

Quick scan bemestingsonderzoek akkerbouw

November 2010

Rapport 2010-18

Theo van Mierlo (BLGG AgroXpertus)
Peter van Erp (BLGG AgroXpertus)
Philip Ehlert (Alterra-WUR)
Janny Peltjes (HLB)

2010 Oosterbeek, BLGG AgroXpertus

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van BLGG AgroXpertus.

Rapporten van BLGG AgroXpertus dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam BLGG AgroXpertus worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebracht rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande toestemming van BLGG AgroXpertus.

Disclaimer

BLGG AgroXpertus stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens BLGG AgroXpertus verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

De heer H.Greve, Productschap Akkerbouw	2x
De heer P. Ehlert, Alterra-WUR	1x
De heer T. van Mierlo, BLGG AgroXpertus	1x
De heer P. van Erp, BLGG AgroXpertus	1x
Mevrouw J. Peltjes, HLB	1x

De voorliggende studie is uitgevoerd in opdracht van Productschap Akkerbouw
(november 2009, briefnr. EG.B.09.016)



PRODUCTSCHAP AKKERBOUW

BLGG AGROXPERTUS



ALTERRA

WAGENINGEN UR

 **HLB** |
research and consultancy in agriculture



Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies	2
1. Inleiding	5
2. Opzet en uitvoering	7
3. Achtergronden van bemesting	10
3.1. Algemeen	10
3.2. Bemestingsadvies Akkerbouw	11
3.2.1. Algemeen	11
3.2.2. Kenmerken bodemgericht advies	11
3.2.3. Kenmerken gewasgericht advies	12
3.3. Bodemvruchtbaarheid	13
3.3.1. Chemische bodemvruchtbaarheid	14
3.3.2. Fysische bodemvruchtbaarheid	14
3.3.3. Biologische bodemvruchtbaarheid	15
3.4. Meststoffen	17
3.5. Toedieningsmethode	17
3.6. Toedieningstijdstip	18
4. Bemestingsstrategieën	20
4.1. Algemeen	20
4.2. Richtlijnen invulling strategie “maximale benutting”	22
4.2.1. Juiste nutriënt	22
4.2.2. Juiste meststof	23
4.2.3. Juiste toedieningsmethode	24
4.2.4. Juiste tijdstip van toedienen	24
4.2.5. Evaluatie kenmerken strategie “maximale benutting”	24
5. Quick scan	25
5.1. Beschrijving uitgangsmateriaal quick scan	25
5.1.1. Gewassen	25
5.1.2. Grondsoort	25
5.1.3. Nutriënten	25
5.1.4. Doel van onderzoek	26
5.1.5. Nutriëntgiften	26
5.1.6. Methode van toediening	26
5.1.7. Type meststof	27
5.2. Respons van de proeven	27
5.3. Nadere uitwerking N-proeven fabrieksaardappelen en suikerbieten	28
5.3.1. Effecten op financiële gewasopbrengst	28
5.3.2. Effecten op de efficiëntie van nutriënten	29
6. Evaluatie en discussie	30
Geraadpleegde literatuur	33
BIJLAGE 1. Samenvatting bestudeerde proeven	34

Samenvatting en conclusies

De Nederlandse akkerbouw wordt in toenemende mate geconfronteerd met wetgeving en ontwikkelingen in de maatschappij die invloed hebben op de bemesting (Tabel A). De vraag is welke invloed dit heeft en hoe de toekomstige akkerbouwbedrijven daarop kunnen inspelen.

TABEL A. Overzicht van wetgeving en ontwikkelingen in de maatschappij die invloed hebben op de bemesting en bedrijfsvoering van akkerbouwbedrijven.

Wetgeving:	Ontwikkelingen:
Meststoffenwet - Uitvoeringsbesluit - Uitvoeringsregeling	Vrijkomen broeikasgassen (CO ₂ , CH ₄ , NO _x) in landbouwproductiesystemen
Wet Bodembescherming - Besluit gebruik meststoffen - Uitvoeringsregeling gebruik meststoffen	Beschikbaarheid goed drink- en irrigatiewater
Wet Milieubeheer - Besluit landbouw milieubeheer - (Besluit mestbassins milieubeheer)	Mondiale tekorten aan beschikbare grondstoffen voor fosfaat en kalium
Landbouwkwaliteitswet	Energievraagstuk
Landbouwwet	Onbalans nutriëntenstormen op internationaal, nationaal, regionaal of bedrijfsniveau
Wet verontreiniging oppervlaktewateren - Lozingenbesluit open teelt en veehouderij	Cascadering van afval- en reststromen

In opdracht van Productschap Akkerbouw is een quick scan uitgevoerd met als doel vast te stellen of resultaten van "oud" bemestingsonderzoek, uitgezet tegen hedendaagse eisen, randvoorwaarden en inzichten, aanleiding geven tot i) heroverweging van bestaande en ii) ontwikkeling van nieuwe bemestingsstrategieën. Dit alles om beter voorbereid te zijn op de toekomst en eventueel sturing te geven aan noodzakelijk bemestingsonderzoek.

Leidraad van de quick scan zijn "de vijf juistheden van bemesting". De juistheden hebben betrekking op i) het bemesten met het juiste nutriënt, ii) in de juiste hoeveelheid, iii) met de juiste meststof, iv) op het juiste tijdstip, en v) met de juiste toedieningsmethode. De achtergronden en werkingsmechanismen van "de vijf juistheden van bemesting" zijn goed beschreven in de (toegepaste) wetenschappelijke literatuur. In praktijkonderzoek zijn de toepassingsmogelijkheden in de praktijk nader onderzocht.

In de quick scan zijn meer dan 80 proefverslagen bestudeerd waarin de resultaten van meer dan 900 proeven zijn verwerkt. Uit de quick scan blijkt dat i) stikstof (N) het nutriënt is dat meestal is onderzocht, ii) veelal minerale meststoffen zijn gebruikt als meststof in de proeven, en iii) de meststoffen meestal breedwerpig vlak voor zaaien of poten zijn toegediend. Verder zijn er geen of een beperkt aantal proefverslagen waarin het effect van de fysische of biologische bodemvruchtbaarheid op de bemesting is onderzocht. Hierdoor is het niet mogelijk om in deze quick scan alle aspecten van "de vijf juistheden van bemesting" goed te onderzoeken.

De huidige bemestingstrategieën streven naar een optimale financiële gewasopbrengst en optimale bodemvruchtbaarheid. Deze strategieën zullen naar verwachting komende jaren gelijk kunnen blijven mits de benutting wordt verbeterd van nutriënten aanwezig in de toegediende meststoffen en die in de bodemvoorraad. Uit de proefverslagen blijkt dat dit relatief eenvoudig, snel en vaak kosteneffectief kan worden bereikt door:

- volgens het huidige advies te bemesten, inclusief gebruik van bodem- en gewasonderzoek;
- meststoffen te gebruiken met een bekende samenstelling en werking; en,
- meststoffen bij voorkeur vlak voor of eventueel tijdens het groeiseizoen toe te dienen.

De toekomstige bemestingsstrategieën zullen minder generiek zijn dan de huidige bemestingsstrategieën omdat ingespeeld moet worden op bedrijfs-, perceels- en gewasspecifieke eisen en randvoorwaarden. Op basis van onderzoek aan vooral suikerbieten en aardappelen volgt dat voor een verbetering van de benutting van stikstof en fosfaat de volgende maatregelen effectief zijn :

- deling van de N-meststofgift;
- afstemming van de grootte van de N-gift op de voorraad in de bodem of de actuele N-gewasopname, en
- plaatsing van N en/of P in de rij.

De achtergronden, methoden en technieken om deze maatregelen in te passen in de bedrijfsvoering zijn in het algemeen aanwezig. Of maatregelen werkelijk ingepast gaan worden in de bedrijfsvoering, zal bepaald worden door de financiële aspecten maar zeker ook door de effectiviteit van de kennisoverdracht met betrekking tot deze maatregelen naar de akkerbouwers.

TABEL B. Overzicht van "de vijf juistheden van bemesting": huidige invulling, gewenste invulling en beperkingen en/of kennisvragen die opgelost moeten worden voor een brede toepassing.

"Juistheid"	Nu gebruikelijk	Noodzaak in toekomstige bemestingsstrategieën.	Beperkingen
Juiste nutriënt	N,P,K,Mg, B, Cu, Zn, Mo (zie tabel 5)	Alle essentiële planten-voedende stoffen.	i) kennis met betrekking tot gedrag en eigenschappen in bodem en gewas, ii) beschikbaarheid grondonderzoeksmethoden, iii) beschikbaarheid van methoden van gewasonderzoek.
Juiste gift	Advies op basis van chemisch grondonderzoek voorafgaand aan groeiseizoen of 1* per 4 jaar	Bodem streefwaarden en adviesgiften afgeleid uit (chemisch, fysisch en of biologisch) grond- of gewasonderzoek voorafgaand of tijdens groeiseizoen met correcties gewasbehoeften, het tijdstip groeiseizoen, het opbrengstniveau en nalevering door bodem.	i) ontbreken van grondonderzoeksmethoden voor de fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid, ii) kennis over interacties tussen nutriënten bij de opname door het gewas, iii) onderzoeksresultaten waarmee verfijningen of correcties kunnen worden afgeleid voor gewassen en rassen, opbrengstniveau en nalevering door de bodem, iv) monitoringssystemen voor de actuele opname en behoefte van gewassen gedurende het groeiseizoen, v) rekenmodellen waarmee resterende meststofbehoefte kan worden bepaald.
Juiste meststof	Kunstmest in combinatie met dierlijke mest	Een breed scala aan meststoffen die variëren in samenstelling, werking, vorm. Bijvoorbeeld korrels, vloeistof, gas, dierlijk, compost, digestaat, korrel, pellets, slow release, combinaties.	i) Behoeft aan meststoffen die de chemische, biologische en fysische bodemvruchtbaarheid gericht en in positieve zin kunnen beïnvloeden, ii) gegarandeerde samenstelling en werking van meststoffen in plaats, tijd en hoeveelheid, iii) inzicht in wettelijke mogelijkheden en type meststof, iv) onvoldoende inzicht in beschikbaarheid, prijzen en risico's van (nieuwe) meststoffen.
Juiste toedieningsmethode	Breedwerpig bij minerale meststoffen en breedwerpig en direct inwerken bij organische meststoffen	Beschikbaarheid aan een breed scala aan methoden: breedwerpig, plaatsing/injectie, over gewas sproeien, slangenmethode, fertigatie.	i) beschikbaarheid van apparatuur, ii) kosten van toediening + arbeid + apparatuur, iii) bedrijfszekerheid van apparatuur, iv) gewicht in relatie tot structuur en draagkracht grond, v) effect van toedieningsmethode op werking van meststoffen.
Juiste tijdstip	Vlak voor zaaien of poten	Najaar, vlak voor zaaien of poten, tijdens het groeiseizoen.	i) wettelijke toegestane perioden van toediening bij bepaalde meststoffen, ii) niet alle meststofftypen zijn gewas of bodemschade toe te dienen, iii) effect van toedieningsmethode op de werking van meststoffen. iv) kosten voor arbeid.

De noodzakelijke aanpassingen in de bemestingsstrategieën maken, dat er een grote behoefte zal ontstaan aan i) onderzoek gericht op "de vijf juistheden van bemesting" en ii) de vertaling van resultaten hiervan in praktische kennis en richtlijnen voor de akkerbouwer. De huidige adviesbasis voor de akkerbouw heeft zijn beperkingen en zal uitgebreid, verfijnd en flexibeler moet worden wil het toegepast kunnen worden in toekomstige bemestingsstrategieën. Bovendien zal er rekenschap moeten worden gegeven aan de invloed van de actuele fysische en biologische bodemvruchtbaarheid op de bemesting. De hiervoor genoemde tabel B geeft een overzicht van de huidige en gewenste invulling van "de vijf juistheden van bemesting" en de kennis- en onderzoeksvragen die daarvoor beantwoord moeten worden.

