief droog, met een aantal kortere periodes met een neerslagtekort en de totale neerslag gedurende het groeiseizoen bedroeg circa 54 mm (Bijlage 1).

2.2 Uitvoering

Gedurende 2007 werd er grasklaver geteeld op het perceel die op 25 december 2007 werd ondergeploegd. In 2008 werd op 10 mei winterpeen gezaaid die vervolgens op 1 september werden geoogst. Op 15 september werd er gele mosterd ingezaaid die op 15 april 2009 werd ingewerkt. Op 7 januari 2009 werd er 20 t/ha groencompost uitgereden (7.9 kg N/ton) en op 27 april 2009 werd er 40 t drijfmest (4.2 kg N/ton) toegediend. Op 20 mei 2009 werd er voorjaarsspinazie ingezaaid met een opbrengst van 22 t/ha. De tweede snede van de spinazie werd echter niet geoogst. De hoeveelheid en samenstelling van deze gewasresten werden bepaald voor een viertal stroken van 0.5 x 0.5 m en deze bedroeg 11.2 ton/ha vers materiaal (36 kg N/ha). Op 3 juli 2009 werden de proefveldjes uitgezet. Deze proefveldjes bestonden uit een 3 m brede en 15 meter lange teeltstrook (45 m²) begrensd door een circa 15-20 cm breed wielspoor. Een kaartje van het proefveld en de ligging van verschillende varianten zijn weergegeven in Bijlage 2. Bij het toedienen van maaimeststoffen werd een streefwaarde van 200 kg N/ha beoogd. Hiertoe werden er representatieve monsters genomen op 26 juni 2009. Door samenloop van omstandigheden werden de maaimeststoffen echter reeds één dag voor toediening gemaaid en door het droge en zonnige weer was het geoogste product aanzienlijk ingedroogd. Voor het toedienen van de luzerne en grasklaver werd er een tweede monster genomen waarvan de resultaten pas een week later beschikbaar waren. De veldschatting van het droge stof gehalte bleek te laag voor zowel de luzerne als de grasklaver waardoor bij deze varianten te veel stikstof werd toegediend. Een overzicht van bemestingsvarianten, dosering en hoeveel N die werden toegediend staan vermeld in Tabel 1.

Tabel 1 Overzicht van bemestingsvarianten en stikstof (N) toediening bemestingsproef in Ens in 2009.

Behandeling	Toedieningstijdstip dagen tot zaai	Mest toediening t/ha	kg N/ha			
			Nmin	Gewasresten	Meststof	Ntotaal
Niet-bemest (controle)	nvt	0	38	33	0	71
Luzerne-Vers-10d	10 dagen	27	38	33	165	236
Luzerne-Kuil-36d	36 dagen	18	38	33	200	271
Kippenmest-36d	36 dagen	8	38	33	202	273
Gras Klaver-Vers-36d	36 dagen	23	38	33	266	337
Luzerne-Vers-36d	36 dagen	24	38	33	271	342

Voor één variëte (luzerne vers) werd voor een strook naast het proefveld de maaimeststoffen op een later tijdstip (28 juli of te wel 10 dagen voor de zaai van spinazie) toegediend (zie Bijlage 2). In dit geval bleek het droge stof en stikstofgehalte na toediening lager dan voorgaande analyses en werd er te weinig stikstof toegediend. De samenstelling van de meststoffen staat vermeld in Bijlage 3. Na wegen van de meststoffen werden deze getransporteerd in kratten naar het veld (Figuur 2, links). Na toediening van meststoffen (Figuur 2, midden) werden de meststoffen en gewasresten van de voorjaarsspinazie met een volvelds frees oppervlakkig (5 cm diep) ingewerkt op 3 juli 2009 (Figuur 2, rechts). Veldjes werden vervolgens op 8 augustus ingezaaid met najaarspinazie en geoogst op 15 September 2009. Stroken van 30 cm breed tussen de afzonderlijke plotjes werden na kiemen geschoffeld en schoongehouden gedurende het gehele groeiseizoen.



Figuur 2. Foto's van het wegen en transport (links), toedienen (midden) en inwerken van meststoffen (rechts) De gewaskieming was relatief snel en uniform na zaai en werd niet negatief beïnvloed door toediening en het oppervlakkige inwerken van meststoffen.

Gedurende het groeiseizoen werden er een aantal metingen verricht met betrekking tot:

- Bodem:
 - N-min gehalte gedurende de zomer en herfst
 - Bodemtextuur, organische stofgehalte, en nutriëntengehalte bij het begin van het groeiseizoen
 - Bodembeoordeling na de oogst
- Gewasgroei (droge stof productie en mineralen onttrekking)
- Productie en kwaliteit
- Mineralen gehalte en onttrekking
- Onkruid (onkruidpopulaties gedurende het groeiseizoen en op het tijdstip van oogsten)

De metingen en tijdstip waarop deze werden verricht worden hieronder per onderdeel in meer detail besproken.

2.3 Metingen

2.3.1 Bodem

Voor toediening van de meststoffen (3 juli) werd een mengmonster van representatieve bodemonsters (n=30 steken) van het gehele proefveld voor zowel de bouwvoor (0-30 cm) en ondergrond (30-60 cm) genomen. Van deze twee mengmonsters werd de zuurgraad (pH) het percentage lutum, en het organische stofgehalte bepaald.

Daarnaast werd ook de hoeveel stikstof in verschillende vormen (totaal, ammonium en nitraat), het fosfaat- en het

kaliumgehalte gemeten. Omdat er uit de analyseresultaten bleek dat er een aanzienlijke hoeveelheid van de stikstof in ammoniumvorm ($\text{NH}_4\text{-N}$) voorkwam werden voor volgende N-min metingen zowel nitraatstikstof ($\text{NO}_3\text{-N}$) als ammoniumstikstof bepaald. Voor deze metingen werden afzonderlijke bodemmonsters van de bovenste 30 cm van bodem (N=30) voor individuele plotjes voor iedere van de vier herhalingen verzameld op 13 augustus (kieming), 3 september (gesloten gewas) en 15 september 2009 (oogst). Op 4 November 2009 werd er voor zowel de bovengrond (0-30 cm) en ondergrond (30-60 cm) een mengmonster (n=30 steken) per behandeling verzameld. Na zorgvuldige menging van bodemmonsters werd 500 g grond geanalyseerd voor zowel nitraat als ammonium stikstof door BLGG in Oosterbeek. De hoeveelheid stikstof per hectare werd berekend door de gemeten bodemconcentratie te vermenigvuldigen met de massa van de bouwvoor en hierbij werd een waarde van 1300 kg/m^3 voor de bodemdichtheid genomen. Voor het inschatten van de beschikbaarheid (mineralisatie) van stikstof uit een specifieke meststof op het moment van kiemen van de spinazie werd de volgende formule gebruikt:

Mineralisatie meststof = $[(\text{N-min}) \text{ meststof} - (\text{N-min}) \text{ controle}] / \text{N-totaal in meststof}$.

Hierbij werd N-min bepaald voor de 0-30 cm diepe bodemlaag en wordt er aangenomen dat stikstof verliezen door vervluchtiging en uitspoeling te verwaarlozen zijn. Deze aannames zijn plausibel gezien het feit dat het materiaal meteen is ingewerkt na toedienen en er vervolgens een lichte regenbui viel, gevolgd door slechts af en toe een enkele en tevens lichte (< 5 mm) regenbui (zie Bijlage 2, Figuur 2) en er verder nog geen gewas groeide.

Op 5 oktober 2009 werd aan de hand van een profielkuil een visuele bodembeoordeling van de bodem gemaakt (Koopmans *et al.* 2005) voor alle zes behandelingen voor twee van de vier herhalingen. Hierbij werd er een kuil van ongeveer $0.3 \times 0.3 \times 0.6 \text{ m}$ gegraven. Per bodemlaag van circa 25-30 cm werden bodemstructuur (verdeling van kruimel, afgerond-blokkige en scherpblokkige bodemstructuur elementen), wortelgroei, bodemporiën en wormactiviteit beoordeeld.

2.3.2 Gewasgroei, onkruiden, opbrengst, en nutriëntenonttrekking

Gewasgroei en nutriëntenonttrekking na een groeiperiode van 4 weken werden bepaald op 3 september 2009 door twee stroken van $0.5 \times 0.5 \text{ m}$ per plotje net boven de grond af te snijden (totale biomassa). Deze monsters werden gemengd en voor een representatief monster met een versgewicht van 750 g werd het drogestofgehalte en totale stikstofgehalte bepaald. Op 15 september 2009 werd de spinazie opbrengst bepaald per plot door een strook van 2 m breed en 8 meter lang (16 m^2) in het centrale deel van ieder proefveldje d.m.v. een zeis af te snijden. De spinazie werd vervolgens in kratten geladen en gewogen. Per behandeling werd een representatief mengmonster genomen per herhaling voor bepaling van droge stof (d.s.), nitraat ($\text{NO}_3\text{-N}$), en mineralengehaltes (N, P, K, Ca, Mg, Na, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn). Nutriëntenonttrekking werd berekend door versgewicht per plotje met corresponderende droge stof en nutriëntengehaltes te vermenigvuldigen. Aangezien er bij het bemesten verschillende hoeveelheden stikstof werden toegediend werden er tevens waarden voor stikstof productie-efficiëntie (NPE) berekend. Deze is als volgt gedefinieerd:

NPE mestvariant = $(\text{Spinazie opbrengst met mestmeststof} \times \text{opbrengst controle}) / \text{N-totaal in meststof} \times x$.

Op 3 en 14 september 2009 vond er een onkruidmeting plaats. Op 3 september werden twee stroken van 0.5 x 0.5 m midden in het veldje gemeten. Op 14 september werd onkruiden geteld over een strook van een meter breed over de gehele breedte van het teeltbed. Voor beide metingen werden het aantal duidelijk zichtbare onkruiden (> 5 cm) geteld.



Figuur 3. Foto's van proefveldjes 5 en 27 dagen na inzaai van de najaarspinazie.

2.4 Modelling stikstof en organisch stof dynamiek

Voor het modelleren van de stikstofdynamiek is er gebruik gemaakt van NDICEA (Nitrogen Dynamics in Crop rotations in Ecological Agriculture) versie 4.59.2. Een nadere beschrijving van dit model wordt gegeven in de publicatie door van der Burgt et al. (2007). Voor het modelleren van het spinazieveldje werden historische perceelsgegevens zoals vruchtwisseling, gebruik van meststoffen gedurende de periode 2007 tot en met 2009 in het NDICEA model ingevoerd. De weersgegevens (neerslag, temperatuur en evaporatie) werden verkregen door NDICEA voor de regio Flevoland. Per behandeling is er uitgegaan van de gemiddelde van de vier herhalingen van zowel opbrengst als stikstofgehalten in zowel bodem als gewas. Voor de maaimeststoffen werd een "initial age" waarde van 1 genomen. Aangezien de voorjaarsspinazie was ingewerkt werd de restfractie verhoogd van 0.3 naar 0.4. Omdat de najaarsspinazie met een zeis werd geoogst, waarbij het relatief kort werd afgesneden zijn de rest fracties in NDICEA verlaagd van 0.3 naar 0.15 en oogst fractie van 0.6 naar 0.75.