Conclusies:

- De toenemende hoeveelheid eisen en randvoorwaarden noodzaken akkerbouwers om hun bemestingsstrategie te verfijnen.
- Een goede leidraad voor het opstellen van een bemestingsstrategie zijn "de vijf juistheden van bemesting".
- Maatregelen om op korte termijn de benutting van nutriënten in meststoffen of bodem te verbeteren zijn i) het bemesten volgens advies, ii) gebruik van meststoffen met bekende samenstelling en werking, en iii) het gebruik van meststoffen vlak voor (of tijdens) groeiseizoenen.
- Perspectiefvolle maatregelen voor aanpassing van bemestingsstrategieën (naast de hierboven genoemde) zijn i) deling van de gift, en ii) afstemming van nutriëntgift en -voorraad op de behoefte van het gewas in tijd en plaats.
- Er zal een grote behoefte ontstaan aan bemestingsonderzoek gericht op "de vijf juistheden van bemesting" en de vertaling van de verkregen kennis in praktisch toepasbare maatregelen.

1. Inleiding

Sedert enkele decennia worden Nederlandse akkerbouwbedrijven geconfronteerd met regelgeving (Tabel 1) en ontwikkelingen in de maatschappij (Tabel 2) die grote invloed hebben op de bemesting en daarmee op de bedrijfsvoering. Tegenwoordig moet de akkerbouwer bij gebruik van organische en minerale meststoffen rekening houden met het type meststof, het type landgebruik, het toedieningstijdstip, de grootte van de gift en de methode van toediening. Ook door afnemers van oogstproducten worden in toenemende mate eisen gesteld aan de productiewijze, waaronder bemesting, en de kwaliteit van de oogstproducten. Voldoet een akkerbouwbedrijf dan krijgt men een "license to produce" of een "license to deliver". Voldoet men niet dan staat de afzet van de oogstproducten onder druk en daarmee de continuïteit en rentabiliteit van het bedrijf.

TABEL 1. Voorbeelden van wetgeving, inclusief korte omschrijving, die de bemesting van akkerbouwbedrijven stuurt.

Wetgeving:	Korte omschrijving:
Meststoffenwet - Uitvoeringsbesluit - Uitvoeringsregeling	Verhandeling (kwaliteit) van meststoffen en gebruiksnormen
Wet Bodembescherming - Besluit gebruik meststoffen - Uitvoeringsregeling gebruik meststoffen	Gebruik van dierlijke meststoffen, stikstofkunstmest, compost en overige meststoffen. Verplichting tot bemesting bodem en onderwerken. Uitrijverbod
Wet Milieubeheer - Besluit landbouw milieubeheer - (Besluit mestbassins milieubeheer)	Gewasresten en ammoniakemissie Opslag dierlijke meststoffen
Landbouwkwaliteitswet	Kwaliteit producten
Landbouwwet	Prijsvorming
Wet verontreiniging oppervlaktewateren - Lozingenbesluit open teelt en veehouderij	Nitraatuitspoeling

Door genoemde regelgeving en maatschappelijke ontwikkelingen zal het gebruik van meststoffen aan steeds meer randvoorwaarden moeten voldoen. Vaak betekent dit dat met minder bemesting toch optimaal geproduceerd moet worden. In de bedrijfsvoering zal dan ook meer dan voorheen rekening gehouden moeten worden met de individuele vraag van het gewas en de mogelijkheden van de bodem om aan die vraag te kunnen voldoen. Verwacht wordt dan ook dat oplossingsrichtingen afgestemd moeten worden op de bedrijfsspecifieke gewas- en bodemkenmerken. Waar voorheen de akkerbouwers door beschikbare marges in nutriënten- en watergebruik specifieke bodem- en gewaskenmerken niet nadrukkelijk behoefde te betrekken bij de bemesting, wordt dit nu een noodzaak. Dit houdt in dat maatregelen die destijds door praktijk en onderzoek als van ondergeschikt belang werden aangemerkt of als niet inpasbaar werden beoordeeld, nu mogelijk wel nodig zijn.

TABEL 2. Voorbeelden van ontwikkelingen die de bemesting van akkerbouwbedrijven beïnvloeden.

Ontwikkelingen:	Achtergronden:
Broeikasgassen (CO ₂ , CH ₄ , NO _x ,...)	Beperking opwarming klimaat
Beschikbaarheid water	Tekort aan zoet water
Mondiale tekorten aan beschikbare grondstoffen voor fosfaat en kalium.	Fosfaat- en kaliumertsen zijn binnen enkele mensenlevens schaarse bronnen.
Energie	Vraag naar energiegewassen neemt toe, hernieuwbare energiebronnen.
Onbalans nutriëntenstormen op internationaal, nationaal, regionaal of bedrijfsniveau.	Tekorten aan grondstoffen, bijvoorbeeld fosfaatertsen.
Cascadering van afval- en reststromen	Bodembeheer en organische stof.

Het Productschap Akkerbouw heeft in haar tender van medio 2009 aangegeven behoefte te hebben aan een quick scan van "oud" bemestingsonderzoek. Doel van de quick scan is vast te stellen of resultaten van "oud" bemestingsonderzoek, uitgezet tegen hedendaagse eisen, randvoorwaarden en inzichten, aanleiding geven tot i) heroverweging van bestaande en ii) ontwikkeling van nieuwe bemestingsstrategieën. Dit alles dient om beter voorbereid te zijn op de uitdagingen van de toekomst en eventueel sturing te geven aan noodzakelijke veranderingen in het bemestingsonderzoek.

Het consortium van BLGG AgroXpertus, Wageningen UR (University & Research Centre) en HLB hebben de opdracht gekregen om genoemde quick scan uit te voeren.

2. Opzet en uitvoering

Het uitgevoerde onderzoek is in drie onderdelen opgesplitst.

Onderdeel 1:

Onderdeel 1 gaat in op achtergronden van de hedendaagse bemesting. Naast een algemene beschrijving rond de rol en betekening van nutriënten in de plantenvoeding wordt ingegaan op "de vijf juistheden van bemesting", het huidige bemestingsadvies, de bodemvruchtbaarheid, het gebruik van meststoffen, de toedieningsmethoden en het effect van toedieningstijdstip. Hiervoor is een korte deskstudie uitgevoerd maar is ook gebruik gemaakt van kennis en ervaring van de auteurs. De resultaten van dit onderdeel staan in H.3.

Onderdeel 2:

Dit onderdeel gaat in op de invulling van bemestingsstrategieën via "de vijf juistheden van bemesting". Nagegaan is hoe de invulling afhankelijk is van de doelen waaraan een akkerbouwbedrijf wil of moet voldoen. De resultaten hiervan staan beschreven in H.4.

Onderdeel 3:

Onderdeel 3 is het grootste onderdeel en betreft de quick scan. In de quick scan is als volgt te werk gegaan:

- De hoofd-zoekterm was het thema bemesting. Andere mogelijk relevante thema's zoals structuuronderzoek, grondbewerking, bedrijfssystemen onderzoek etc. waar geen duidelijke relatie met bemesting werd genoemd zijn dus niet bestudeerd.
- De quick-scan is beperkt tot maximaal 25 jaar geleden omdat aangenomen wordt dat resultaten verkregen in deze periode relevant en mogelijk toepasbaar zijn in de hedendaagse akkerbouw. Kennis en veelbelovende ontwikkelingen van voor deze periode zijn dus geen onderdeel van de quick scan.
- Alleen Nederlands onderzoek waar akkerbouwers mede sturend zijn geweest met betrekking tot de invulling van het onderzoek, zijn onderdeel van de quick scan. Aangenomen wordt dat in deze onderzoeken de meest relevante en perspectiefvolle ontwikkelingen zijn uitgetest.
- Er is gebruik gemaakt van onderzoeken en verslagen die zijn gerapporteerd via de belangrijkste communicatiekanalen naar akkerbouwers en voorlichters (Tabel 3) Aangenomen wordt dat voor deze proefverslagen geldt dat de onderzoeksopzet en uitvoering, evenals de bewerking en rapportage, op een verantwoorde manier hebben plaatsgevonden. Er is dus niet gekeken naar de "grijze" literatuur of (vertrouwelijk) bemestingsonderzoek van meststofproducenten of -leveranciers.
- Tenslotte zijn naast de traditionele akkerbouwgewassen ook akkerbouwmatig geteelde groenteteeltgewassen betrokken bij de quick scan.

TABEL 3. Overzicht van de bestudeerde literatuurbronnen.

Literatuurbron:	Achtergrond:
Kennisakker (1991-heden)	Hierbinnen is gezocht via de thema-ingang "bemesting". Binnen kennisakker is alle door PA gefinancierd onderzoek te vinden.
Jaarboeken Proefstation Akkerbouw en Groenteteelt Vollegrond (PAGV) (1986-1996)	Dit betreft het bemestingsonderzoek uitgevoerd door het PAGV op proefbedrijven in Nederland, op de belangrijkste gronden en bij de belangrijkste gewassen.
Stichting Interprovinciaal Onderzoekcentrum voor de Akkerbouw en Groenten in de Vollegrond op zand- en veenkoloniale grond in Middenoost- en Noordoost-Nederland (1983-1993)	Betreft resultaten van onderzoek op zand- en veenkoloniale gronden.

In totaal zijn bijna 80 proefverslagen bestudeerd waar meer dan 900 proeven aan ten grondslag lagen. Veel proefverslagen zijn een integratie of bundeling van vergelijkbare proeven uitgevoerd in meerdere jaren, op meerdere gronden, bij meerdere gewassen etc.

Onderstaande Tabel 4 geeft een overzicht van de kenmerken die van elke proef(verslag) zijn vastgelegd. De kenmerken die cursief zijn weergegeven, zijn gerelateerd aan "de vijf juistheden van bemesting" (zie H3.1). Bijlage 1 geeft een totaaloverzicht van de bestudeerde verslagen en resultaten.

TABEL 4. Overzicht vastgelegde kenmerken proefverslagen.

Kenmerken:	Kenmerken:
- gewas(sen)	- <i>basisbemesting</i>
- grondsoort(en)	- <i>bijbemesting/deling van de gift</i>
- nutriënt(en)	- <i>methode van toediening</i>
- doel van de proef	- <i>type meststof</i>
- verslagjaar	- effecten in droge stof productie, kwaliteit en efficiëntie
- aantal jaren dat de proef is uitgevoerd	- behandeling bepalend voor het effect
- aantal proeven	- literatuurbron
- <i>hoeveelheid meststof in kg ha</i>	- opmerkingen

* cursief weergegeven zijn de kenmerken gerelateerd aan "de vijf juistheden van bemesting"

In de proefverslagen zijn de effecten van de behandelingen, gemeten in termen van bijvoorbeeld versgewicht, drooggewicht, kwaliteit, financiële gewasopbrengst, efficiëntie van de meststoffen, etc., bestudeerd en vastgelegd. Effecten zijn beoordeeld als: geen effect (0), een positieve of negatieve trend (resp. + of -) of een significant positief of negatief effect (resp. ++ en --).

Hierbij dient het volgende te worden opgemerkt.

- 1) Tussen rapporten bestaan verschillen in dataverwerking en rapportage van de resultaten: significanties worden bijvoorbeeld gerapporteerd bij verschillende betrouwbaarheden.
- 2) In overzichtsverslagen worden resultaten van meerdere proeven verwerkt tot veelal één eindconclusie. Deze eindconclusie is in deze quick scan meegenomen. Er is dus niet in detail gekeken naar effecten in onderliggende proeven.
- 3) Een beperkt aantal proefverslagen rapporteren geen conclusies met betrekking tot relevante (deel)effecten. In die gevallen dat er een effect bestond, is besloten dit aan te geven als een positieve of negatieve trend, resp. + of -.

De verzamelde gegevens van de proefverslagen zijn gegroepeerd om de "juistheden" verder te onderzoeken. Als er meer dan drie verslagen waren met betrekking tot een van "de vijf juistheden van bemesting", dan zijn deze nader bestudeerd en is een samenvattende beoordeling afgeleid.

+/- : er zijn evenveel verslagen met duidelijk positieve dan wel negatieve resultaten.

+ of ++ : een positief resultaat: + en ++ wil zeggen dat meer dan tweederde van de verslagen respectievelijk een duidelijk positieve trend dan wel een duidelijk significant positief effect hebben.

- of -- : een negatief resultaat; - en -- wil zeggen dat meer dan tweederde van de verslagen respectievelijk een duidelijke negatieve trend dan wel een duidelijk significant positief effect hebben.

Bij de uitwerking bleek dat een verdere verdieping met betrekking tot de maatregelen die behoren tot "de vijf juistheden van bemesting" alleen goed uitvoerbaar was voor de

gewassen fabrieksaardappelen en suikerbieten omdat hiervan meerdere proeven beschikbaar waren. Uiteindelijk zijn de resultaten van deze verdieping gebruikt om enkele conclusies te trekken met betrekking tot veelbelovende maatregelen.

3. Achtergronden van bemesting

3.1. Algemeen

Voor de teelt van gewassen zijn naast licht (energie), water en koolstofdioxide (koolzuur), plantenvoedende stoffen (nutriënten) nodig. De essentiële nutriënten voor akkerbouwgewassen zijn exclusief van anorganische aard. Gewassen verschillen daarin van mens, dier en lagere organismen (bacteriën, schimmels, eencellige, etc.). Bij de essentiële nutriënten wordt onderscheid aangebracht tussen hoofdelementen, secundaire elementen en spoorelementen (Tabel 5). Als één of meerdere van deze nutriënten in suboptimale hoeveelheden aanwezig zijn, zal het gewas niet optimaal groeien, ontbreken essentiële nutriënten dan zal het gewas zich - op termijn - niet kunnen voortplanten en/of overleven. Via de bemesting worden nutriënten aan een bodem toegediend die opgenomen kunnen worden door het gewas.

TABEL 5. Essentiële nutriënten voor de plantengroei (Mengel & Kirkby, 2001).

<i>Hoofdelementen</i>	<i>Secundaire elementen</i>	<i>Spoorelementen</i>
Stikstof N Fosfor P Kalium K	Calcium Ca Magnesium Mg Zwavel S (Natrium Na)	IJzer Fe Mangaan Mn Zink Zn Koper Cu Borium B Molybdeen Mo (Chloride Cl) (Silicium, Si) (Kobalt (Co)

Voor Na, Si, Co en Cl is aangetoond dat voor specifieke gewassen deze nutriënten essentieel zijn. Echter andere gewassen kunnen zonder. Onduidelijk is of vanadium (V) als spoorelement essentieel is. Bij lagere organismen is V essentieel zij het in zeer geringe hoeveelheden.

Het onderscheid tussen hoofd-, secundaire- en spoorelementen stoelt op de hoeveelheden die doorgaans met bemesting worden toegediend rekening houdend met de al aanwezige voorraad in de bodem. In het gewas komen hoeveelheden voor die een wat andere volgorde volgen: $N > P > S > K > Ca > Mg$. Spoorelementen volgen $Fe > Mn > Cu > Zn > Mo > B > Cl$.

Naast essentiële nutriënten worden ook andere stoffen door het gewas opgenomen. Hiervan wordt gebruik gemaakt door mineralen toe te dienen die de kwaliteit van het gewas geschikter maakt voor de voeding van mens en dier. Seleen (Se), chroom (Cr) en cobalt (Co) zijn voorbeelden van inhoudstoffen die een gewas een betere kwaliteit geven.

Als een akkerbouwer bemest, neemt hij beslissingen met betrekking tot de invulling van de bemesting: welk nutriënt, welke gift, welke meststof, welke toedieningsmethode en welk toedieningstijdstip. Het zijn de doelen die men nastreeft, die maken of de genomen beslissingen juist zijn. In het onderzoek en de landbouwpraktijk wordt dan ook wel gesproken van "de vijf juistheden van bemesting".

Doelen van akkerbouwbedrijven kunnen sterk variëren. Voorbeelden van doelen zijn: maximale financiële gewasopbrengst (opbrengst, kwaliteit en inhoudstoffen), minimale meststofkosten, optimale benutting van nutriënten van meststoffen, opslag van organische koolstof in de bodem, minimale uitspoeling, minimale emissies van broeikasgassen, verbetering (chemische, fysische en biologische) bodemvruchtbaarheid, biologische productiewijze, beheer van het landschap/biodiversiteit etc. Door weloverwogen keuzes te maken met betrekking tot de invulling van "de vijf juistheden van bemesting", kan de akkerbouwer zelf sturing of richting geven aan het realiseren van zijn doelen. In het bijzonder zal hij daarbij moeten inspelen op de variaties in tijd en

ruimte met betrekking tot de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem, de daar al aanwezige beschikbare voorraden en op de behoefte van het gewas.

In dit hoofdstuk worden enkele achtergronden van bemesting op akkerbouwbedrijven besproken die in het kader van deze quick scan relevant zijn. Tevens is nagegaan of beperkingen of kennisleemten bestaan gelet op wetgeving en ontwikkelingen (Tabel 1 en 2) waar de akkerbouw mee wordt of zal worden geconfronteerd.

3.2. Bemestingsadvies Akkerbouw

3.2.1. Algemeen

Het bemestingadvies voor de akkerbouw is op dit moment voor veel bedrijven en voorlichters leidend bij het bepalen van de grootte van gift aan nutriënten, neutraliserende waarde (kalkmeststoffen) en organische stof. Een bemestingsadvies kan gebaseerd worden op de nutriëntenstatus van het gewas en/of op de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem. In de akkerbouw worden beiden vormen van onderbouwing van de bemestingsadvies uitgevoerd. Gewasonderzoek, bijvoorbeeld bladsteeltjes onderzoek, heeft een beduidend geringere omvang dan bodemonderzoek.

Binnen het bemestingsadvies kan een bodem- en gewasgericht advies worden onderscheiden.

3.2.2. Kenmerken bodemgericht advies

Het bodemgerichte advies heeft tot doel:

- de actuele bodemvruchtbaarheidstoestand bepaald via grondonderzoek te beoordelen;
- de bodemvruchtbaarheidstoestand te handhaven op waarden die nodig zijn gegeven de doelstellingen ten aanzien van opbrengst, kwaliteit, inhoudstoffen en emissies naar lucht, bodem en water;
- de reparatiegift te bepalen waarmee de actuele bodemvruchtbaarheidstoestand kan worden gerepareerd tot het gewenste niveau.

Tabel 6 geeft een overzicht van de bodemgerichte adviezen in het huidige bemestingsadvies. Hieruit volgt dat niet voor alle essentiële nutriënten (Tabel 5) een bodemgericht advies beschikbaar is.

TABEL 6. Overzicht bodemgerichte reparatieadviezen in akkerbouwadvies (1).

Kenmerk	Grootte van de reparatiegift is afhankelijk van
pH	Actuele pH, grondsoort, organische stof, (lutum) en rotatie
Fosfaat	Actuele toestand, grondsoort
Kalium	Actuele toestand, grondsoort, organische stof, (lutum) en pH
Magnesium	Actuele toestand, grondsoort en lutum
Borium	Actuele toestand, alleen voor B-behoefte gewassen
Koper	Actuele toestand, alleen voor Cu-behoefte gewassen
Mangaan	Actuele toestand, pH, organische stof en alleen aanduiding wel /geen gebrek te verwachten/bladbespuiting

Aan de uitvoering van een bodemgericht reparatieadvies liggen veelal vergelijkbare keuzes ten grondslag met betrekking tot de invulling van "de vijf juistheden van bemesting":

- nutriënt: noodzaak voor reparatie van één of meerdere nutriënten wordt veelal via grondonderzoek vastgesteld;
- grootte van de adviesgift: de grootte van de gift is afgeleid uit resultaten van bemestingsonderzoek;

- meststoftype: veelal worden (goed-oplosbare/beschikbare minerale) meststofvormen gebruikt met een maximale landbouwkundige werking;
- toedieningsmethode: bovengrondse, breedwerpige toediening en vervolgens inwerken in de toplaag;
- toedieningstijdstip: enkele weken of maanden voor het begin van het groeiseizoen zodat het gewas optimale groeicondities ondervindt.

Het bodemgerichte bemestingsadvies heeft als uitgangspunt dat per nutriënt het advies opgevolgd wordt en dus dat elk nutriënt optimaal wordt toegepast bij een optimale, bij het bouwplan behorende, pH en bij de grondsoort optimaal behorend gehalte aan organische stof. In het bodemgerichte bemestingsadvies staan geen of nauwelijks richtlijnen hoe om te gaan met omstandigheden die afwijken van de hierboven beschreven "de vijf juistheden van bemesting".

Evaluatie huidige bodemgericht advies:

- *Is niet beschikbaar voor alle essentiële nutriënten.*
- *Er zijn geen richtlijnen hoe om te gaan met de reparatiegiften als afwijkende keuzes worden gemaakt met betrekking tot de invulling van "de vijf juistheden van bemesting". Bijvoorbeeld hoe om te gaan met meststoffen met een niet maximale landbouwkundige werking of als de meststoffen vlak voor zaaien of poten worden toegediend.*
- *Geeft geen richtlijnen over hoe efficiënter met de reeds aanwezige bodemvoorraden van nutriënten omgesprongen kan worden.*
- *Houdt te weinig rekening met specifieke bodemeigenschappen die de beschikbaarheid van aanwezige bodemvoorraden sturen.*
- *Er zijn geen adviezen als een verlaging van de bodemvruchtbaarheidstoestand wordt nagestreefd.*
- *Advies is generiek afgestemd op meststoffen met een andere beschikbaarheid van nutriënten dan de referentiemeststoffen waarop het bemestingsadvies is geijkt.*

3.2.3. Kenmerken gewasgericht advies

Er zijn twee vormen van een gewasgericht advies:

1. Een bepaling van de actuele voedingstoestand van het gewas. Hiermee kunnen suboptimale voedingstoestanden gecorrigeerd worden.
2. Een bepaling van de actuele beschikbaarheid van nutriënten in de bodem waarop, gegeven die beschikbaarheden, de bemesting kan worden afgestemd.

Het gewasgerichte advies heeft tot doel:

- de actuele voedingstoestand van het gewas te bepalen;
- de actuele bodemtoestand bepaald via grondonderzoek te beoordelen;
- de gift te bepalen waarmee het gewas de maximale/optimale financiële gewasopbrengst behaalt.

TABEL 7. Overzicht gewasgerichte adviezen in bemestingsadvies voor de akkerbouw (1).

Nutriënt	Grootte van de advies is afhankelijk van
Stikstof	Bodemvoorraad, (NLV), grondsoort, gewas / type / ras, gehalte in het gewas
Fosfaat	Gewasgroep, gebruik grond, grondsoort, toedieningswijze
Kalium	Gewasgroep, gebruik grond, grondsoort
Magnesium	Geen gewasgericht advies
Mangaan	Alleen richtlijn voor bladbespuiting
Borium	Gewasafhankelijk bodemadvies
Koper	Gewasafhankelijk bodemadvies/bespuiting

Tabel 7 geeft een overzicht van de gewasgerichte adviezen in het huidige bemestingsadvies voor de akkerbouw. Opmerkelijk hierbij is dat niet voor alle essentiële nutriënten een gewasgericht advies beschikbaar is.