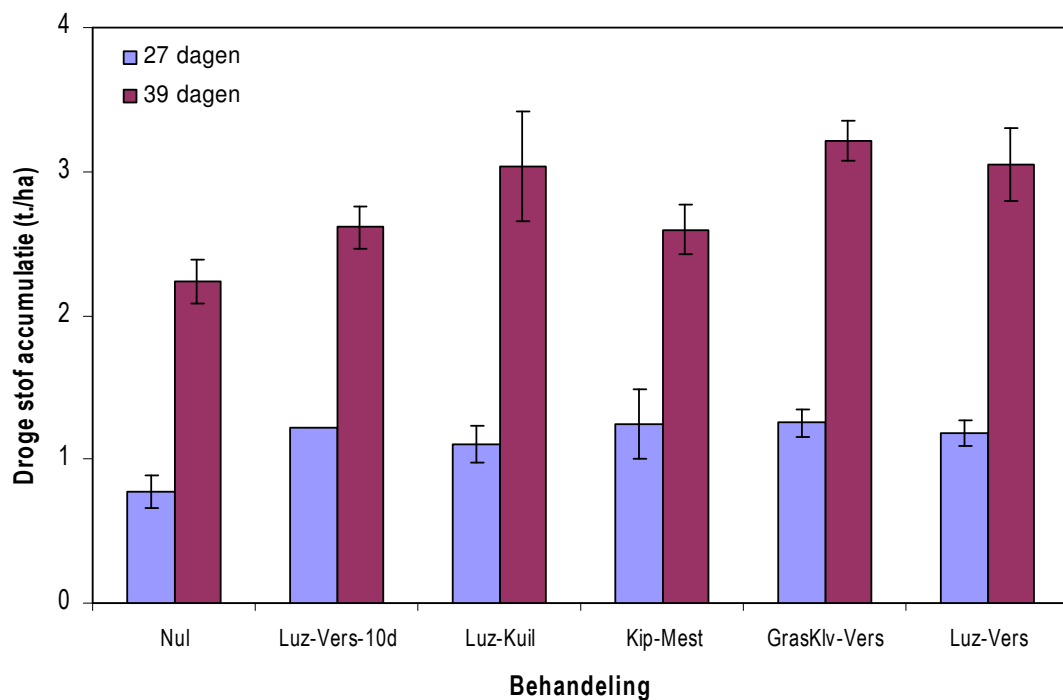
2.5 Statistisch analyse

De statistische analyse van de resultaten is uitgevoerd met GenStat Release 9.1 (Lawes Agricultural Trust, Rothamstead Experimental Station). De analyse voor opbrengsten, gewassamenstelling en nutriëntenbalansen werd uitgevoerd door middel van een variantie-analyse (ANOVA). Voor de nitraat metingen, onkruidtellingen en opbrengstbepalingen zijn de verschillende bemonsteringstijdstippen als afzonderlijke datasets geanalyseerd. Overige resultaten zijn grafische verwerkt met Excel waarbij indien van toepassing zowel gemiddelde als standaard deviaties worden getoond. Bodemnitraat metingen werd gecorreleerd aan opbrengst d.m.v. eenvoudige regressie modellen waarbij regressievergelijking en r^2 waarde d.m.v. Excel werden gegenereerd.

3 Resultaten

3.1 Gewasgroei

Gedurende de eerste vier weken van het groeiseizoen was er wel een duidelijke verschil tussen de controle en de bemeste varianten maar nog geen duidelijke onderlinge verschillen tussen de verschillende bemestingsvarianten. Maar gedurende de volgende twee weken vindt er in toenemende mate differentiatie plaats tussen de verschillende behandelingen (Figuur 4).



Figuur 4. Gewasgroei van spinazie uitgedrukt als accumulatie van droge stof in blad en stengel per hectare.

Tabel 2 geeft de relatieve groei van het gewas weer gedurende de eerste 4 weken en dit wordt uitgedrukt als een percentage van de accumulatie van vers gewicht (productie), droge stof (inhoudsstoffen) en stikstof (nutriëntenonttrekking) gemeten aan het eind van het groeiseizoen. De algemene tendens is dat door het verhogen van de stikstofgift de toevoer en beschikbaarheid van stikstof aan het eind van het teeltseizoen nog relatief hoog is waardoor de snelle begingroei langer aanhoudt en de totale productie hoger komt te liggen. Bij een verlaging van de stikstofgift neemt de groeisnelheid gedurende het tweede deel van het teeltseizoen wat sneller af waardoor er een lichte daling in de potentiële gewasopbrengst kan optreden.

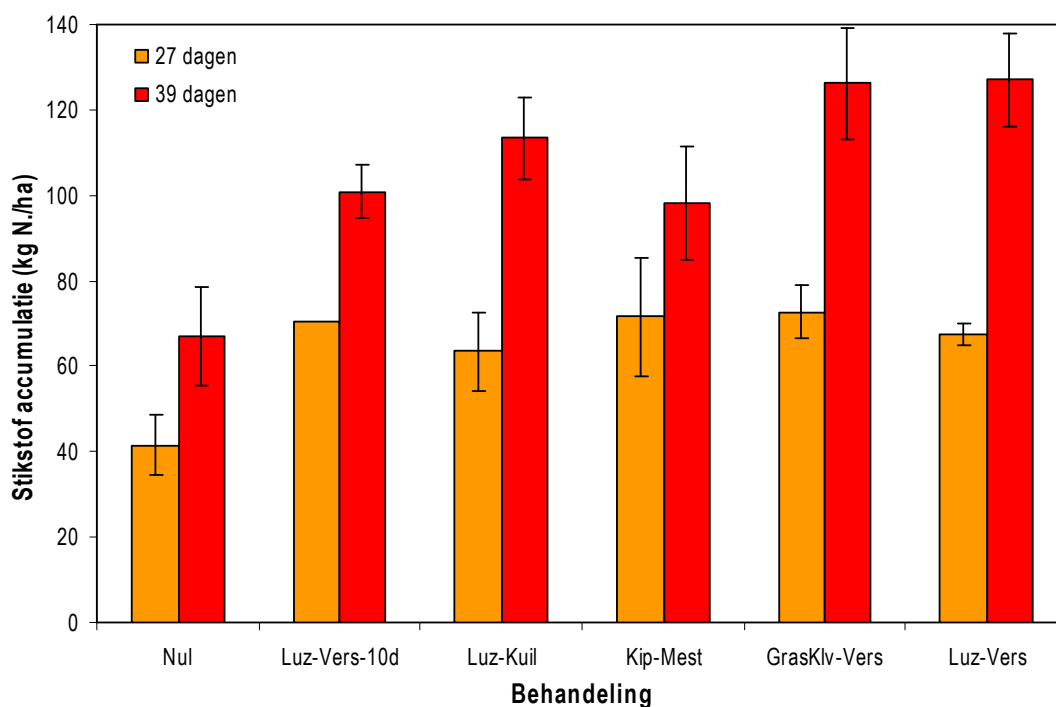
Tabel 2 Overzicht van relatieve accumulatie van vers product, droge stof en stikstof in najaarsspinazie gedurende de eerste vier weken van het groeiseizoen.

Behandeling	N in meststof (kg N ha ⁻¹)	Vers Product	Droge Stof	Stikstof opname
Niet-bemest (controle)	0	73%	35%	62%
Luzerne-Vers-10d	165	76%	47%	70%
Luzerne-Kuil-36d	200	63%	36%	56%
Kippenmest-36d	202	68%	48%	73%
Gras Klaver-Vers-36d	266	60%	39%	58%
Luzerne-Vers-36d	271	57%	39%	53%

Gedurende met name het laatste deel van het groeiseizoen vindt er opslag van assimilaten in het gewas plaats hetgeen leidt tot een hoger droge stof (d.s.) gehalte in het eindproduct. Na een groeiperiode van 4 weken lag het droge stof gehalte tussen de 4.5 en 5.3 %. Aan het eind van het groei seizoen had met name de niet-bemeste variant een relatief hoog (10 %) d.s. gehalte terwijl de Luzerne-Vers-36d variant een d.s. gehalte van 7.1 % had. De verschillen in vers gewicht tussen de controle en bemeste varianten zijn dus relatief groter terwijl de verschillen in droge stof productie aanzienlijk kleiner zijn. Het lijkt er op dat door toediening van extra stikstof het gewas meer vocht accumuleert. Een gedetailleerde beschrijving van effecten van bemesting op opbrengst wordt gegeven in Paragraaf 3.2.

Het stikstof gehalte in het gewas tijdens de begingroei was relatief uniform en hoog en lag tussen de 5.4 en -5.8%. De niet-bemeste variant toonde geen sterke verlaging in het stikstofgehalte t.o.v. de bemeste varianten, hetgeen waarschijnlijk gerelateerd is aan de relatief hoge N-min bodemreserves die tijdens de begingroei beschikbaar waren. Binnen vier weken vond er gemiddeld al ruim 60% van de totale stikstof accumulatie plaats (Figuur 5). Dit benadrukt dat voor een gewas als spinazie de beschikbaarheid van stikstof vanaf het begin optimaal moet zijn. De relatieve hoge opnamefractie gedurende de begingroei uit kippenmest in vergelijking met bij voorbeeld luzernekuil gedurende de begingroei duidt er op dat slechts een klein deel van de stikstof uit kippenmest zeer snel beschikbaar is terwijl de rest relatief langzaam vrij komt.

Na zes weken was het stikstofgehalte in de luzerne-vers-36d variant, 40% hoger dan in de controle variant terwijl het nitraat gehalte in het gewas 15 keer zo hoog was. Dit duidt op een overmatige opname van stikstof. Ondanks dat dit geen negatieve effecten op de groei van het gewas heeft, is het vanuit een milieutechnische- en productkwaliteit perspectief minder wenselijk. Deze aspecten worden in een volgende paragraaf verder toegelicht.



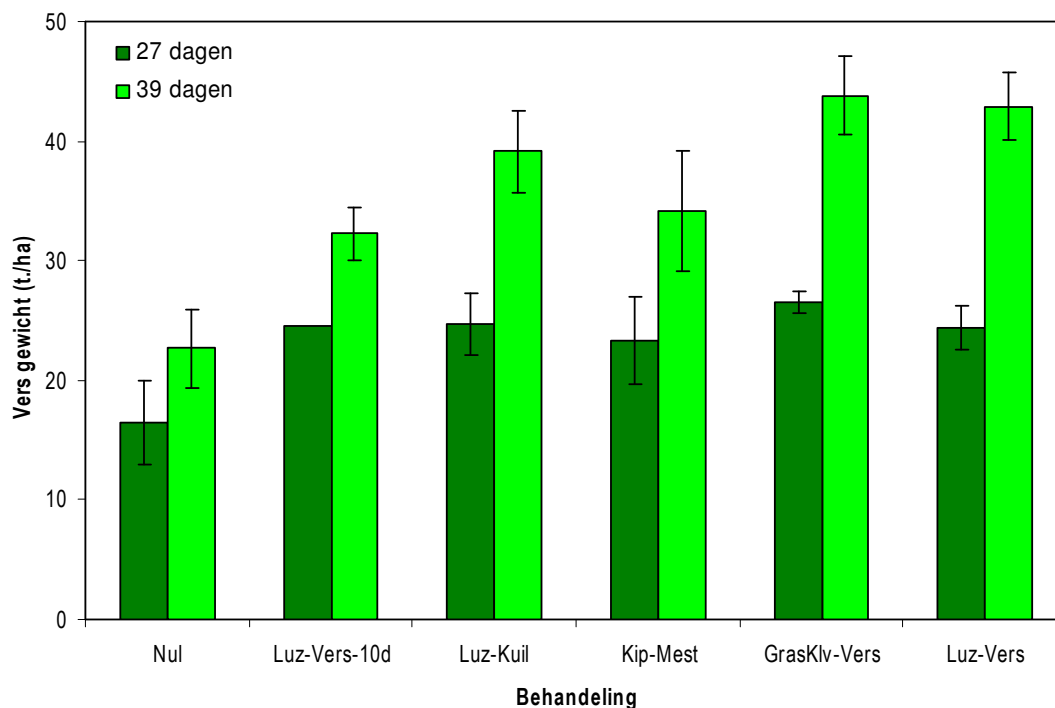
Figuur 5. Accumulatie van stikstof in blad en stengel van najaarsspinazie gedurende 2009.

3.2 Opbrengst

In tegenstelling met de resultaten uit Figuur 4 blijkt dat voor de nul variant het vers product gewicht slechts weinig toenam terwijl met name de varianten met een hogere mestgift binnen een periode van 2 weken het vers gewicht met zo'n 65-76% toenam (Figuur 6). In Tabel 3 zijn de bemestingsvarianten gerangschikt gebaseerd op de hoeveelheid stikstof die werd toegediend. Het blijkt dat in het algemeen de opbrengst lineair stijgt met N-toediening (Opbrengst in t/ha = $21.7 + 0.0769 \cdot \text{kg N in meststof}$; $r^2 = 0.93$). 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%.