De gewasgerichte-adviesgiften gaan meestal uit van resultaten van recent grondonderzoek. Met betrekking tot de toediening van de nutriënten worden bij de invulling van "de vijf juistheden van bemesting" vergelijkbare keuzes gemaakt:

- juiste nutriënt wordt vastgesteld via gewas- of grondonderzoek
- grootte van de gift: is afgeleid uit resultaten van jarenlang onderzoek en geeft de optimale gift onder gemiddelde groeiomstandigheden
- meststoftype: in het algemeen (goed-oplosbare/beschikbare mineralen) meststoffen met een gegarandeerde samenstelling en maximale landbouwkundige werking
- toedieningsmethode: bovengrondse, breedwerpige toediening, rijenbemesting of plaatsing van meststoffen
- toedieningstijdstip: een basisbemesting vlak voor zaaïen of poten eventueel gecombineerd met één of meerdere bijbemestingen via bodem of gewas.

Evaluatie huidig gewasgerichte advies:

- *Is niet beschikbaar voor alle essentiële nutriënten (Ca, S, Na, Co, Mo, Fe, ...)*
- *Is een generiek advies dat gebaseerd is op gemiddelden maar geeft geen richtlijnen als onder of boven dit gemiddelde geboerd wordt.*
- *Houdt beperkt rekening met specifieke gewaskenmerken zoals dagelijkse vraag naar nutriënten, architectuur van het wortelstelsel, levensduur van wortels en de sturing via deze kenmerken van de onttrekking van nutriënten aan de bodemvoorraad.*
- *Houdt niet altijd rekening met variaties in ruimte en tijd die optreden met betrekking tot de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem en behoefte van het gewas.*
- *Er wordt geen rekening gehouden met interacties tussen nutriënten bij de wortelopname of bij plantfysiologische processen in de plant omdat ervan uitgegaan wordt dat voor ieder nutriënt, pH en organische stof optimale waarden zijn gerealiseerd.*
- *Adviesgiften zijn niet perceel specifiek: gaan uit van gemiddelde opbrengsten, groeiomstandigheden en bodemkenmerken.*
- *Er bestaan geen richtlijnen hoe te corrigeren voor lagere of hogere opbrengsten, andere gewaseigenschappen en inhoudstoffen.*
- *Nieuwe kennis met betrekking tot de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem, dat wil zeggen intensiteit, capaciteit en kinetiek, zijn niet afdoende verwerkt in de akkerbouwadviesen.*
- *Advies is generiek afgestemd op meststoffen met een andere beschikbaarheid van nutriënten dan de referentiemeststoffen waarop het bemestingsadvies is gebaseerd.*
- *Veranderingen of afwijkingen in meststofkosten en financiële gewasopbrengst leiden niet direct tot andere adviesgiften.*
- *Er zijn vaak geen richtlijnen hoe adviesgiften te corrigeren als niet voldaan wordt aan de invulling van "de vijf juistheden van bemesting" zoals die nu vaak ten grondslag liggen aan de adviezen.*

3.3. Bodemvruchtbaarheid

De bodemvruchtbaarheid bepaalt in sterke mate de opbrengstpotentie van een grond of perceel. Bodemvruchtbaarheid kan worden onderverdeeld in een chemische, fysische en biologische bodemvruchtbaarheid. Chemische, fysische en biologische bodemvruchtbaarheid zijn onderling sterk elkaar beïnvloedende onderdelen. Is een van deze onderdelen onvoldoende, dan zal de beoogde optimale opbrengst niet behaald worden.

3.3.1. Chemische bodemvruchtbaarheid

De chemische bodemvruchtbaarheid is een indicator voor de hoeveelheid nutriënt in de bodem die (direct) plant-opneembaar is. Het is het kenmerk in het bemestingsadvies die de grootte van de adviesgift bepaalt. Een belangrijke bepalende factor met betrekking tot de opneembaarheid van nutriënten door de plant is de zuurgraad van de bodem. De zuurgraad beïnvloedt namelijk chemische bindingsvormen en daarmee de beschikbaarheid van de nutriënten. Gewassen hebben daarnaast een specifiek pH-bereik voor een optimale ontwikkeling en groei.

De indicator wordt afgeleid uit resultaten van grondonderzoek waarbij de bodem wordt geëxtraheerd met water of zoutoplossingen en/of andere chemicaliën. Tot voor 10 jaar geleden werden hiervoor relatief sterke (an)organische zuren en/of zoutoplossingen gebruikt. Tegenwoordig worden in toenemende mate extractiemiddelen gebruikt die meerdere nutriënten extraheren (multi-nutriënt extractie middelen) en waarbij de hoeveelheid geëxtraheerd nutriënt gerelateerd is aan i) de beschikbare hoeveelheid nutriënt in de bodemoplossing (=intensiteit), of ii) de hoeveelheid die gedurende het groeiseizoen beschikbaar kan komen (=capaciteit) dan wel de hoeveelheid nutriënt die door het gewas is opgenomen of wordt afgevoerd (3).

Voor sommige essentiële nutriënten (Tabel 5) is er geen grondonderzoekmethode beschikbaar waarmee de chemische bodemvruchtbaarheidstoestand kan worden afgeleid. Dit kan een gevolg zijn van een ontoereikende bepalingsmethode en/of het ontbreken van afdoende mogelijkheden om effectief het gewas te kunnen bemesten en/of het ontbreken van kennis over noodzakelijke bemesting. Hiervoor zijn binnen het akkerbouwadvies dan ook geen adviezen beschikbaar (Tabel 7). Door onderzoeksinstellingen en particuliere laboratoria in binnen- en buitenland wordt voor deze nutriënten gezocht naar relaties tussen een (nieuwe) grondonderzoeksmethode en de gewasreactie. De verwachting is dat hiermee op termijn adviezen voor alle essentiële nutriënten beschikbaar komen.

Evaluatie chemische bodemvruchtbaarheid:

- *Resultaten van chemisch grondonderzoek zijn een indicator van de chemische bodemvruchtbaarheid.*
- *Niet voor alle essentiële nutriënten bestaan indicatoren voor de chemische bodemvruchtbaarheid.*
- *De chemische bodemvruchtbaarheid kan afgeleid worden uit indicatoren voor zuurgraad, intensiteit, capaciteit en kinetiek.*
- *Indicatoren houden geen rekening met variaties in ruimte en tijd.*

3.3.2. Fysische bodemvruchtbaarheid

Als gewassen volgens advies met de juiste gift worden bemest, dan blijken tussen gronden of binnen percelen aanzienlijke verschillen te bestaan in gewasgroei, -opbrengst en -kwaliteit. Verklaring hiervoor is dat het huidige bemestingsadvies niet of nauwelijks rekening houdt met de fysische en biologische bodemvruchtbaarheid. Hierna wordt nader ingegaan op de fysische bodemvruchtbaarheid.

Onder de fysische bodemvruchtbaarheid vallen de bodemkenmerken die grote invloed hebben de zuurstoftoestand, vochtbeschikbaarheid en grootte en activiteit van het wortelstelsel.

Voorbeelden van fysische kenmerken zijn het watervasthoudend/waterbergend vermogen, de capillaire opstijging van grondwater, profielopbouw, poriëngrootte, doorwortelbaarheid, verdeling van water, lucht en vaste minerale delen, slempgevoeligheid, draagkracht, etc.

Onderzoek binnen en tussen percelen laat zien dat de fysische bodemkenmerken sterk kunnen variëren en vaak gerelateerd zijn aan de pH en het gehalte aan bodembestanddelen zoals organische stof, klei, leem en zand in samenhang met bodemmanagement.

In de huidige adviesbasis voor de akkerbouw (1), staan geen (of slechts enkele) richtlijnen die gerelateerd zijn aan de beoordeling of verbetering van de fysische bodemvruchtbaarheid in relatie tot de bemesting.

Door commerciële laboratoria en voorlichtingsdiensten zijn op basis van grondonderzoek, op vaak een indirecte wijze, enkele bodemfysische kenmerken afgeleid en worden bovendien kwalitatieve, richtlijnen of adviezen ter verbetering van deze kenmerken voorgesteld. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan i) verhoging/verlaging van het gehalte aan organische stof, ii) het woelen/ondergronden, en iii) profielomzetting/-verbetering om daarmee de fysische kenmerken van met name de bouwvoor te verbeteren (verschraling of verbetering structuur).

Evaluatie fysische bodemvruchtbaarheid:

- *Er zijn een beperkt aantal grondonderzoeksmethoden voor de bepaling van de fysische bodemvruchtbaarheid. De vraag hiernaar is beperkt waardoor deze methoden veelal alleen door specialistische laboratoria routinematig wordt uitgevoerd.*
- *Er zijn een beperkt aantal, door veeljarig onderzoek onderbouwde, richtlijnen voor een kwantitatieve verbetering van de fysische bodemvruchtbaarheid, bijvoorbeeld beperkte grondbewerking en/of erosiebestrijding.*
- *De relatie tussen de fysische bodemvruchtbaarheid, bemesting en de gewasgroei wordt niet meegenomen bij de afleiding van optimale bemestingsadviezen.*

3.3.3. Biologische bodemvruchtbaarheid

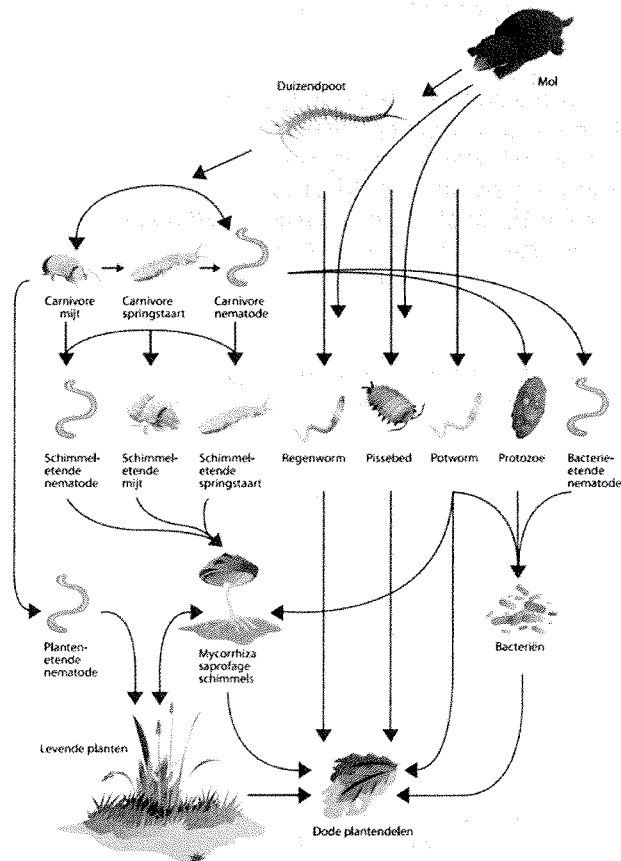
Onder biologische bodemvruchtbaarheid wordt verstaan de hoeveelheid en type (schadelijke en nuttige) bodemorganismen en biologische bodemprocessen. In dit kader worden ook bodemgezondheid en bodemweerbaarheid genoemd. Figuur 1 geeft een schematische weergave van de organismen die in de bodem voorkomen. Biologische indicatoren zijn bijvoorbeeld aantallen bacteriën, schimmels, nematoden, regenwormen, potwormen etc.

Alhoewel in het wetenschappelijk onderzoek veel kennis aanwezig is over de relatie van het bodemleven/bodemvoedselweb, bemesting en plantengroei, is nagenoeg nog niets hiervan opgenomen in de huidige bemestingadviezen. Biologische bodemvruchtbaarheid wordt vaak aangeduid bij de ecologische diensten die de bodem levert. Deze ecologische diensten zijn een resultaat van het productievermogen van de bodem, weerstand en flexibiliteit, de milieufunctie en de habitatiefunctie. In deze tekst wordt de biologische bodemvruchtbaarheid gericht op de productiefunctie van de bodem.

De biologische productiefunctie van de bodem kan worden verbeterd door bijvoorbeeld een verbetering van de biologische activiteit van de bodem waardoor de stikstofmineralisatie verbeterd wordt of nutriënten op andere wijze beter beschikbaar gemaakt worden voor het gewas. Zo is het bekend dat mycorrhiza's de reikwijdte van het wortelstelsel sterk kunnen vergroten, daardoor de bodem beter kunnen exploiteren en door zeer specifieke processen bepaalde (fosfaat)verbindingen beschikbaar kunnen maken voor opname door de wortel. Niets daarvan is op dit moment verwerkt in de bemestingsadviezen.

De effecten van de biologische bodemvruchtbaarheid en dus sturing op biologische bodemvruchtbaarheid zijn groot. Bijvoorbeeld het wel of niet aanwezig zijn van plantparasitaire nematoden in een bodem kan bij fabrieksaardappelen tot een aanzienlijke opbrengstreductie leiden. Als de activiteit van bacteriën zoals ammonificeerders en nitrificeerders afwezig is of geremd, heeft dit invloed op de afbraak van organische stof en de mineralisatie van nutriënten zoals stikstof en zwavel. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat een goed, divers bodemleven een positieve invloed heeft op de ziekteonderdrukking of weerbaarheid van een bodem.

Figuur 1. Schematische weergave van het bodem voedselweb



Figuur 2.1: Voedselweb in de bodem (Ron de Goede, Wageningen Universiteit)

Grondonderzoeksmethoden om de actuele biologische bodemvruchtbaarheid vast te stellen zijn beperkt beschikbaar, maar zijn veelal indirect en bevinden zich meestal nog in een experimenteel stadium.

Een goed voorbeeld van biologisch bodemvruchtbaarheidsonderzoek in Nederland is het grondonderzoek naar plant parasitaire nematoden. Vond dit type onderzoek vroeger vooral plaats aan grondextracten met behulp van de microscoop, tegenwoordig worden steeds vaker DNA-technieken gebruikt. Deze DNA-technieken hebben de potentie in zich om sneller en betrouwbaarder de nematodenpopulatie van een bodem in kaart te brengen.

Er zijn richtlijnen voor de interpretatie van het aantal nematoden in een grond en adviezen ter verbetering van de situatie via "chemische ontsmetting" en/of biologische ontsmetting. Adviezen om het bodemvoedselweb, de bodemweerbaarheid of bodemgezondheid te verbeteren, zijn in het algemeen matig onderbouwd en bestaan uit kwalitatieve richtlijnen zoals het toedienen van organische materiaal of het toedienen van oplossingen met micro-organismen. Door het ontbreken van kennis bestaan in het bemestingsadvies geen richtlijnen die rekening houden met de relaties tussen biologische bodemvruchtbaarheid, plantengroei en bemestingsniveau.

Evaluatie biologische bodemvruchtbaarheid:

- Er zijn (nog) geen of weinig grondonderzoeksmethoden beschikbaar waarmee routinematig de biologische bodemvruchtbaarheid kan worden beoordeeld.
- Alleen voor enkele plantparasitaire nematoden bestaan grondonderzoeksmethoden en daaraan gekoppeld risicobeoordelingen en adviezen ter verbetering.
- De positieve kanten van het bodemleven op de gewasgroei, bemesting en productie etc. zijn nog onvoldoende gekwantificeerd en worden dan ook niet meegenomen in de huidige bemestingsadviezen.

3.4. Meststoffen

In de huidige bemestingsadviezen wordt vooral uitgegaan van minerale meststoffen. Echter de lijst van meststoffen of (rest)producten met een bemestende waarde is aanzienlijk. Bovendien groeit deze lijst jaarlijks omdat nieuwe meststoffen (bijvoorbeeld polyfosfaten), restproducten (bijvoorbeeld vergistingsproducten) of bewerkte organische meststoffen (digestaat) beschikbaar komen. De beschikbaarheid van nutriënten van deze alternatieve nutriëntenbronnen wordt afgemeten aan die van de minerale meststoffen waarop het bemestingsadvies is gebaseerd. Bij een werkingscoëfficiënt van 100% is de werking gelijk aan die van de meststofvorm van het bemestingsadvies. Deze werkingscoëfficiënten zijn voor de grotere reststromen enigszins onderbouwd met meetgegevens maar vaker is expert judgement gebruikt. Ook komen in toenemende mate middelen beschikbaar die een plantversterkende werking hebben. In het Handboek Meststoffen (2) wordt een overzicht gegeven van de meststoffen die in Nederland worden verhandeld.

Om het huidige bemestingsadvies te kunnen gebruiken voor nieuwe of bestaande producten met een bemestende waarde, is de volgende informatie nodig:

- de samenstelling (gehalten aan nutriënten, de chemische vormen waarin deze nutriënten voorkomen en hun oplosbaarheden/beschikbaarheden);
- de werking van deze nutriënten ten opzichte van een referentie minerale meststof;
- de vorm (vloeibaar, vast, etc.) met fysische grootheden (fijnheid, korrelvorm);
- de meest gewenste toedieningswijze (breedwerpig, rijenbemesting, injectie, etc.);
- het meest gewenste tijdstip van toediening; en
- of het gebruik van de meststof gereguleerd wordt door regelgeving.

Met betrekking tot meststoffen met microbiële of biologische bestanddelen of een plantversterkende werking, bestaat er wel enig inzicht in de samenstelling en waardegevendende bestanddelen maar vaak is er weinig praktische kennis beschikbaar over de effectieve werking.

Evaluatie meststoffen:

- *Er bestaat onvoldoende inzicht in het scala aan beschikbare meststoffen en in het bijzonder in de effectiviteit ervan voor de akkerbouw afgestemd op specifieke kenmerken van het landbouwperceel.*
- *Er bestaat in het algemeen onvoldoende inzicht in samenstelling en met name in de werking van nutriënten in nieuwe meststoffen.*
- *Bij meststoffen met micro-organismen bestaat onvoldoende inzicht in samenstelling, werking en invloed op de bemesting.*
- *Veelal is niet bekend hoe de grootte van de gift gecorrigeerd moet worden als de bemestende waarde van meststoffen afwijkt van de referentie meststoffen die gebruikt zijn bij de afleiding van de bemestingsadviezen.*

3.5. Toedieningsmethode

Aan veel bemestingsadviezen ligt een breedwerpige toediening van (minerale) meststoffen ten grondslag. In een aantal gevallen geldt rijenbemesting als norm voor de toedieningsmethoden. Echter, er zijn andere toedieningsmethoden waarmee meststoffen of nutriënten kunnen worden toegepast. Tabel 8 geeft een overzicht van toedieningsmethoden. Voor deze methoden zijn verschillende apparaten ontwikkeld: slepslangen, injector, kunstmeststrooiers, spuittechnieken, etc.

TABEL 8. Overzicht van toedieningsmethoden.

Methode
Breedwerpige toediening
Rijenbemesting
Plantgat bemesting
Bladbemesting

Het wel/niet kunnen toepassen van deze toedieningsmethoden wordt sterk bepaald door:

- de meststofvorm (korrel, pellet, vloeistof, ..);
- het gewasstadium, omdat na opkomst of bij gewassluiting bepaalde toedieningsmethoden het gewas en met name de wortels kunnen beschadigen;
- de draagkracht van de grond omdat het gewicht van de apparatuur + meststof aanzienlijk kan zijn;
- de verschillen in vaste en variabele kosten van de verschillende toedieningsmethoden;
- regelgeving die gebruik van bepaalde toedieningsmethoden bij bepaalde meststoffen en toedieningstijdstippen beperkt; en
- de beschikbaarheid van de toedieningsapparatuur.

Evaluatie toedieningsmethoden:

- *methoden zijn sterk gekoppeld aan de meststofvorm en samenstelling;*
- *het gebruik wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid en kosten;*
- *meestal maakt de akkerbouwer gebruik van een breedwerpige toediening bij minerale meststoffen dan wel breedwerpige toediening met direct inwerken bij dunne dierlijke mesten;*
- *vloeibare meststoffen zijn in het algemeen goed toe te dienen in of over de bodem en over het gewas via bladbemesting.*

3.6. Toedieningstijdstip

Er zijn drie toedieningstijdstippen, of combinaties daarvan, te onderscheiden waarop meststoffen kunnen worden toegediend:

- buiten het groeiseizoen;
- vlak voor of na zaaien of poten; en
- gedurende het groeiseizoen.

Het gewasgerichte bemestingsadvies is gericht de beschikbare voorraad in de bodem aan te vullen tot een renderende opbrengst- en kwaliteitsverbetering van het gewas. Doorgaans wordt daarbij uitgegaan van een toediening vlak voor of na zaaien en poten. Bij bekalking wordt afgestemd op de groundbewerking. Is de bemesting gericht op bijmesten van het gewas, dan vindt dit plaats gedurende het groeiseizoen waarbij ingespeeld wordt op de beschikbare voorraden in de bodem of gehalten in het gewas. In het bodemgericht advies, waarbij gestreefd wordt naar het handhaven van de beschikbare voorraad of een reparatie van een te lage bodemtoestand, vindt de toediening buiten het groeiseizoen plaats in verband met het verantwoord bewerken van de bodem en het inwerken in de bodem. Toediening buiten het groeiseizoen vindt ook wel plaats als de meststof nevenbestanddelen - zoals chloride - bevat waarvan negatieve effecten verzwakt of uitgesloten moeten worden door omzettingen in de bodem of door uitspoeling. Daarnaast kunnen bepaalde meststofvormen effectiever benut worden door het gewas in geval het nutriënt eerst omgezet moet worden.

Toedienen gedurende het groeiseizoen is sterk gekoppeld aan het type nutriënt en type meststof. Toedienen gedurende het groeiseizoen waarbij een opname via de wortels in de bodem wordt voorgestaan, is in veel gevallen alleen nuttig als het nutriënt betreft die weinig interactie vertonen met bodembestanddelen: bijvoorbeeld nitraat en kalium. Deze vormen worden met waterbeweging (massastroming) bij de gewaswortels gebracht waardoor zij opgenomen kunnen worden. Andere nutriënten (fosfaat, spoorelementen) worden niet door massastroming bij de gewaswortels gebracht waardoor bijbemesting via de bodem niet effectief is. Soms kan bemesting via het blad hier uitkomst bieden mits de door het gewas gevraagde hoeveelheid praktisch toegediend kan worden.

Evaluatie toedieningstijdstip:

- *het toedieningstijdstip hangt sterk af van de meststofvorm. Nutriënten die niet door massastroming bij gewaswortels kunnen komen, dienen door grondbewerking in het bodemvolume te worden gebracht die door gewaswortels wordt geëxploiteerd;*
- *kleine giften aan macro- en micronutriënten kunnen via bladmeststoffen worden toegediend; en*
- *meestal worden meststoffen vlak voor zaaien toegediend en in de (toplaag van de) bouwvoor ondergewerkt.*

4. Bemestingsstrategieën

4.1. Algemeen

In Tabel 1 en 2 zijn voorbeelden gegeven van respectievelijk regelgeving en ontwikkelingen in de maatschappij die invloed hebben op de bemesting en bedrijfsvoering van akkerbouwbedrijven. Of regelgeving en/of ontwikkelingen daadwerkelijk invloed hebben, en in welke mate, is van enkele factoren afhankelijk.

- Regelgeving kan dwingend zijn met betrekking tot bepaalde bedrijfstypen, grondsoorten, etc.;
- De akkerbouwer kan op strategisch nivo beslissingen hebben genomen met betrekking tot zijn bedrijfssysteem. Bijvoorbeeld een gangbaar of biologische productiewijze.
- Of de akkerbouwer principiële beperkingen, bezwaren of juiste voordelen ziet met betrekking tot bepaalde gewassen, machines, meststoffen etc. Bijvoorbeeld, bij bepaalde gewasteelten wordt geen dierlijke mest toegediend in verband met een niet of moeilijk te voorspellen stikstofwerking of kans op structuurschade bij toedienen.
- Of de akkerbouwer binnen zijn bedrijf wil bijdragen aan het "oplossen" van milieuproblemen zoals uitspoeling, energieverbruik, broeikasgassen etc. Bijvoorbeeld een teler wil energiegewassen gaan telen.