Tabel 3 Effecten van bemestingsvarianten op opbrengst en de stikstof productie efficiëntie van najaarsspinazie

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



Figuur 6. Gemiddelde spinazieopbrengst van handgeogste stroken van 0.5 en 16 m² omgerekend als ton vers product per hectare (de verticale strepen tonen de standaard deviatie binnen een behandeling).

3.3 Productkwaliteit

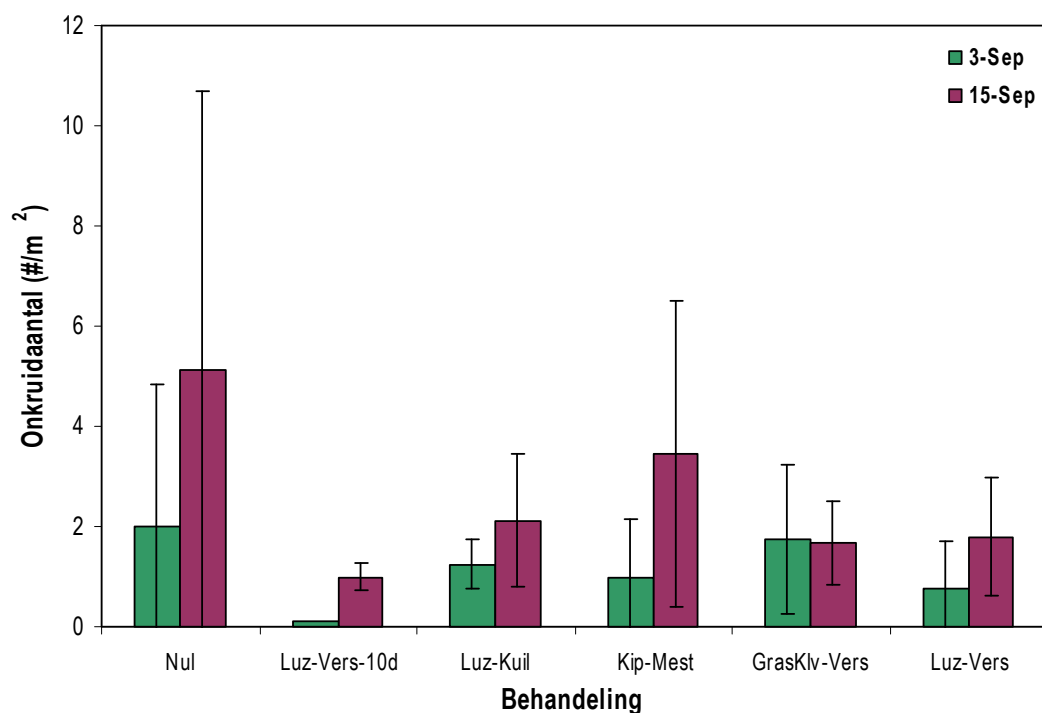
Na het oogsten werd het droge stof, eiwit, nitraat en ijzergehalte in het product gemeten. Hierbij werden de bemestingsvarianten weer op hoeveelheid toegediende stikstof geordend. Hieruit blijkt dat het droge stof gehalte lineair afneemt met stikstofgift (Tabel 4). Het droge stof gehalte heeft invloed op de beleving van het product in de mond (zgn "beet") en een hoger gehalte resulteert in een vastere structuur en vaak ook in een verhoogde concentratie van smaakstoffen en hierdoor een intensievere smaakbeleving (Wijk en Vlaswinkel, 2006). 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 treed er echter wel een verhoging van het eiwitgehalte op. Daarnaast neemt het nitraatgehalte echter 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 4 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

3.4 Onkruiden

De variatie in onkruid aantallen binnen behandelingen was aanzienlijk hetgeen waarschijnlijk veroorzaakt is door onkruidopslag uit voorgaande teelten (Figuur 7). De spreiding voor de nul variant was met name zeer hoog (tussen 1 en 13.2 onkruiden/m²) terwijl deze ook vrij aanzienlijk was voor kippenmest (tussen 0.3 en 7.7 onkruiden/m²). De algehele trend was dat onkruiddruk langzaam toenam gedurende het groeiseizoen en deze het hoogste was langs de randen van de teeltstroken en wanneer gewassluiting matig was (nul variant). De onkruiddruk voor de Luz-vers-10d varianten lijkt pas later op gang te komen dit is waarschijnlijk gerelateerd aan het later inwerken van de meststoffen. Er werd hierbij geen onderscheid gemaakt tussen verschillende onkruidsoorten maar globaal genomen vertegenwoordigde melde, herderstasje, en vogelmuur respectievelijk circa 65-75%, 15-20% en 10-20% van de algehele onkruidpopulatie.



Figuur 7. Onkruid aantallen per m² gemeten op 3 en 14 september 2009.

3.5 Nutriëntenbeschikbaarheid en nutriëntenbalans

Resultaten van de uitgebreide bodemanalyse op 3 juli 2009 zijn weergegeven in Bijlage 4. Op grond hiervan zijn er geen beperkingen van fosfaat of kali op de groei te verwachten. Zo is de streefwaarde voor P-AL 27 en ligt de gemeten P-AL waarden van 64 ruim hierboven. In dit soort situaties is het zeer wenselijk meststoffen te gebruiken met een zo hoog mogelijke (> 2) stikstof-fosfaat verhouding om fosfaatopbouw te voorkomen en gebruik van vlinderbloemige maaimeststoffen als stikstofbron voor spinazie sluit hier perfect op aan. De streefwaarde voor kalium ligt voor de meeste akkerbouwgewassen tussen de 30 en 50, waarbij 50 de bovengrens aangeeft. Een gemeten bodemwaarde van 46 mg K/kg bodem vertaalt zich naar 215 kg K₂O/ha. De kaliumbehoefte van spinazie is echter

zeer hoog. En gezien het korte groeiseizoen van najaarsspinazie dient de bodemvoorraad tijdig te worden aangevuld om opbrengstderving te voorkomen en een goede productkwaliteit te waarborgen.

Een overzicht van de aanvoer van nutriënten uit meststoffen en gewasresten (voorjaarsspinazie) staat in Tabel 5. Hieruit blijkt dat m.u.v. de controle alle bemestingsvarianten ruim voldeden aan de nutriëntenbehoefte van najaarsspinazie (Tabel 6). De nutriëntenverhoudingen in plantaardige meststoffen sluit hierbij zeer goed aan bij de gewasbehoefte van spinazie. De gemiddelde N:P ratio bedroegen 2.7 tot 3.1 voor verse grasklaver en luzerne en 2.2 voor ingekulde luzerne terwijl de waarde voor kippenmest 0.58 was. Hierdoor ontstond er bij het gebruik van kippenmest een aanzienlijke ophoping van fosfaat (323 kg P₂O₅/ha) terwijl bij maaimeststoffen deze waarde gemiddeld rond de 50 kg P₂O₅/ha lag (Tabel 6). De N: K₂O ratio schommelde tussen de 0.8 en 1.1 (Bijlage 3).

Tabel 5 Effecten van bemestingsvarianten op nutriëntenaanvoer voor najaarsspinazie inclusief de aanvoer uit ingewerkte gewasresten van de voorjaarspinazie.

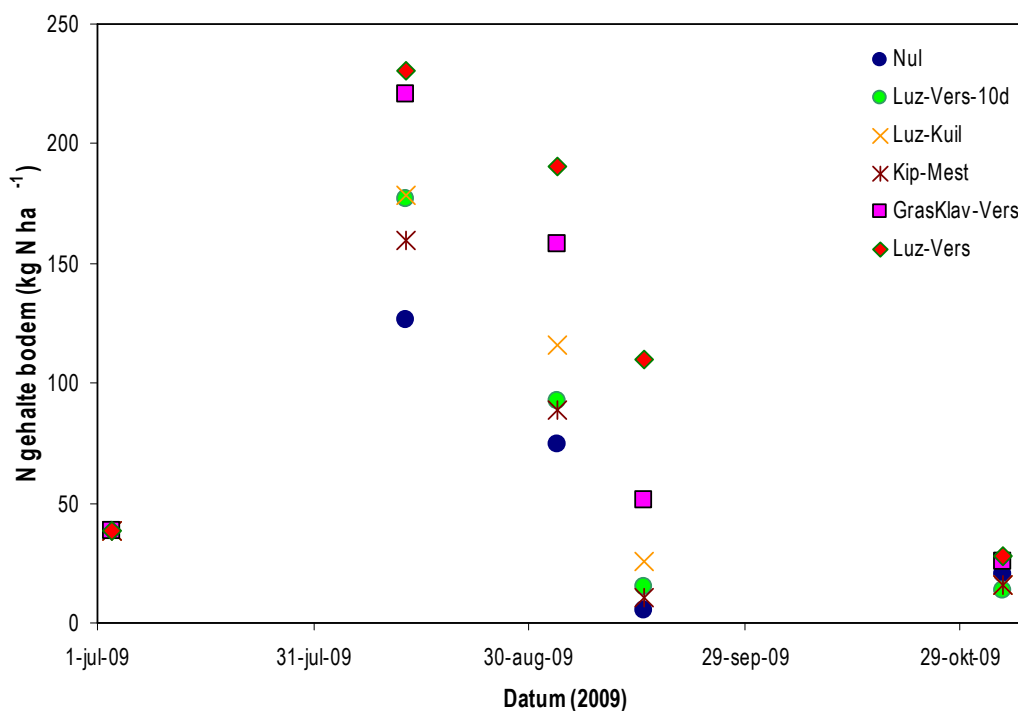
Behandeling	Nutriënten in meststof			Inclusief gewasresten		
	(kg N ha ⁻¹)	(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	(kg K ₂ O ha ⁻¹)	(kg N ha ⁻¹)	(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	(kg K ₂ O ha ⁻¹)
Niet-bemest (controle)	0	0	0	33	12	110
Luzerne-Vers-10d	165	104	179	198	116	289
Luzerne-Kuil-36d	200	75	173	233	87	283
Kippenmest-36d	202	347	170	235	359	280
Gras Klaver-Vers-36d	266	72	278	299	84	388
Luzerne-Vers-36d	271	61	218	304	73	328

Tabel 6 Effecten van bemestingsvarianten op nutriëntenonttrekking en nutriëntenbalansen gedurende het teeltseizoen van de najaarsspinazie.

Behandeling	Gewasonttrekking			Nutriënten balans ¹		
	(kg N ha ⁻¹)	(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	(kg K ₂ O ha ⁻¹)	(kg N ha ⁻¹)	(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	(kg K ₂ O ha ⁻¹)
Niet-bemest (controle)	67 c	29.1 b	146 d	-34 e	-17 e	-37 d
Luzerne-Vers-10d	101 b	33.4 ab	205 c	97 d	82 b	84 a
Luzerne-Kuil-36d	113 ab	37.5 a	240 b	120 c	49 c	43 bc
Kippenmest-36d	98 b	35.8 a	207 c	137 b	323 a	73 ab
Gras Klaver-Vers-36d	126 a	39.0 a	280 a	173 a	45 c	107 a
Luzerne-Vers-36d	127 a	39.7 a	252 ab	177 a	33 d	71 d

¹ De nutriëntenbalans is berekend voor de periode 1 juli 2009 tot en met 15 september 2009 en bevat de ingewerkte gewasresten van de voorjaarsspinazie.

Met betrekking tot de directe beschikbaarheid van stikstof in de bodem was de C:N verhouding van meststoffen relatief laag (Tabel 6) en het ligt dus niet het voor de hand dat er ernstige stikstofimmobilisatie optrad gedurende het groeiseizoen. Voor het inwerken van de gewasresten was er slechts 38 kg N/ha beschikbaar in de bouwvoor hetgeen gerelateerd is aan stikstofonttrekking door gewasgroei (Figuur 8).