Gelet op bovenstaande opsomming wordt hier de verwachting uitgesproken dat de invulling van de bemestingsstrategie via "de vijf juistheden van bemesting" steeds meer bedrijfs-, gewas- en/of perceelspecifiek wordt en de keuzemogelijkheden met betrekking tot de invulling van "de vijf juistheden van bemesting" maximaal benut zal gaan worden. Dit betekent dus ook dat generieke bemestingsstrategieën steeds minder zullen voorkomen.

Om dit alles te illustreren wordt met een aantal voorbeelden het effect van bepaalde regelgeving, ontwikkelingen en keuzes op de mogelijke invulling van een of meer van "de vijf juistheden van bemesting" beschreven.

Voorbeeld 1: Maximale benutting van aangevoerde nutriënten

Een akkerbouwer die de verliezen van nutriënten naar het milieu wil beperken bij behoud van (financiële) gewasopbrengst en behoud van de bodemvruchtbaarheid overeenkomstig het huidige bemestingsadvies voor de akkerbouw, zal streven naar een zo hoog mogelijke benutting van de aangevoerde nutriënten. De benutting wordt hier als volgt gedefinieerd:

$$\frac{\text{gewas opname nutriënt} \times 100\%}{\text{nutriëntaanvoer via meststoffen}}$$

(vergel. 1)

Een zo hoog mogelijke benutting betekent dat de akkerbouwer streeft naar een maximale nutriënt-onderschepping door het gewas en het gebruik van een meststof-type, toedieningsmethode, tijdstip van toediening etc. waarmee de toegediende nutriënten ook in tijd en plaats op het juiste moment beschikbaar zijn voor opname door het gewas.

"De vijf juistheden van bemesting" zouden als volgt kunnen worden ingevuld:

Juiste nutriënt:

Regelmatig wordt grond- en/of gewasonderzoek naar de essentiële nutriënten uitgevoerd om de actuele bodem- of gewastoestand vast te stellen en daarmee de eventuele noodzaak om een nutriënt via bemesting aan te voeren.

Juiste gift:

Als is vastgesteld dat er een behoefte bestaat aan een nutriënt, dan wordt de grootte van de gift vastgesteld aan de hand van de bemestingsadviesbasis.

Juiste meststof:

Bij voorkeur worden minerale of andersoortige meststoffen gebruikt waarvan de samenstelling en werking bekend en gegarandeerd zijn. Voldoen meststoffen hier niet aan, dan kan de juiste gift niet worden afgeleid of kan de beschikbaarheid in de tijd niet worden gegarandeerd.

Juiste toedieningstijdstip:

Om de onderschepping van aangevoerde nutriënten door de wortels (en of blad) maximaal te laten zijn, worden nutriënten vlak voor zaaien of poten dan wel tijdens het groeiseizoen toegediend. Hierdoor is de kans op verliezen minimaal.

Juiste toedieningsmethode:

Om de onderschepping door de plantenwortels maximaal te laten zijn, worden meststoffen via rijenbemesting geplaatst bij het zaad/plant dan wel breedwerpig toegediend en vervolgens ingewerkt zodat de contactkans tussen wortels en meststof maximaal is.

Voorbeeld 2: Biologische productiewijze

De maatschappij stelt steeds meer eisen aan de wijze waarop het voedsel wordt geproduceerd. Er is een duidelijke ontwikkeling naar meer duurzame productiesystemen. Een mogelijke invulling van een meer duurzaam productiesysteem is een biologische productiewijze.

Een biologische productiewijze stelt strenge eisen aan het type meststof, namelijk gebruik van vooral organische meststoffen die op een biologische manier zijn geproduceerd. Verder teelt men in tegenstelling tot gangbare bedrijven veel meer vlinderbloemige gewassen in verband met de stikstofvoorziening van (volg)gewassen.

Wordt een biologische productiewijze uitgewerkt in termen van "de vijf juistheden van bemesting" dan zou dit alles volgt kunnen:

Juiste nutriënt:

Regelmatig wordt grond- en/of gewasonderzoek naar de essentiële nutriënten uitgevoerd om de actuele bodem- of gewastoestand vast te stellen en daarmee de eventuele noodzaak om een nutriënt aan te voeren via bemesting.

Juiste gift:

Omdat gewasopbrengst en -kwaliteit en de kostprijs van meststoffen af kunnen wijken van die van gangbare systemen, zal de economische optimale gift sterk afwijken van die van de huidige adviesbasis voor de akkerbouw. Er is behoefte aan meer specifieke adviezen voor de biologische teelt van gewassen.

Juiste meststof:

In de biologische teeltsystemen zijn alleen biologische meststoffen toegestaan. Deze zijn niet altijd in de gewenste vorm, hoeveelheid en samenstelling beschikbaar. Bij gebruik van dierlijke meststoffen zal voldaan moeten worden aan regelgeving.

Juiste toedieningstijdstip:

In tegenstelling tot de gangbare productiewijzen is het bemesten gedurende het groeiseizoen in het algemeen moeilijker als gevolg van de fysisch/chemische eigenschappen, samenstelling en werkingssnelheid van de nutriënten in de meststoffen.

Juiste toedieningsmethode:

De biologische bodemvruchtbaarheid stuurt meer dan bij andere vormen van akkerbouw de beschikbaarheid van de nutriënten. Meststoffen dienen daardoor aan de bodem te worden toegediend om de nutriënten tot werking te laten komen.

Voorbeeld 3: Opslag koolstof in de bodem en vermindering CO₂-emissies

Als een akkerbouwbedrijf wil meehelpen de CO₂ problematiek te verminderen dan is dit bijvoorbeeld mogelijk door koolstof vast te leggen in de bodem, door de teelt van energiegewassen en/of door een verminderd energieverbruik via bijvoorbeeld machines op het eigen bedrijf. Mogelijk dat in de toekomst de akkerbouwer financieel beloond gaat worden voor de vastlegging van C in de bodem.

Als een bedrijf koolstof wil vastleggen, dan zal dit invloed hebben op de invulling van enkele van "de vijf juistheden van bemesting".

Juiste nutriënt:

Via grond- en gewasonderzoek kan de actuele bodem- of gewastoestand worden vastgesteld. De behoefte aan een of meerdere nutriënten kan dan worden vastgesteld.

Juiste meststof:

Organische meststoffen met een stabiele organische stof vorm verdienen de voorkeur. Hergebruik van nutriënten (in rest- of bijproducten) ter vervanging van nutriënten van kunstmeststoffen zal zoveel als mogelijk plaatsvinden. Worden organische meststoffen gebruikt dan zal voldaan moeten worden aan de van toepassing zijnde regelgeving.

Juiste toedieningstijdstip:

Er zal een voorkeur zijn voor eenmalige giften omdat bijbemesten leidt tot een groter energieverbruik. Verder zal toediening van meststoffen bij voorkeur vlak voor of tijdens het groeiseizoen plaatsvinden.

Juiste gift:

De huidige bemestingsadviezen voor de gangbare landbouw zijn gericht op een maximale financiële gewasopbrengst terwijl voor opslag van C in de bodem, de hoeveelheid drogestof en de hoeveelheid residuair gewasmateriaal maximaal moeten zijn. De grootte van de nutriënten gift zal dan ook afwijkend zijn van die van de huidige adviesbasis.

4.2. Richtlijnen invulling strategie: maximale benutting aangevoerde nutriënten bij behoud van opbrengst en kwaliteit en bodemvruchtbaarheid.

In H.1 is beschreven dat de bemesting en de bedrijfsvoering van akkerbouwbedrijven komende jaren aan steeds meer eisen en randvoorwaarden moet voldoen. Dit vraagt op korte of middellange termijn aanpassingen in de bedrijfsvoering. De invloed die de aanpassingen kunnen hebben op de bedrijfsvoering, kunnen sterk variëren.

In dit hoofdstuk vindt, als voorbeeld, een nadere uitwerking van "de vijf juistheden van bemesting" plaats als een akkerbouwer streeft naar "een maximale benutting van aangevoerde nutriënten bij behoud van opbrengst en kwaliteit en bodemvruchtbaarheid".

Voor het behoud van opbrengst en kwaliteit wordt hier uitgegaan van een bemesting volgens advies. Nadruk ligt hierna dan ook op de verhoging van de benutting.

4.2.1. Juiste nutriënt

Via grond- en/of gewasonderzoek wordt vastgesteld of de actuele toestand in de bodem of het actuele nutriëntgehalte in het gewas voldoende is voor de gewenste groei, opbrengst en kwaliteit. Is de toestand in bodem of gewas te laag, dan zal de akkerbouwer dit trachten te corrigeren via een bemesting.

Grondonderzoek is op dit moment in Nederland het meest gebruikelijk. Door het toenemend gebruik van multi nutriënt extractiemiddelen bij routinematig uitgevoerd grondonderzoek krijgen akkerbouwers niet alleen zicht op de actuele bodemtoestand maar ook op mogelijke interacties tussen nutriënten. Verder is de verwachting dat er grondonderzoekmethoden voor meerdere essentiële nutriënten beschikbaar zullen

komen. Als grondonderzoekmethoden in staat zijn om nutriëntfracties in de bodem te bepalen, dan kan het beheer van nutriënten in de bodem ook beter gestuurd worden. Gewasonderzoek wordt op dit moment beperkt toegepast omdat voor een goede interpretatie hoge eisen worden gesteld aan het bemonsteringstijdstip. Verder is de bemonstering in het algemeen arbeidsintensief en zijn de kosten van het gewas-onderzoek relatief hoog. Op dit moment zijn er stikstof-bijmestsystemen gebaseerd op bladsteeltjes voor bijvoorbeeld aardappelen maar dit heeft tot op heden geen grote vlucht genomen.

De laatste jaren komen er in toenemende mate plantsensoren beschikbaar waarmee op een indirecte wijze inzicht kan worden verkregen in de N status van het gewas. De verwachting is dat het gebruik hiervan op praktijkbedrijven komende jaren zal toenemen en de noodzaak van een N (bij)bemesting en de grootte van de N-gift hiermee gestuurd gaan worden.

4.2.2. Juiste meststof

Meststoffen onderscheiden zich met betrekking tot de samenstelling, werking en vorm.

i) Samenstelling

Bij gebruik van fabrieksmatig geproduceerde meststoffen, zoals minerale meststoffen, meststoffen met een vertraagde nutriëntenaafgifte (de zogenoemde "slow release meststoffen") en bewerkte organische meststoffen, is de samenstelling in het algemeen goed bekend, zijn slechts enkele nutriënten aanwezig die bovendien homogeen zijn verdeeld door de meststof, en is de samenstelling gegarandeerd. Er kan dus precies berekend worden hoeveel nutriënt is toegediend met de meststoffengift.

Niet bewerkte organische meststoffen bevatten meestal meerdere essentiële nutriënten en zelfs binnen hetzelfde meststofftype kunnen de nutriënten in sterk wisselende hoeveelheden aanwezig zijn. De samenstelling is veelal niet gegarandeerd of is gegarandeerd met een mindere grote precisie dan bij minerale meststoffen. Bij gebruik van organische meststoffen is de gift aan nutriënt in het algemeen niet nauwkeurig te berekenen.

ii) Werking

Minerale meststoffen bevatten veelal chemische bestanddelen die volledig in water of in zwakke organische zuren oplosbaar zijn en daardoor snel beschikbaar komen als ze worden toegediend aan of in een vochtige bodem. Vertonen de bestanddelen weinig interactie met de bodembestanddelen, dan zijn deze nutriënten direct beschikbaar voor het gewas.