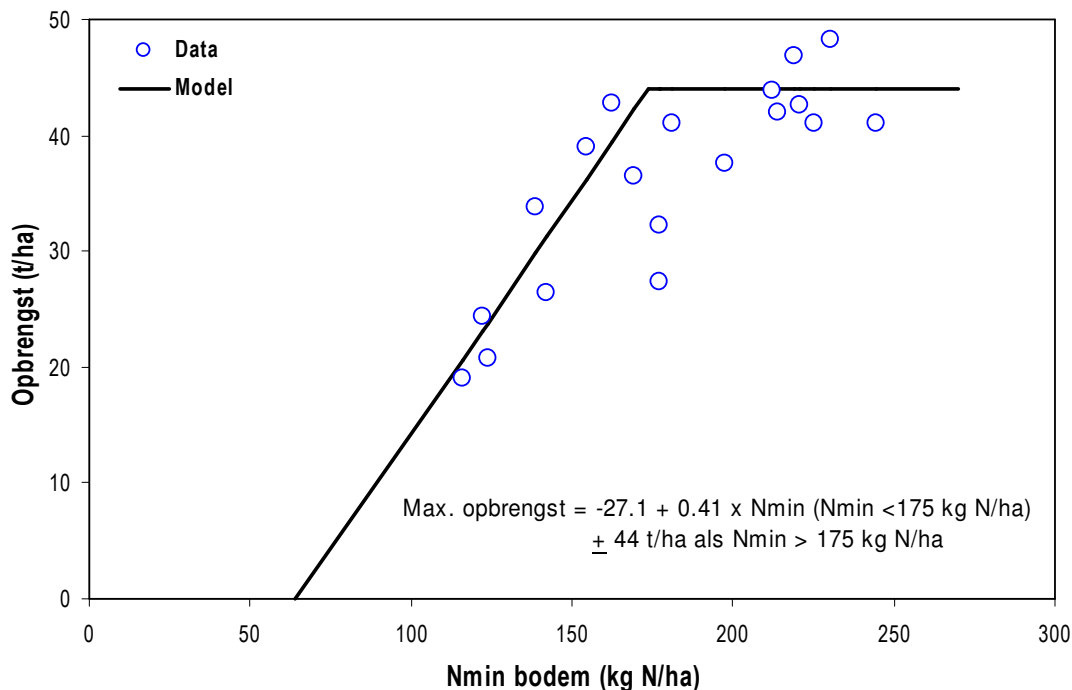
Figuur 8. Verloop van het N mineraal gehalte in de bodem gedurende het teeltseizoen van najaarsspinazie.

Bij kippenmest was op het moment van toedienen 15% van de totale stikstof in minerale vorm aanwezig terwijl deze waarden voor net -gemaaid grasklaver en luzerne rond de 1-2% lagen. Maar binnen enkele dagen na maaien en klepelen bedroeg de minerale stikstof fractie al 8-11% van de totale stikstof terwijl voor de ingekuilde luzerne dit percentage rond de 19% lag (Tabel 7). Op het moment van kiemen was de fractie van stikstof uit toegediende meststoffen die inmiddels was gemineraliseerd op het moment van kiemen het hoogst voor verse luzerne of grasklaver en het laagste voor kippenmest. Op dit moment bedroeg de N-min waarde voor de niet-bemeste controle 126 kg N/ha, hetgeen relatief hoog is (Figuur 8). Bij toediening van grasklaver en luzerne 36 dagen voor zaai bevatte de bodem echter ruim 220 kg N/ha. Op het moment van oogsten bedroeg de N-min voor de controle slechts 5 kg N/ha terwijl deze bij hogere stikstofgift nog steeds 48-106 kg N/ha bedroeg.

Tabel 7. Kwalitatieve aspecten van meststoffen en de beschikbaarheid van stikstof voor en na kieming.

Behandeling	N in meststof (kg N ha ⁻¹)	C:N	DS g/ kg	Ngehalte g/ kg	Nmin-toediening %	Nmin-kiemen %
Luzerne-Vers-10d	165	14.2	227	27.4	8.0	30.8
Luzerne-Kuil-36d	200	11.1	331	33.2	15.7	27.0
Kippenmest-36d	202	7.9	821	30.0	15.0	16.7
Gras Klaver-Vers-36d	266	10.9	314	36.3	7.9	35.4
Luzerne-Vers-36d	271	9.2	256	43.4	10.8	37.6

Er bestond een duidelijke correlatie tussen de hoeveelheid N-min in de bouwvoor op het moment van kiemen en gewasopbrengst (Figuur 9). De sterkste opbrengststijging vond plaats tussen 0 en 175 kg N-min/ha. Bij nog hogere N-min waarden is de gemiddelde meeropbrengst per eenheid extra stikstof nul omdat stikstof niet meer de meest beperkende factor is en treden er negatieve bijeffecten op zoals zeer hoge nitraatgehaltes in het eindproduct.



Figuur 9. Correlatie tussen N-min waarden in de bouwvoor (0-30 cm) en gemeten spinazie opbrengst.

3.6 Nutriënten opname efficiëntie

De opname efficiëntie voor stikstof, fosfaat en kalium uit de verschillende meststoffen voor een bemestingsvariant werd berekend aan de hand van verschillen in gewasonttrekking tussen die variant en de controle. De algehele stikstofefficiëntie was vrij laag (Tabel 8) hetgeen waarschijnlijk gerelateerd is aan het relatief zeer korte groeiseizoen gecombineerd met het gebruik van organische meststoffen. Gebruik van luzerne kuil resulteerde in de meest efficiënte stikstof benutting terwijl deze het laagste was voor kippenmest. Latere toediening van luzerne resulteerde in een verlaagde opname efficiëntie en dit effect was met name zeer duidelijke voor fosfaat en kali. De zeer lage fosfaatefficiëntie voor kippenmest is gerelateerd aan de matige groei (stikstofbeperking) en de zeer hoge toediening (347 kg P₂O₅) vanwege de zeer lage N:P verhouding in kippenmest. De algehele opname efficiëntie voor kalium was relatief hoog hetgeen gerelateerd is aan het feit dat kalium niet gebonden is in organisch materiaal, kalium minder makkelijk uitspoelt in vergelijking tot minerale stikstof, en de relatieve gewasonttrekking van dit mineraal door spinazie zeer hoog is. Maar ook in dit geval bleek de opname efficiëntie toch weer lager te zijn voor kippenmest en late toediening van luzerne. Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan een snellere groei bij de luzerne en grasklaver varianten door de verhoogde beschikbaarheid van stikstof hetgeen tevens resulteert in een verhoogde opname van andere mineralen. Een gedetailleerd overzicht van de effecten van bemestingsvarianten op gewassamenstelling wordt in Bijlage 5 gepresenteerd. Hieruit blijkt dat met name kalium en magnesium gehalte in het gewas toeneemt met stikstofgift.

Tabel 8 Effecten van bemestingsvarianten op nutriëntenopname efficiëntie voor de teelt van najaarsspinazie ¹.

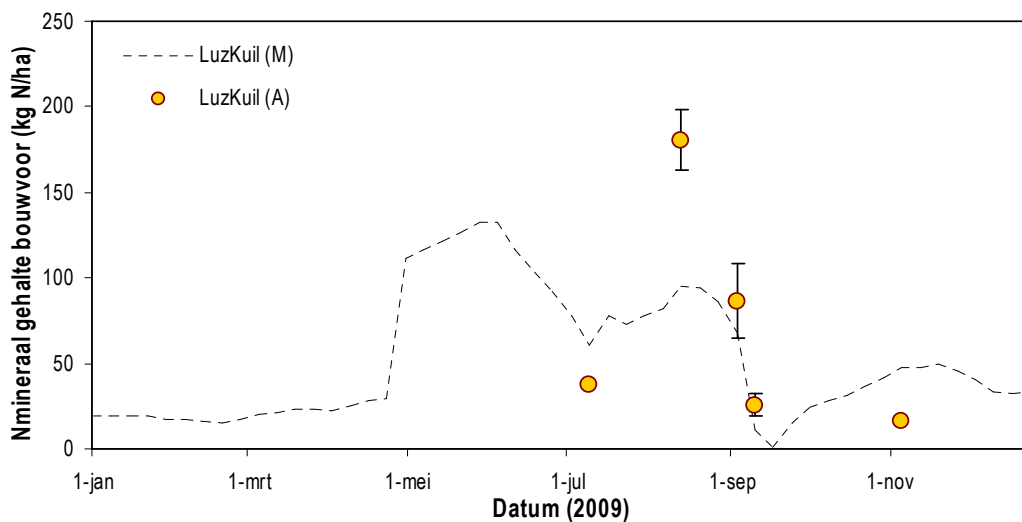
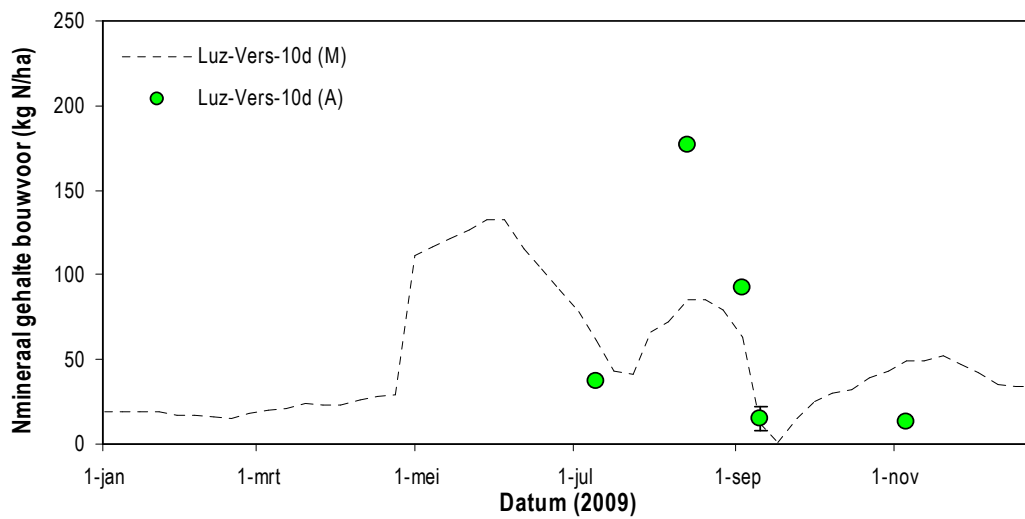
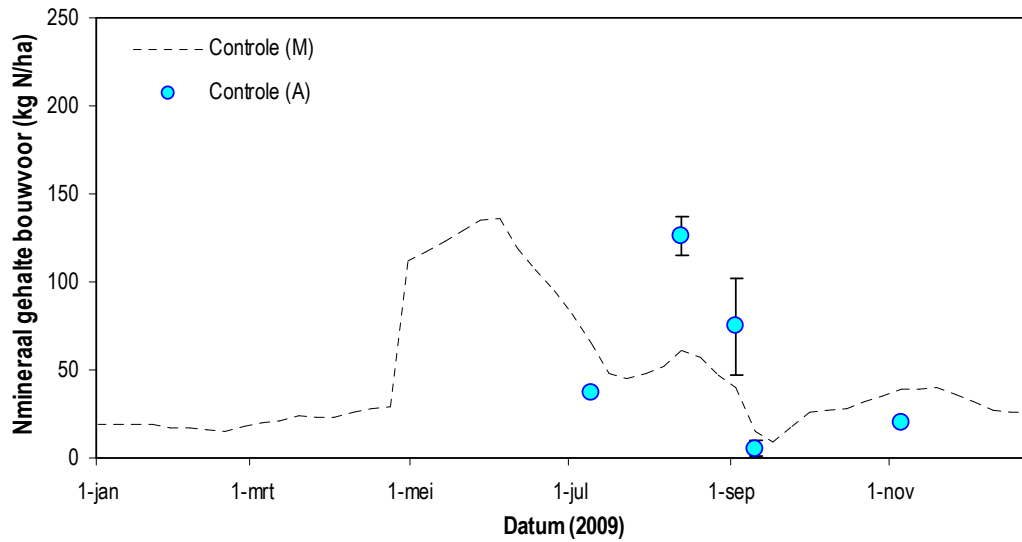
Behandeling	Nutriënten opname efficiëntie meststoffen		
	Stikstof	Fosfaat	Kalium
	%	%	%
Niet-bemest (controle)	NVT	NVT	NVT
Luzerne-Vers-10d	20.5 ab	4.2 b	32.6 cd
Luzerne-Kuil-36d	23.1 a	11.3 a	54.1 a
Kippenmest-36d	15.4 b	2.0 b	35.3 bc
Gras Klaver-Vers-36d	22.2 ab	13.7 a	48.1 ab
Luzerne-Vers-36d	22.1 ab	17.5 a	48.5 ab

¹ Nutriënten opname efficiëntie is gedefinieerd als het verschil in gewasonttrekking tussen een specifieke bemestingsvariant en de controle en is uitgedrukt als een percentage van de totale hoeveelheid nutriënt aanwezig in de toegediende hoeveelheid meststof.

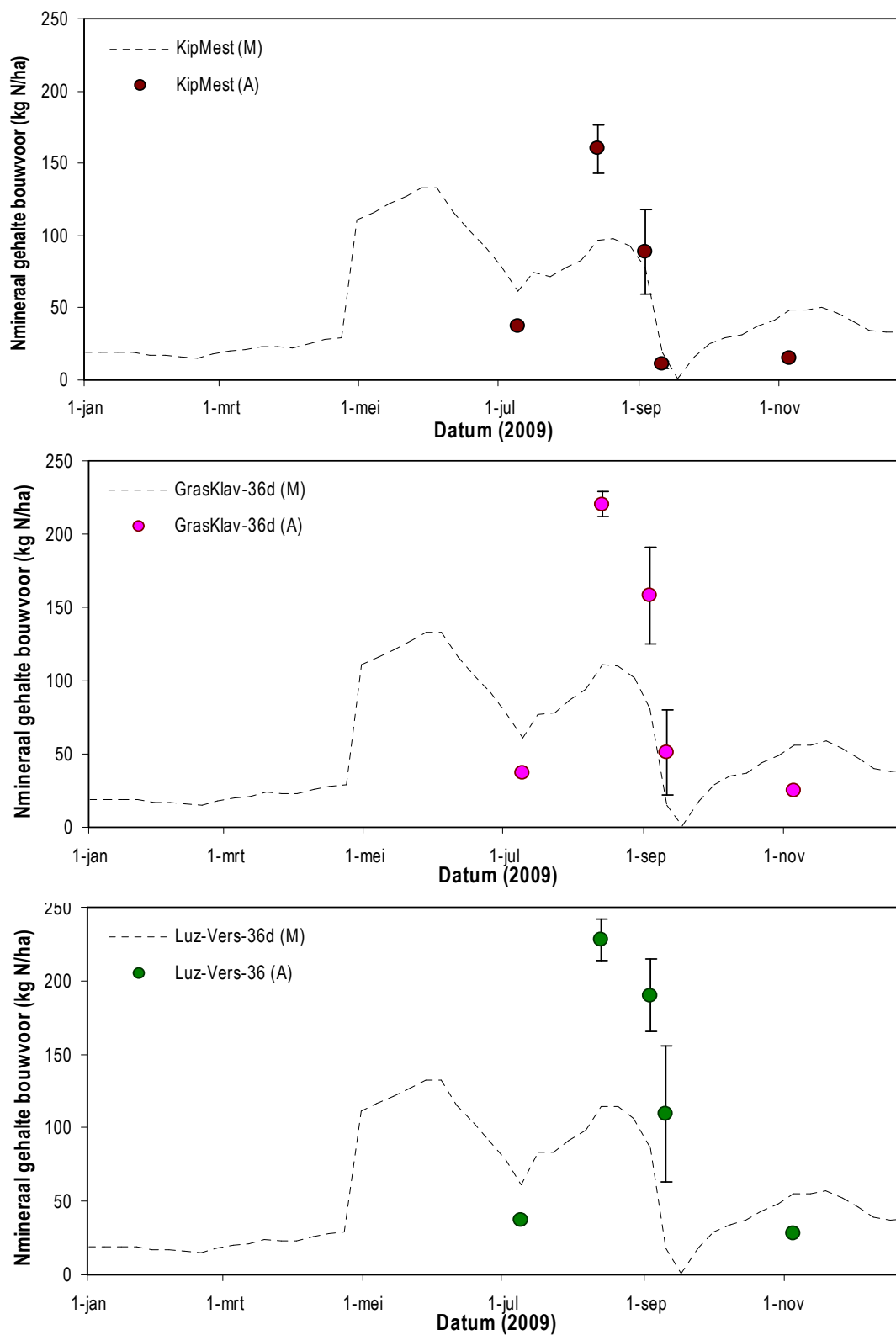
3.7 Modeleren van stikstof en organisch stof dynamiek met NDICEA

Het verloop van N mineraal in de bodem werd bepaald door middel van NDICEA (van der Burgt et al., 2007). Hierbij werd de periode 2007 tot en met 2009 betracht en de voorspelling van NDICEA voor N-min waardes werden vergeleken met veldmetingen voor de verschillende behandelingen. Uit deze grafieken blijkt dat de algehele tijdsverloop van de stikstofdynamiek van NDICEA redelijk aansluit bij gemeten waardes maar dat de piekwaardes consequent te laag worden ingeschat door NDICEA (Figuren 10 en 11). De N-min waardes in de bouwvoor voor alle behandeling gedurende de periode rond de zaai van de najaarsspinazie liggen veelal rond de 67 tot 100 kg lager dan de gemeten waarden. Aangezien de algehele trend zelfs geldt voor de niet-bemeste variant is het dus uitgesloten dat dit gerelateerd kan zijn aan een fout in de hoeveel materiaal die is toegediend. Daarnaast zijn de standaard deviaties van de gemeten waardes relatief gering hetgeen wijst op een consequente trend. Aangezien de verschillen tussen gemeten en voorspelde waardes relatief constant zijn voor alle varianten zou men kunnen speculeren dat er een extra relatief uniforme bemesting over het gehele proefperceel heeft plaats gevonden met een relatief snel beschikbare meststof. Hierbij zou men kunnen denken aan vinasse kali die in het omliggende perceel werd toegediend maar dit was dus niet het geval omdat Joost van Strien aanwezig was bij de toediening hiervan. Anderzijds waren de opbrengsten van de niet-bemeste variant in het proefperceel relatief hoog en vergelijkbaar met die in omringende bedden die met vinassekali waren bemest. Daarnaast is het mogelijk dat er bij het modeleren met NDICEA iets consequent niet of fout is ingevoerd. Maar gebaseerd op een eerste controle door Geert Jan van der Burgt leek dit niet het geval te zijn. Een vervolgstudie is dus gewenst om verschillen tussen metingen en modelresultaten nader te onderzoeken.

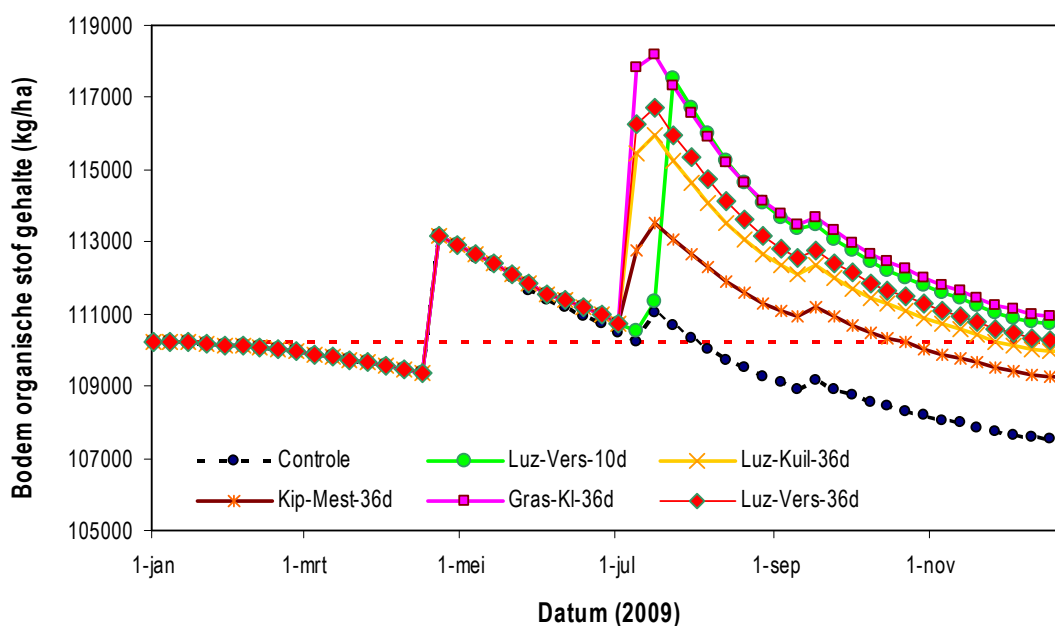
Met betrekking tot het modeleren van het verloop van het organisch stofgehalte in de bodem kwam de meetwaarde begin juli overeen met de door NDICEA berekende waarde. Voor alle behandelingen trad er een snelle stijging in het bodem organische stof gehalte op na de toediening van meststoffen. Bij gebruik van maaimeststoffen was deze stijging het hoogste omdat er meer materiaal werd toegediend (Figuur 12). De afbraaksnelheid was echter ook hoger in vergelijking met kippenmest en de verschillen in bodem organisch stofgehalte tussen behandelingen relatief gering m.u.v. de controle die een duidelijk afname vertoonde t.o.v. de uitgangssituatie aan het begin van het jaar.



Figuur 10. Verloop van N-min waarde in de bouwvoor (0-30 cm) gedurende 2009 voor de controle (boven), luzerne vers toegediend 10 dagen voor zaai (midden) en ingekuilde luzerne (onder). Symbolen tonen gemeten waardes (A) en de stippelijijn NDICEA berekeningen (M).



Figuur 11. Verloop van N-min waarde in de bouwvoor (0-30 cm) gedurende 2009 voor kippenmest (boven), grasklaver (midden) en verse luzerne (onder). Symbolen tonen gemeten waardes (A) en de stippelijijn NDICEA berekeningen (M).



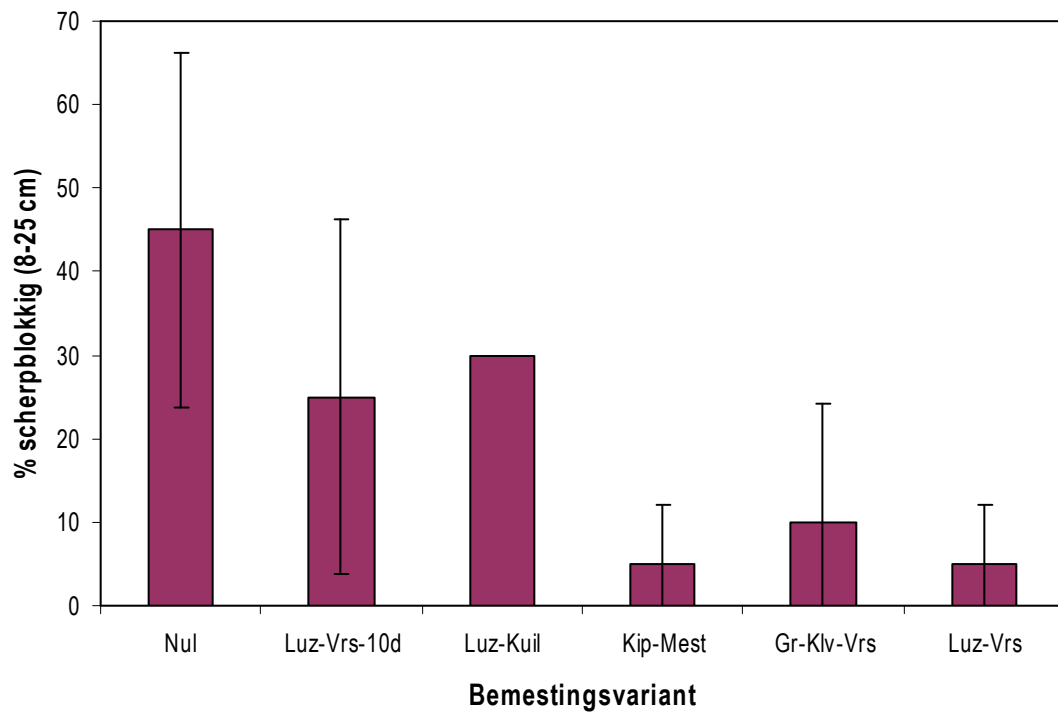
Figuur 12. Beschrijving van de effecten van bemestingsvarianten op organische stof in de bouwvoor (0-30 cm) door NDICEA. De rode stippellijn geeft de uitgangssituatie aan gedurende het begin van 2009.