Slow release-meststoffen laten hun nutriënten vrijkomen met een bepaalde snelheid en patroon in de tijd. Dit patroon verschilt tussen verschillende typen. Hierdoor kan door de keuze van een meststof met het juiste afgiftepatroon het vrijkomen van de nutriënten worden afgestemd op de gewasbehoefte.

In bewerkte en onbewerkte organische meststoffen zitten vele van de nutriënten gebonden in of aan de organische stof of zitten in minerale vormen die het gevolg zijn van neerslagen (bijvoorbeeld in mest) of door de aanwezigheid van grond (compost). Deze nutriënten komen vrij na omzetting door micro-organismen of komen vertraagd vrij door een reeks van chemische bodemprocessen (desorptie, solubilisatie). De microbiële activiteit nodig voor deze omzetting is niet of moeilijk voorspelbaar omdat deze sterk afhankelijk is van vocht en temperatuur. Laatst genoemde parameters zijn niet (volledig) stuurbaar door de akkerbouwer. De chemische omzettingen worden bepaald door het bodemtype en daar heersende condities.

iii) Fysische vorm

De fysische vorm bepaalt de snelheid van werking, de mate waarin nutriënten door de bodem worden vastgelegd en de regelmaat van de verdeling over een landbouwperceel. Er zijn meerdere meststoffvormen. Bij fabrieksmatig geproduceerde meststoffen zijn bekende vormen korrels, pellets, vloeistoffen en meststoffen met coatings. De meststof wordt geconditioneerd naar fysische vorm (korrelgrootteverdeling). Binnen een meststof

is de grootte verdeling in het algemeen beperkt. Door de gelijke meststofvorm en gelijke grootteverdeling is een gelijkmatige toediening aan een bodem mogelijk. Kleine korrels dragen bij tot een snellere werking maar door grotere korrels te kiezen kan voorkomen worden dat de bodem te snel nutriënten vastleggen (fosfaat).

Daarnaast zijn er meststofvormen waarbij de fysische vorm slechter geconditioneerd is waardoor de werking van de nutriënten minder goed gestuurd kan worden.

4.2.3. Juiste toedieningsmethode

Het gewas neemt via de wortels nutriënten op. Nutriënten kunnen door massastroming bij deze gewaswortels komen of door diffusieprocessen. Diffusie is een traag proces en gewaswortels moeten vrijwel op de nutriënten zitten (millimeterniveau) voor een effectieve benutting. Stikstof en kalium zijn nutriënten die via massastroming bij de gewaswortels komen, fosfaat is een nutriënt dat alleen via diffusie bij de gewaswortel komt.

Als de contactkans tussen meststof en plantenwortel maximaal is, is het risico op inefficiënte gewasopname en verliezen buiten het bereik van gewaswortels beperkt. Als meststoffen breedwerpig worden toegediend en door de bouwvoor gewerkt, dan is de onderschepping door de wortels van nutriënten groter dan als wanneer de breedwerpig toegediende meststoffen niet door de bouwvoor worden gewerkt. Worden meststoffen in het plantgat, tussen de planten of zaden in, naast of onder de plantrij geplaatst, dan wordt de onderschepping van nutriënten door de wortels en de meststoffen duidelijk vergroot.

De giften mogen hierbij niet te hoog worden in verband met mogelijk zoutschade aan de wortels.

4.2.4. Juiste tijdstip van toedienen

Als meststoffen en hun nutriënten worden toegediend op het moment dat er een acute behoefte is bij het gewas, dan is het risico dat de toegediende nutriënten verloren gaan, minimaal. Deling van de gift draagt in het algemeen bij aan een betere de benutting van de toegediende nutriënten. Toediening van meststoffen via bijmestsystemen aan een bodem is echter alleen maar mogelijk bij mobiele nutriënten die door massastroming bij de gewaswortels kunnen komen mits gedurende de gewasgroei afdoende neerslag valt. In droge perioden is bijbemesting niet of beduidend minder effectief. Beregening kan dan een noodzaak worden. De benutting van nutriënten toegediend via bladmeststoffen is nog steeds onderwerp van discussie.

Worden meststoffen ver voor het groeiseizoen toegediend, dan bestaat het risico dat de toegediende nutriënten afspoelen, uitspoelen, vervluchtigen of worden vastgelegd aan bodembestanddelen. Hierdoor zal de benutting van de toegediende nutriënten niet maximaal zijn. Bij toediening van nutriënten via meststoffen vlak voor zaaïen of poten van het gewas, is het risico op verliezen kleiner dan toediening gedurende de winter.

4.2.5. Evaluatie kenmerken strategie "maximale benutting en behoud opbrengst, kwaliteit en bodemvruchtbaarheid"

Om een maximale benutting van de toegediende nutriënten te krijgen:

- heeft het gebruik van minerale en organische meststoffen met een gegarandeerde samenstelling en werking de voorkeur;
- dienen meststoffen vlak voor of tijdens het groeiseizoen te worden toegediend;
- heeft deling van de gift de voorkeur boven een eenmalig gift; en,
- worden meststoffen breedwerpig toegediend en door de bouwvoor gemengd dan wel gedeeltelijk geplaatst in de nabijheid van de plant of pootrij.

5. Quick scan

In H.2 is de werkwijze van de quick scan beschreven. Hierna worden de resultaten besproken.

5.1. Beschrijving uitgangsmateriaal quick scan

5.1.1. Gewassen

Tabel 9 geeft het aantal proefverslagen per gewas weer. Hieruit blijkt dat een breed overzicht is verkregen met betrekking tot de gewasspecifieke invloeden op de bemesting.

TABEL 9. Aantal verslagen per akkerbouw- en vollegrondsgroentegewas.

Akkerbouw	Aantal verslagen	Vollegrondsgroente	Aantal verslagen
Consumptieaardappelen	17	Broccoli	3
Fabrieksaardappelen	17	Bloemkool	1
Graszaad	4	Chinese kool	2
Landbouwerwten	1	Prei	2
Pootaardappelen	3	Spruitkool	3
Suikerbieten	10	Witte kool	1
Winterpeen	1	Broccoli	3
Wintergerst	1	Bloemkool	1
Winterrogge	2		
Wintertarwe	5		
Zomergerst	1		
Zaaiuien	5		

5.1.2. Grondsoort

Van de ruim 80 proefverslagen waren er 20 gericht op proeven uitgevoerd op dekzand, 37 op zeelei, 23 op dalgrond en 4 proefverslagen gericht loss. Hiermee zijn dus de belangrijkste grondsoorten van de Nederlandse akkerbouwgebieden in de quick scan vertegenwoordigd.

5.1.3. Nutriënten

Onderstaande Tabel 10 geeft aan welke nutriënten of interacties tussen nutriënten onderwerp van het verslag waren.

TABEL 10. Overzicht onderzochte nutriënten en aantal verslagen.

Nutriënt of interacties van nutriënten	Aantal verslagen
Ca	1
Cl	2
K	2
K/Cl (interactie)	1
Mg	2
N	57
N /P (interactie)	1
N, K	3
N,P,K	1
P	2
pH	3
S	4
Ca	1
Cl	2
K	2

Uit bovenstaande Tabel 10 blijkt dat zeer veel verslagen gericht zijn op N of combinaties van N met andere nutriënten. Duidelijk is dat geen onderzoek is uitgevoerd naar alle essentiële nutriënten (Tabel 3).

5.1.4. Doel van onderzoek

In Tabel 11 zijn het aantal verslagen vermeld per categorie onderzoeksdoel. In totaal zijn een 7-tal categorieën te onderscheiden.

TABEL 11. Verdeling van de bestudeerde verslagen op doel van de proef.

Doel van de proef	Aantal
Gebruikswaarde	12
Interactie	1
Delen gift	12
Optimalisatie advies	23
Relatie gift/kwaliteit	1
Systeemvergelijking	2

Optimalisatie van het bemestingsadvies, gebruikswaarde en deling van giften zijn belangrijke doelen van de gerapporteerde proefverslagen.

5.1.5. Nutriëntgiften

Tabel 12 geeft de range aan nutriëntgiften in de bestudeerde verslagen. De genoemde hoeveelheden zijn in kg per hectare, de som van de gift via dierlijke mest en kunstmest en de som van voorraad- en eventueel bijbemesting(en). Vastgesteld kan worden dat realistische trajecten zijn onderzocht.

TABEL 12. Overzicht van de gerapporteerde minimale en maximale giften aan nutriënten in de geraadpleegde verslagen, in kg per ha.

Nutriënt	Gift	
	Minimum	Maximum
Ca	0	75
Cl	0	400
K	0	800
Mg	0	260
N	0	400
P	0	300
S	30	200

5.1.6. Methode van toediening

In Tabel 13 is de wijze van (gecombineerde) toediening van de meststoffen in de verslagen weergegeven.

TABEL 13. Overzicht van de methoden van toediening in de bestudeerde verslagen.

Methode van toediening of combinaties van methoden	Aantal verslagen
Bladbemesting	1
Toevoeging vloeibare kunstmest	1
Fertigatie	4
Onderwerken /rij	2
Onderwerken / volvelds strooien	5
Rijtoediening / volvelds strooien	4
Volvelds strooien	47
Volvelds strooien/bladbemesting	2

Opmerkelijk aan tabel 13 is dat een breedwerpige toediening de standaard is geweest in de onderzoeken. Er is dus relatief weinig onderzoek gedaan naar de perspectieven van alternatieve toedieningsmethoden bij akkerbouwgewassen onder Nederlandse omstandigheden. Sniijma is de referentie geworden voor rijenbemesting bij akkerbouwgewassen.

5.1.7. Type meststof

De frequentie waarin een bepaald type meststof voorkwam, is gegeven in Tabel 14. Als er meerdere typen meststof in een proef zijn onderzocht dan wordt de combinatie gegeven.

TABEL 14. Overzicht van het gebruikte type meststof.

Type meststof	Aantal
Drijfmest	4
Drijfmest + kunstmest	9
Kalkmeststof	3
Kunstmest	46
Kunstmest + vloeibaar	3
Vloeibare meststof	4

Opmerkelijk is dat veel proeven zijn uitgevoerd met kunstmest. Het aantal verslagen met drijfmesten is "laag". Er wordt met de bestudeerde proefverslagen dus geen goed overzicht verkregen van de werking van alle typen of soorten meststoffen.

5.2. Respons van de proeven

Tabel 15 geeft een overzicht in hoeveel % van de verslagen er effecten van de onderzochte behandelingen zijn vastgesteld op de drogestof productie, financiële gewasopbrengst (wat een combinatie is van opbrengst en kwaliteit of gehalten aan inhoudsstoffen) en de meststofefficiëntie.

Opmerkelijk is dat in een derde tot de helft van de proeven geen effect op drogestofproductie, financiële gewasopbrengst of meststofefficiëntie is vastgesteld. In ongeveer 40% van de proeven was er een aanwijzing, trend of significant effect van de behandeling op de drogestofproductie, financiële gewasopbrengst of meststofefficiëntie. Wordt de beoordeling beperkt tot die verslagen met een significant lagere of hogere drogestof productie, financiële gewasopbrengst of meststofefficiëntie, dan beperkt zich dit van 0 tot 10% van de verslagen.

Dat in veel proeven geen effect is vastgesteld, is opmerkelijk. Een mogelijke reden is dat veel van de proeven zijn uitgevoerd op gronden met een ruim voldoende bodemvruchtbaarheid waardoor de effecten van bemesting in de proeven minimaal waren. Dit beperkt in deze quick scan de bruikbaarheid van veel verslagen.

Voor het onderzoek in de toekomst betekent dit dat de mogelijkheden van "de vijf juistheden van bemesting" onderzocht moeten worden op gronden met een lage of onvoldoende fysische, chemische of biologische bodemvruchtbaarheid.