3.8 Bodemontwikkeling

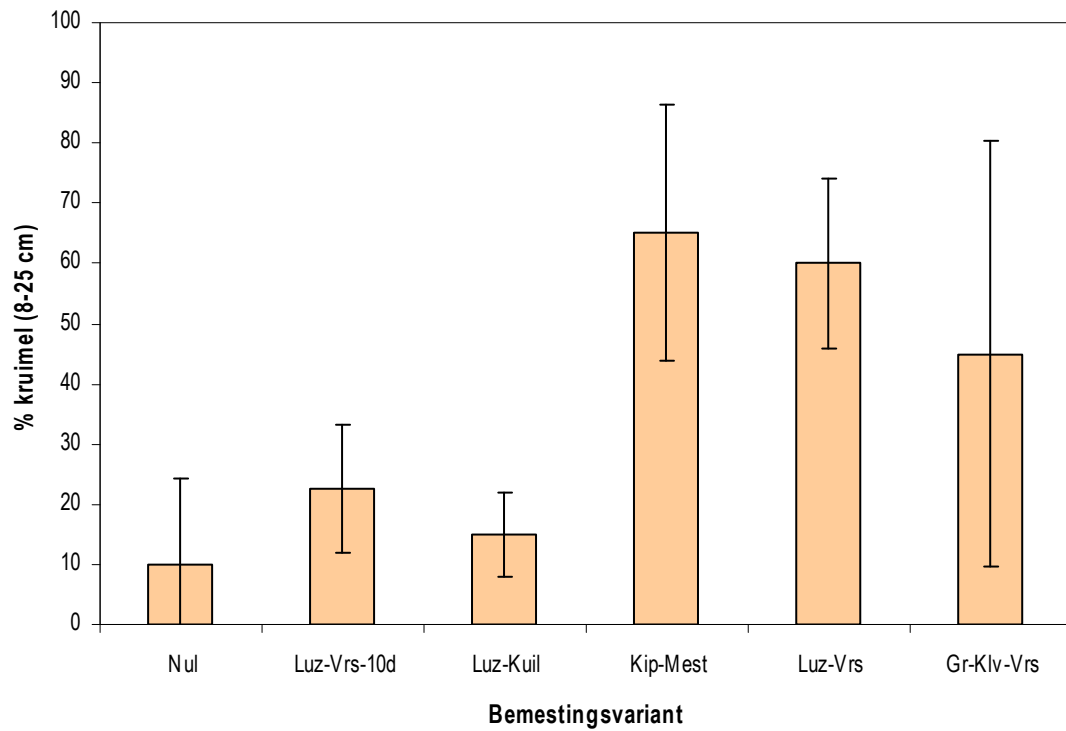
Op 5 oktober 2009 vond er beoordeling van de bodemstructuur plaats door Coen ter Berg. Hierbij werden twee representatieve proefveldjes (herhalingen) per behandeling bemonsterd d.m.v. het graven van een profielkuil. Over het algemeen was de bodemstructuur buitengewoon goed te noemen en was er sprake van een prachtige bouwvoor. In vergelijking tot voorgaande jaar waren de verschillen tussen bemestingsvarianten minder duidelijk. Maar met name bij toediening van vers organisch materiaal toonde de bodem echter wel een mooie rulle bodemstructuur (Figuur 13). Het niet toedienen van meststoffen resulteerde in een verhoging van het aandeel scherpblokkige structurelementen (Figuur 14). Het was daarnaast opvallend dat gebruik van ingekuild materiaal of late toediening van verse luzerne minder effectief was voor het bevorderen van een kruimelstructuur van de bouwvoor in vergelijking tot andere bemestingsvarianten (Figuur 15). Met betrekking tot het voorkomen van bodemporiën en de algehele gewasbeworteling was de algehele trend het zelfde ook al waren de verschillen tussen bemestingsvarianten minder groot (Figuren 16 en 17). In het algemeen sorteerde toediening van verse luzerne en kippenmest ruim een maand voor zaai het meeste effect op het verbeteren van de bodemstructuur gevolgd door gras klaver terwijl deze effecten minder sterk leken bij het gebruik van ingekuilde luzerne of late toediening van verse luzerne. Gedetailleerde resultaten van de visuele bodembeoordelingen in alle behandelingen zijn weergegeven in Bijlage 6.



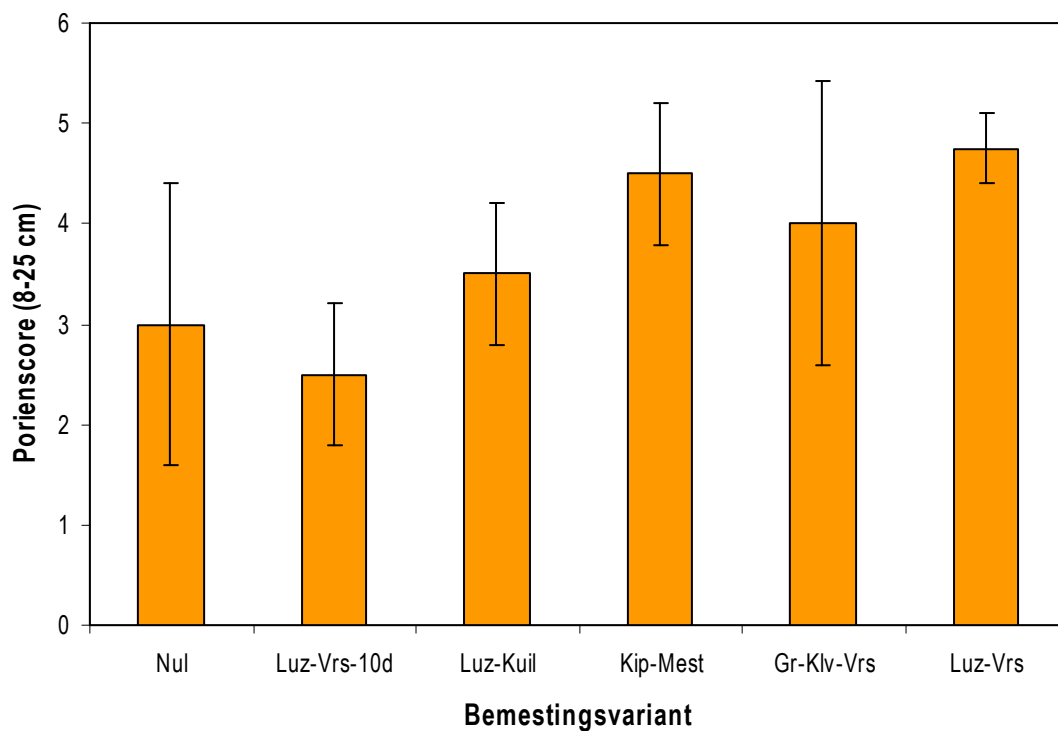
Figuur 13. De bodemstructuur in de veldexperiment op 8 september: Waarbij met name toediening van verse luzerne een maand voor zaai een mooie rulle bodemstructuur, veel poriën en een goede beworteling vertoonde.



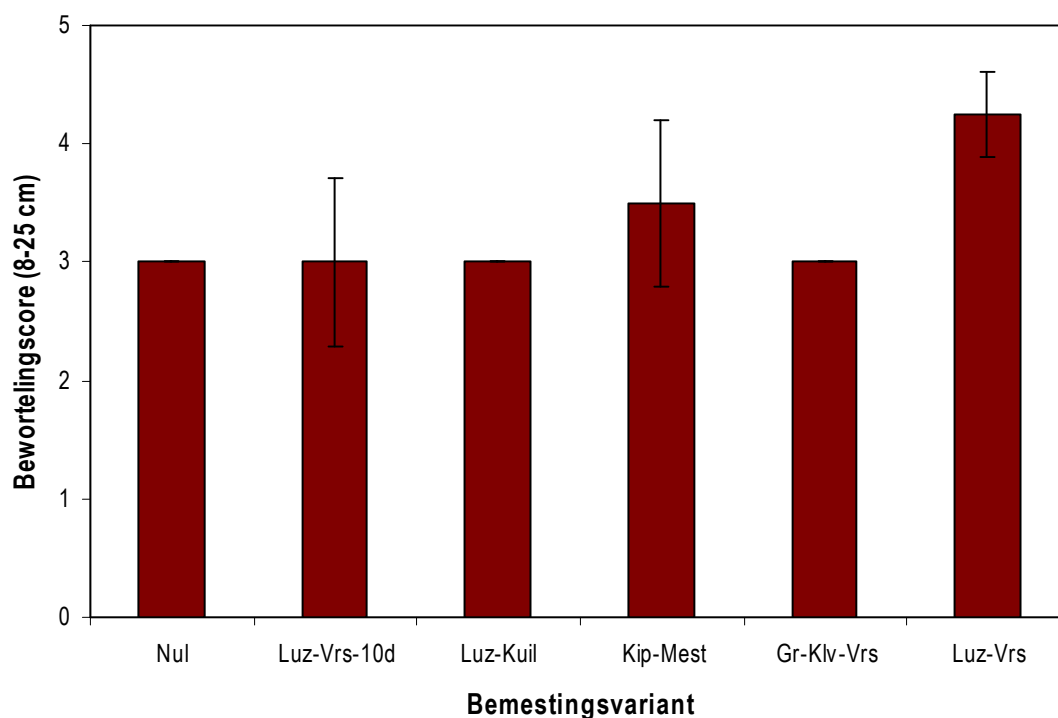
Figuur 14. Effecten van bemestingsvarianten op het aandeel scherpblokkige structurelementen in de 8-25-cm diepe bodemlaag onder najaarspinazie in 2009.



Figuur 15. Effecten van bemestingsvarianten op het percentage kruimels in de 8-25-cm diepe bodemlaag.



Figuur 16. Effecten van bemestingsvarianten op bodemporiën in de 8-25-cm diepe bodemlaag.



Figuur 17. Effecten van bemestingsvarianten op worteling in de 8-25-cm diepe bodemlaag.

3.9 Bedrijfseconomisch resultaten

Bij het ontwikkelen van nieuwe bemestingstrategieën is het ook relevant om naar het kosten plaatje te kijken. Hiertoe werden er enkele eenvoudige berekeningen gemaakt. Hierbij werd er van uitgegaan dat er 160 kg N nodig was voor de teelt van najaarsspinazie en dat hiervoor circa 26 ton verse grasklaver (15% d.s.) oftewel is er een areaal van 1.3 ha maaimeststoffen nodig. De kosten voor maaien werden ingeschat op €27/ha voor het maaien en €100/ha voor het toedienen. De productwaarde van de maaimeststoffen werd ingeschat op €100/ton gedroogd materiaal. Bij het gebruik van ingekuilde luzerne bedragen de extra kosten voor het inkuilen en toediening circa €104/ha. Toedieningskosten voor runderdrijfmest en kippenmest werden ingeschat op €2/t en €4/t. Uit deze berekeningen blijkt dat indien de prijs van runderdrijfmest stijgt tot €12/ton het gebruik van maaimeststoffen financieel aantrekkelijk wordt. Het gebruik van kippenmest is relatief zeer goedkoop maar door de zeer hoge fosfaatophoping kan dit product slechts in beperkte mate worden toegediend. Combinatie met maaimeststoffen biedt mogelijkheden om bemestingskosten te verlagen en mineralenuitputting te voorkomen.

Tabel 9 Bedrijfseconomische vergelijking van verschillende meststoffen voor de teelt van najaarsspinazie.

Mestsoort	Toediening (t/ha)	Loonwerk (€/ha)	Product (€/ha)	Kosten (€/ha)	Kosten (€/kg N)
Grasklaver (15% DS)	20	€ 165	€ 390	€ 555	€ 3.47
Grasklav. Kuil (33% DS)	11.8	€ 269	€ 390	€ 659	€ 4.12
Kippenmest	7.2	€ 29	€ 36	€ 65	€ 0.41
Runderdrijfmest#1 (€10/t)	40	€ 80	€ 400	€ 480	€ 3.00
Runderdrijfmest#2 (€12/t)	40	€ 80	€ 480	€ 560	€ 3.50

4 *Discussie en conclusies*

4.1 *Opbrengst, nutriëntenbenutting en onkruidgroei*

Het is duidelijk dat verse en ingekuilde luzerne en verse grasklaver hoogwaardige en zeer effectieve hulpmeststoffen zijn. Zowel gewasgroei als productie van najaarsspinazie was gelijk of beter dan met het gebruik van kippenmest. De stikstofefficiëntie van maaimeststoffen lag ongeveer 44% hoger dan bij kippenmest wanneer deze 36 dagen voor zaai werden toegediend. Latere toediening resulteerde in een daling van de benuttingefficiëntie met 29%. De relatief hoge stikstofefficiëntie van maaimeststoffen voor de teelt van najaarspinazie is waarschijnlijk gerelateerd aan het feit dat de C:N verhouding van vlinderbloemige relatief hoog is. Ondanks dat de stikstof in de maaimeststoffen bij het maaien van de maaimeststoffen uitsluitend in organische vorm is, komt de omzetting naar snel beschikbare stikstofvormen (de zgn. mineralisatie) gedurende de zomermaanden zeer snel op gang en is er binnen een periode van 5-6 weken na toedieningen veelal ruim 30% van de stikstof beschikbaar voor opname van een commercieel gewas. Het inkuilen lijkt geen sterke vermindering van de mineralisatie tot gevolg te hebben. Bij kippenmest is er relatief veel (15%) meteen beschikbaar bij toediening, hetgeen het risico voor stikstofverliezen verhoogd. De mineralisatie van de rest fractie verloopt echter relatief langzaam en daarnaast sluit de stikstof-fosfaat verhouding in kippenmest relatief slecht aan bij gewasbehoefte van de meeste commerciële gewassen. Toediening van extra fosfaat resulteert niet in een verhoogde fosfaatonttrekking terwijl door de relatieve inefficiënte benutting van dit fosfaat de kans op fosfaatophoping slechts wordt vergroot.

Ondanks dat een verhoging van stikstofbemesting resulteerde in een productieverhoging dient hierbij te worden aangetekend dat dit zowel ten koste ging van de productkwaliteit en het milieu. Zeer hoge stikstofbemesting verlaagde het drogestof en ijzergehalte en resulteerde in een verhoging van nitraat gehalte met een factor 15. Hierbij dient te worden aangetekend dat extreem hoge nitraatgehalten in een product als spinazie ongewenst zijn, met name als deze voor babyvoeding wordt gebruikt. Al te hoge stikstofbemesting resulteerde ook in aanzienlijk minerale stikstofreserves in de bouwvoor aan het eind van het groei seizoen hetgeen kan resulteren in verhoogde nitraatuitspoeling.

Er was geen duidelijk effect van meststoffen op de onkruidpopulatie. Het was wel duidelijk dat een optimale gewasgroei essentieel was voor effectieve onkruidonderdrukking. Daarnaast dient wel worden vermeld dat bij het maaien en verzamelen van maaimeststoffen in het voorjaar er relatief veel onkruiden in het maaisel kunnen voorkomen. Het gebruik van najaarssnede is dus wenselijk indien er materiaal wordt ingekuild.

4.2 *Nutriëntenbalans, bodemkwaliteit en bemestingskosten*

Gebruik van maaimeststoffen heeft een positief effect op de algehele nutriëntenbalans. Dit is gerelateerd aan het feit dat plantaardige materialen veelal een relatieve constante samenstelling hebben die nauw aansluit bij gewasbehoefte van een volggewas. Daarnaast is de stikstof aanwezig in een organische vorm waardoor stikstofverliezen door vervluchtiging en/of uitspoelen relatief laag zijn. Met name biologische kippenmest heeft een relatief ongunstige (lage) stikstof-fosfaat verhouding. Dit komt doordat veel van de stikstof vervluchtigd tijdens de

productiecyclus van de legkippen (vloermest) of tijdens de opslag verloren gaat indien de mest niet voldoende gedroogd is (bandenmest). Afhankelijk van het productie niveau, bedraagt de gewasonttrekking door najaarsspinazie ongeveer 67-126 kg N, 29-40 kg P₂O₅ en 146-280 kg K₂O per hectare. Gebaseerd hier op zou een N-P-K verhouding van 3-1-6 optimaal zijn terwijl voor kippenmest de N:P:K verhouding veelal rond de 1.2-1-0.6 (bandenmest) en 1-1.5-1 (vloermest) ligt. Gebruik van meerjarige en diepwortelende vlinderbloemige biedt dus unieke kansen om stikstof uit de lucht te binden zonder gebruik van fossiele brandstoffen. Daarnaast kunnen door het gebruik van deze gewassen als maaimeststoffen ook nutriënten uit diepere bodemlagen, die slechts in beperkte mate toegankelijk zijn voor een snelgroeïend gewas als spinazie, weer effectief benut worden.

Op de lange termijn bestaat er echter wel een risico op uitputting van bepaalde nutriënten en sporenelementen doordat deze met de geoogste producten van het bedrijf worden afgevoerd. Dit risico kan worden beperkt door gebruik te maken van kippenmest voor de onderhoudsbemesting. Hierdoor kunnen zowel de bemestingskosten als het risico op mineralenuitputting beperkt worden. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat slechts 20-40% van de algehele stikstof behoefte van een biologisch gewasrotatie uit kippenmest mag komen en de rest uit maaimeststoffen, compost of runderdrijfmest. Bij het gebruik van maaimeststoffen die veelal een N: P:K verhouding van 3:1: 3 hebben kan het aandeel kippenmest hoger komen te liggen. Hierdoor biedt gepast gebruik van maaimeststoffen nieuwe kansen op effectiever gebruik van biologische mest binnen de Nederlandse landbouw. Op deze manier wordt het gebruik van maaimeststoffen op bedrijfsniveau ook financieel beter toepasbaar omdat het qua kosten dan vergelijkbaar wordt met het gebruik van drijfmest. Inzet van compost (relatief rijk aan kali) kan daarnaast worden benut om de kali-fosfaat verhouding op peil te houden. Gebruik van maaimeststoffen in combinatie met kippenmest biedt daarnaast ook mogelijkheden voor het in stand houden en verbeteren van de algehele bodemstructuur en het organisch stof gehalte.

Literatuur

Burgt, G. van der, Oomen, G., Habets, A., Rossing, W. 2006. The NDICEA model: a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74, 275-294.

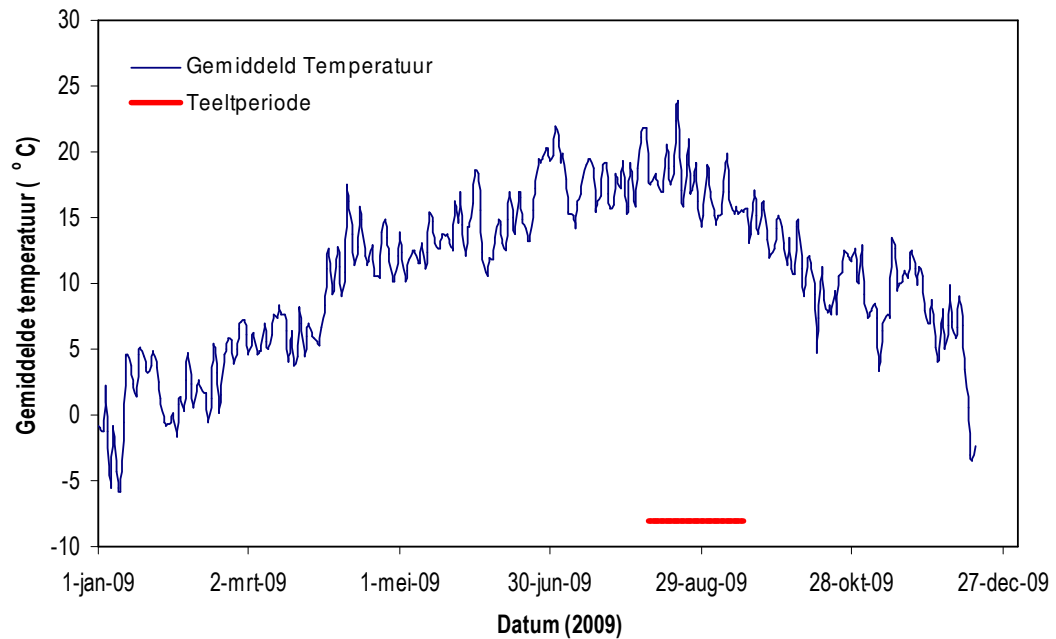
Cuijpers W. en M. Hospers-Brands. 2008. Hulpmeststoffen. Effect van gespreide mestgift op stikstofdynamiek in de bodem & opbrengst en kwaliteit van zomertarwe. Publicatie nr. LB30, Louis Bolk Instituut, Driebergen. 45 pp.

Koopmans, C.J., Zanen, M., Ter Berg, C. 2005. De Kuil. Bodembeoordeling aan de hand van een kuil. Publicatie nr. LB12, Louis Bolk Instituut, Driebergen. 16 pp.

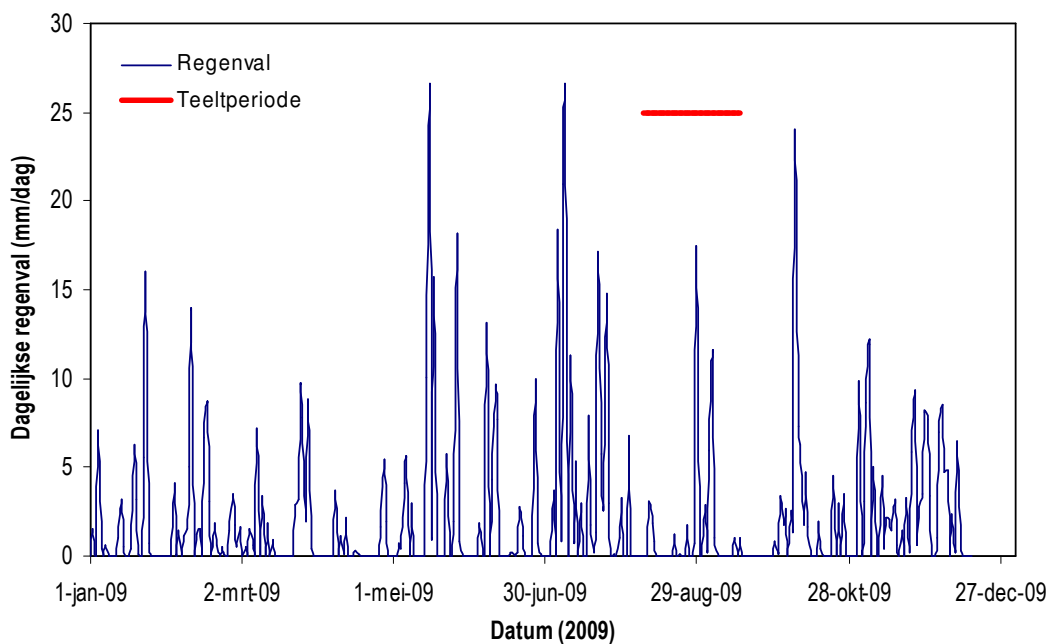
Koopmans van den Dries M., 1997. Joost van Strien schakelt volgend jaar om. *Ekoland* 12, 20-21.

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.

Bijlage 1: Weersomstandigheden Noordoostpolder (2009)

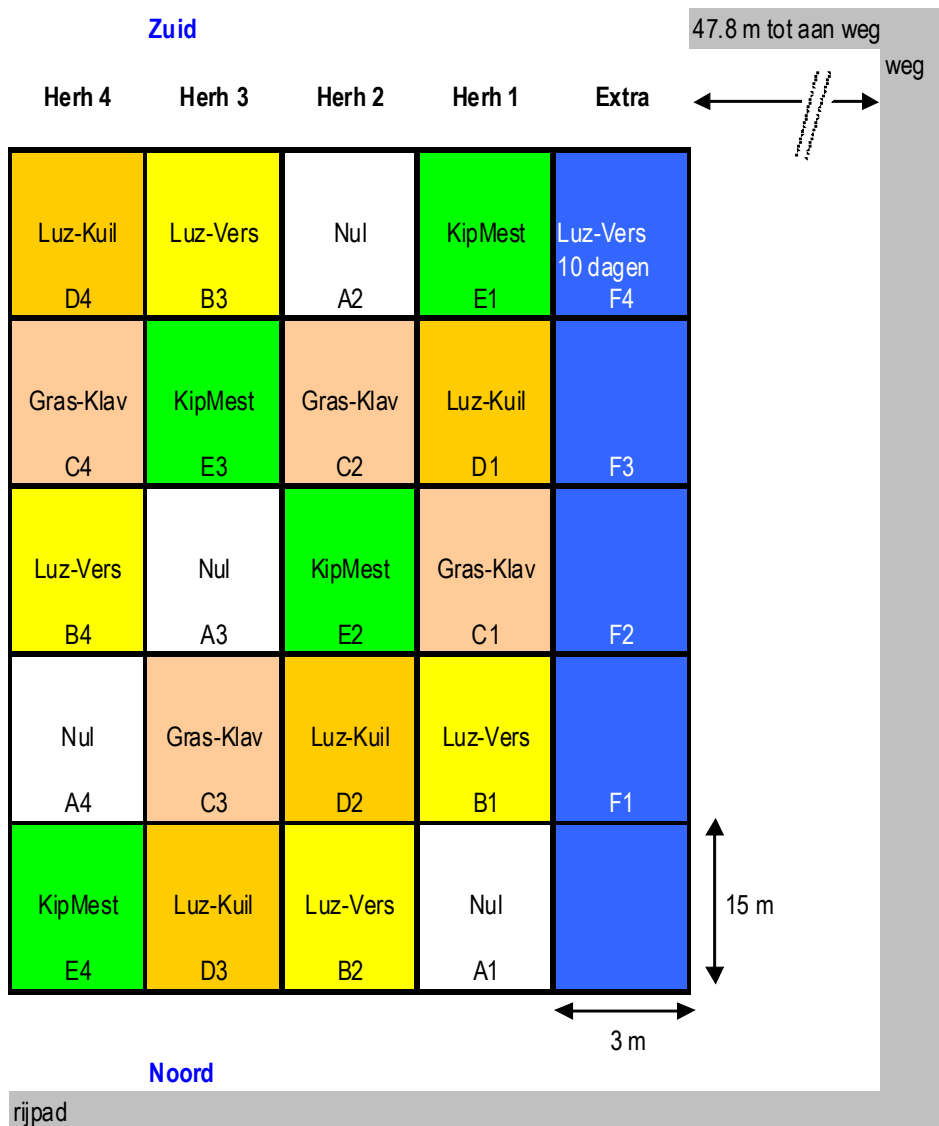


Figuur 1. De gemiddelde dagtemperatuur in Lelystad (150cm hoogte, schaduw) gedurende 2009. De rode horizontale lijn geeft de groeiperiode van de najaarsspinazie weer (Bron: KNMI, <http://www.knmi.nl>).



Figuur 2. De dagelijkse neerslag gemeten in Lelystad gedurende 2009. De rode horizontale lijn geeft de groeiperiode van de najaarsspinazie weer (Bron: KNMI, <http://www.knmi.nl>).

Bijlage 2: Proefopzet najaarspinazie in Enst (2009)



Figuur 1. De proefopzet van de najaarsspinazieproef met 5 behandelingen en 4 herhalingen in Enst in 2009. Ieder proefveldje bestond uit een teeltbed van 3.0 m breed en 15 meter lang. De tussenruimtes (wielsporen) tussen veldjes waren circa 0.15 m breed. Vanwege praktisch overwegingen zijn de 4 herhalingen van de verse luzerne die 10 dagen voor zaai werd toegediend in een blok geplaatst. De overige meststoffenbehandelingen (A=niet-bemeste controle/nul variant; B=luzerne vers; C=gras-klover vers; D=luzerne kuil; en E= kippenmest) toegediend op 3 juli 2009 (5 weken voor het zaaien).

Bijlage 3: Samenstelling maaimeststoffen en meststoffen

Materiaal	Droge stof basis (in g/kg)									Nutriënten verhoudingen		
	Droge stof gehalte	As gehalte	Org. Stof gehalte	Stikstof (totaal)	Stikstof (org.)	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	C:N	N:P ₂ O ₅	N:K ₂ O
Kippenmest	821	476	524	30.0	25.5	4.0	51.4	25.3	8.2	7.9	0.6	1.0
Luzerne-direct na maaien	137	118	882	41.2	40.0	0.7	14.8	35.4	1.9	9.6	2.7	1.1
Gras Klaver-direct na maaien	143	114	886	34.5	34.0	0.5	14.0	37.9	1.4	11.6	2.4	0.9
Luzerne Kuil	331	181	819	33.2	28.0	5.2	12.5	28.7	1.5	11.1	2.2	1.0
Luzerne-voor toedienen*	256	113	887	43.4	38.7	4.7	9.8	34.8	3.1	9.2	4.0	1.1
Gras Klaver-voor toedienen*	314	121	879	36.3	33.4	2.9	9.8	37.9	3.2	10.9	3.4	0.9
Luzerne #2-voor toedienen *	227	138	862	27.4	25.2	1.4	17.3	29.7	1.0	14.2	1.5	0.8

* deze waarde zijn gebruikt voor berekeningen van de hoeveelheid stikstof die werd toegevend

Bijlage 4: Resultaten van de bodemanalyse (3 juli 2009)

Bodemlaag	Org. Stof %	Lutum %	pH	N-totaal mg N/kg	C:N	NH ₄ -N mg N/kg	NO ₃ -N mg N/kg	P-AL mg P ₂ O ₅ /100 g	K mg K/kg
Bouwvoor (0-30 cm)	2.6	11	7.6	1140	13.3	8.0	1.8	64	46
Ondergrond (30-60 cm)	2.2	14	7.7	1040	12.3	3.3	2.0	25	31

Bijlage 5: Resultaten van gewasanalyse (15 september 2009)

Behandeling	Nutriëntengehalte op droge stof basis										
	(in g/kg)						in mg/kg				
	Stikstof	Fosfor	Kalium	Calcium	Magnesium	Natrium	Boor	Koper	IJzer	Mangaan	Zink
Niet-bemest (controle)	29.9 c	5.65 ab	54.1 d	16.4 ab	3.44 d	4.86 d	29.5 a	9.1 bc	1987 a	75.8 a	104.2 a
Luzerne-Vers-10d	38.7 ab	5.59 ab	65.1 bc	14.3 b	3.98 c	9.14 a	24.1 c	8.0 c	1090 cd	51.6 b	85.2 c
Luzerne-Kuil-36d	37.6 b	5.38 b	66.1 ab	16.3 ab	4.17 c	7.23 c	26.1 b	10.0 ab	1511 ab	68.2 ab	87.2 bc
Kippenmest-36d	37.8 ab	6.02 a	65.8 ab	16.5 ab	4.36 bc	8.00 bc	24.8 bc	9.8 ab	1725 ab	61.9 ab	92.7 b
Gras Klaver-Vers-36d	39.2 ab	5.29 b	72.1 a	16.7 a	4.62 ab	7.42 c	25.3 bc	10.3 ab	1788 ab	68.3 ab	83.6 c
Luzerne-Vers-36d	41.8 a	5.71 ab	69.0 ab	17.9 a	4.86 a	9.07 ab	26.2 b	10.7 a	1435 bc	60.6 ab	87.4 bc

Bijlage 6: Resultaten van de visuele bodembeoordeling ¹

Controle

Bodemaspect	Bodemlaag diepte							
	0-5		5-18		18-25		25-35	
Kruimel%	90	0.0	10	14.1	5	7.1	5	7.1
Afger. Blokkig%	10	0.0	45	7.1	50	14.1	50	14.1
Scherpblokkig%	0	0.0	45	21.2	45	21.2	45	7.1
Beworteling (1-5)	5	0.0	3	0.0	2.5	0.7	1.5	0.7
Porien (1-5)	5	0.0	3	1.4	2	1.4	2.5	0.7
Wormen (1-5)	2.5	2.1	1	0.0	1.5	0.7	1	0.0

Luzerne-vers-10d

Bodemaspect	Bodemlaag diepte							
	0-5		5-18		18-25		25-33	
Kruimel%	95	7.1	22.5	10.6	0	0.0	5	7.1
Afger. Blokkig%	5	7.1	52.5	10.6	35	7.1	45	35.4
Scherpblokkig%	0	0.0	25	21.2	65	7.1	50	42.4
Beworteling (1-5)	5	0.0	3	0.7	2	0.0	1.5	0.7
Porien (1-5)	5	0.0	2.5	0.7	2	0.0	2	1.4
Wormen (1-5)	2	1.4	2.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7

Luzerne kuil-36d

Bodemaspect	Bodemlaag diepte							
	0-6		6-17		17-25		25-38	
Kruimel%	90	0.0	15	7.1	5	7.1	7.5	3.5
Afger. Blokkig%	10	0.0	55	7.1	55	21.2	47.5	17.7
Scherpblokkig%	0	0.0	30	0.0	40	28.3	45	21.2
Beworteling (1-5)	5	0.0	3	0.0	2.5	0.7	2	0.0
Porien (1-5)	5	0.0	3.5	0.7	2.25	1.1	2.25	0.4
Wormen (1-5)	1	0.0	2.5	0.7	1.5	0.7	1	0.0

Kippenmest-36d

Bodemaspect	Bodemlaag diepte							
	0-5		5-18		18-28		28-38	
Kruimel%	90	0.0	65	21.2	5	7.1	0	0.0
Afger. Blokkig%	10	0.0	30	28.3	55	21.2	57.5	10.6
Scherpblokkig%	0	0.0	5	7.1	40	28.3	42.5	10.6
Beworteling (1-5)	5	0.0	3.5	0.7	2.5	0.7	2.5	0.7
Porien (1-5)	5	0.0	4.5	0.7	3	1.4	2.5	0.7
Wormen (1-5)	2	0.0	1.5	0.7	1	0.0	2	1.4

Grasklaver vers-36d

Bodemaspect	Bodemlaag diepte							
	0-7		7-18		18-25		25-38	
Kruimel%	90	0.0	45	35.4	10	0.0	5	7.1
Afger. Blokkig%	10	0.0	45	21.2	55	7.1	50	28.3
Scherpblokkig%	0	0.0	10	14.1	35	7.1	45	35.4
Beworteling (1-5)	5	0.0	3	0.0	2	0.0	1.5	0.7
Porien (1-5)	5	0.0	4	1.4	2.5	0.7	3	1.4
Wormen (1-5)	1	0.0	1	0.0	2	0.0	1	0.0

Luzerne vers-36d

Bodemaspect	Bodemlaag diepte							
	0-5		5-18		18-28		28-40	
Kruimel%	95	7.1	60	14.1	5	7.1	5	7.1
Afger. Blokkig%	5	7.1	35	21.2	55	21.2	65	7.1
Scherpblokkig%	0	0.0	5	7.1	40	28.3	30	14.1
Beworteling (1-5)	5	0.0	4.3	0.4	2	0.0	2.5	0.7
Porien (1-5)	5	0.0	4.8	0.4	2.5	0.7	3	0.0
Wormen (1-5)	3.5	0.7	2.5	2.1	1.5	0.7	1.5	0.7

¹ Zwarte cijfers geeft het gemiddelde van twee herhalingen weer en rode cijfers de corresponderende waarden voor de standaardafwijking.