TABEL 15. Percentage van de uitgevoerde proeven waarin een effect is vastgesteld op drogestofproductie, financiële gewasopbrengst en meststofefficiëntie.

Effect	Percentage in %		
	Ds-productie	€ - opbrengst	Efficiëntie
Trend lager	3,3	10,7	13,8
Significant lager	1,6	0,0	0,0
Trend hoger	31,1	37,5	37,9
Deels trend hoger	9,8	8,9	3,4
Deels significant hoger	1,6	0,0	0,0
Significant hoger	4,9	1,8	10,3
Geen effect	50,8	41,1	34,5

5.3. Nadere uitwerking N-proeven fabrieksaardappelen en suikerbieten

De proefresultaten van fabrieksaardappelen en suikerbieten zijn nader bestudeerd omdat daar relatief veel betrouwbare gegevens beschikbaar waren.

Tabel 16 geeft voor de gewassen fabrieksaardappelen en suikerbieten een overzicht welke behandelingen zijn onderzocht en of er wel/niet een effect op de financiële opbrengst of efficiëntie is vastgesteld. De gerapporteerde effecten op de drogestof-/versopbrengst waren minimaal en vaak niet significant. Omdat de opbrengst van de gewassen wordt verrekend in de financiële gewasopbrengst is hier besloten om de drogestof-/versopbrengst niet op te nemen in Tabel 16.

TABEL 16. Samenvatting resultaten analyse fabrieksaardappelen (FBA) en suikerbieten (SB).

Gewas	Behandeling	Effect op	
		Financiële gewasopbrengst	Meststof efficiëntie
FBA	Voorraad + delen	+	+
	Keuze groenbemester + N-optm.	+	+
	Rasafhankelijk N-advies	+	
	Deling gift op basis van metingen	+/-	+
	Afstemmen N-in combinatie met drijfmest	+/-	++
	Bruikbaarheid kippendrijfmest	+	+/-
SB	Invloed rijenbemesting	+/-	++
	Deling van de gift	(+)	(+)
	Slow release	+/-	+

Verklaring:

- +/- : evenveel verslagen met duidelijk positieve dan wel negatieve resultaten
- + of ++ : meer dan tweederde van de verslagen had respectievelijk een duidelijk positieve trend dan wel een duidelijk significant positief effect
- of -- : meer dan tweederde van de verslagen had respectievelijk een duidelijke negatieve trend dan wel een duidelijk significant positief effect

5.3.1. Effecten op financiële gewasopbrengst

Uit tabel 16 blijkt dat voor fabrieksaardappelen meerdere behandelingen een positief effect hebben op de financiële gewasopbrengst. Hier wordt aangenomen dat wil een behandeling perspectiefvol zijn voor een akkerbouwer, dat dan het effect in minimaal drie proeven moet zijn vastgesteld. Met deze randvoorwaarde is de conclusie dat:

- de combinatie van voorraad bemesting en delen van de N-gift;
- een rasafhankelijk N-advies;
- de optimale inrekening van N-levering van groenbemesters, en,
- gebruik en inrekenen werking kippenmest;

veelbelovende behandelingen zijn.

Worden deze behandelingen vertaald in termen van "de vijf juistheden van bemesting", dan betreffen deze behandelingen:

- het juiste toedieningstijdstip, namelijk door middel van deling van giften, en
- de juiste gift, namelijk via rasafhankelijke adviezen en via in rekening werking groenbemesters en dierlijke mest.

Het dient hierbij te worden opgemerkt, dat bij uitvoering van deze behandelingen de (juiste) toedieningsmethode een breedwerpige toediening was en als (juiste) meststofftype minerale korrelmeststoffen werden gebruikt.

Voor suikerbieten zijn in de proefverslagen minder duidelijke positieve en negatieve effecten vastgesteld op de financiële gewasopbrengst. De positieve behandelingen hebben betrekking op rijenbemesting (juiste plaats en juiste toedieningsmethode), deling van de gift (juiste tijdstip van toediening) en gebruik slow release meststoffen (juiste type meststof).

5.3.2. Effecten op de efficiëntie van nutriënten

Er is slechts in 29 proeven met fabrieksaardappelen gekeken naar de meststofefficiëntie.

Een significante verbetering van de efficiëntie wordt bereikt als de N-bemesting van fabrieksaardappelen wordt afgestemd op de N-werking van drijfmest (juiste gift). Dit is in drie verslagen nadrukkelijk vastgesteld. Verder blijkt het delen van de N-gift (juiste gift en methode) een positief effect te hebben op de efficiëntie.

Bij suikerbieten werd een duidelijke verbetering van de efficiëntie verkregen door het toepassen van rijenbemesting (juiste plaats van toediening) en gebruik van slow release meststoffen (type meststof). Minder duidelijk was het effect van deling van de gift (juiste tijdstip).

6. Evaluatie en discussie

Akkerbouwbedrijven op vergelijkbare gronden met vergelijkbare gewasrotaties hebben veelal ook vergelijkbare bemestingsstrategieën. Naar de toekomst toe zullen bedrijven naar verwachting meer bedrijfs-, perceels- of gewasspecifieke bemestingsstrategieën hebben omdat zo beter kan worden ingespeeld op de diversiteit tussen bedrijven en de eisen en voorwaarden die aan hen gesteld worden. Dit betekent dat er minder generieke bemestingsstrategieën zullen zijn en de kennisvraag rond de invulling van bemestingsstrategieën zal toenemen.

In handboeken over bemesting, plantenvoeding en bodemvruchtbaarheid zijn de achtergronden en werkingmechanismen van "de vijf juistheden van bemesting" in meer of minder detail beschreven. In (praktijk)proeven in Nederland en daarbuiten zijn de effecten van maatregelen binnen "de vijf juistheden van bemesting" getoetst op hun waarde. Door dit alles is het mogelijk uitspraken te doen over mogelijke positieve of negatieve effecten die optreden als maatregelen onder verschillende omstandigheden worden toegepast. De "vijf juistheden van bemesting" zijn daarmee te gebruiken als een checklist bij de invulling van de bemestingsstrategieën.

Het huidige bemestingsadvies voor de akkerbouw bestaat uit een bodem- en gewasgericht advies en is op dit moment een goede richtlijn voor sturing van het bemestingsniveau. Echter, kijkend naar de eisen en randvoorwaarden waar de toekomstige akkerbouwbedrijven voor staan, zijn er duidelijk een aantal beperkingen. Hierna volgen er een viertal:

- Het huidige bemestingsadvies richt zich op een beperkt aantal nutriënten. In de toekomst zullen adviezen voor alle essentiële nutriënten beschikbaar moeten zijn. De sturingsmogelijkheden van bemesting van het gewas via het blad zal afgewogen moeten worden met die van de bodem.
- Het huidige bemestingsadvies houdt geen rekening met interacties tussen nutriënten bij de opname door de wortel of bij plantfysiologische processen in de plant.
- Het huidige bemestingsadvies speelt niet in op de actuele biologische of fysische bodemvruchtbaarheid. Hierdoor kan de bemesting te hoog dan wel te laag zijn.
- De huidige adviezen zijn het resultaat van een statistische bewerking van vele proeven. Dit betekent dat de adviesgiften gelden voor gemiddelde omstandigheden en leiden tot gemiddelde gewasopbrengsten.

Dit alles maakt dat het huidige bemestingsadvies vollediger en flexibeler moet worden wil het kunnen bijdragen aan de invulling van meer bedrijfs-, perceels- en gewas-specifieke bemestingsstrategieën.

In de quick scan zijn een groot aantal verslagen bestudeerd. Echter de onderzoeksverslagen zijn gericht op een beperkt aantal nutriënten (vooral stikstof), de toedieningsmethode is meestal een breedwerpige toediening, en de gebruikte meststoffen zijn meestal minerale meststoffen. Hierdoor is het beperkt mogelijk om de toepasbaarheid van maatregelen voor huidige en toekomstige bemestingsstrategieën te onderzoeken. Er zijn geen verslagen waarin resultaten zijn gerapporteerd van onderzoek naar de relaties tussen de fysische en/of biologische bodemvruchtbaarheid, de bemesting en de gewasrespons.

Uit de quick scan blijkt dat de benutting van nutriënten in meststoffen en in de bodem nu al kan worden verbeterd door:

- volgens het huidige advies te bemesten, inclusief gebruik van bodem- en gewasonderzoek;
- meststoffen te gebruiken met de bekende samenstelling en werking; en,
- meststoffen bij voorkeur vlak voor of eventueel tijdens het groeiseizoen toe te dienen.

Voor fabrieksaardappelen en suikerbieten zijn in het kader van de quick scan enkele maatregelen nader bestudeerd en uitgewerkt. De conclusie van de uitwerking is dat:

- deling van de N-meststofgift;
- afstemming van de grootte van de N-gift op de voorraad in de bodem of de actuele N-gewasopname; en
- plaatsing van N en/of P in de rij

perspectiefvolle keuzes zijn. Ze zijn in het algemeen goed uitvoerbaar en blijken in onderzoek vaak een positief effect te hebben op de financiële gewasopbrengst dan wel de meststofefficiëntie.

Het was niet mogelijk om voor alle "vijf juistheden van bemesting" uitspraken te doen. De bestudeerde proefverslagen waren daarvoor te beperkt van opzet. Desondanks zijn "de vijf juistheden van bemesting" een goede leidraad om keuzes over bemesting binnen alle vormen van bemestingsstrategieën. In tabel 17 wordt aangegeven:

- wat op dit moment de gebruikelijke invulling is op akkerbouwbedrijven;
- welke mogelijkheden elk van "de vijf juistheden van bemesting" zouden moeten hebben om maximaal flexibel te kunnen zijn; en
- welke factoren, kennis etc. beperkend zijn en die beantwoord moet worden wil de maximale flexibiliteit bereikt worden.

TABEL 17. Overzicht van factoren en kennis die de toepassing van "de vijf juistheden van bemesting" in toekomstige bedrijfs-, perceels- en gewasspecifieke bemestingsstrategieën beperken of kunnen versnellen.

"Juistheid"	Nu gebruikelijk	Noodzaak in toekomstige bemestingsstrategieën	Beperkingen
Juiste nutriënt	N, P, K, Mg, B, Cu, Zn, Mo	Alle essentiële plantenvoedende stoffen	i) kennis met betrekking tot gedrag en eigenschappen in bodem en gewas, ii) beschikbaarheid grondonderzoek-methoden, iii) beschikbaarheid van methoden van gewasonderzoek
Juiste gift	Advies op basis van chemisch grondonderzoek voorafgaand aan groeiseizoen of 1 * per 4 jaar	Bodem streefwaarden en adviesgiften afgeleid uit (chemisch, fysisch en of biologisch) grond- of gewasonderzoek voorafgaand of tijdens groeiseizoen met correcties gewasbehoeften, het tijdstip groeiseizoen, het opbrengstniveau en nalevering door bodem.	i) ontbreken van grondonderzoeksmethoden voor de fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid, ii) kennis over interacties tussen nutriënten bij de opname door het gewas, iii) onderzoeksresultaten waarmee verfijningen of correcties kunnen worden afgeleid voor gewassen en rassen, opbrengstniveau en nalevering door de bodem, iv) monitoringssystemen voor de actuele opname en behoefte van gewassen gedurende het groeiseizoen, v) rekenmodellen waarmee resterende meststofbehoefte kan worden bepaald.
Juiste meststof	Kunstmest in combinatie met dierlijke mest	Een breed scala aan meststoffen die variëren in samenstelling, werking, vorm bijvoorbeeld korrels, vloeistof, gas, dierlijk, compost, digestaat, korrel, pellets, slow release, combinaties	i) behoefte aan meststoffen die de chemische, biologische en fysische bodemvruchtbaarheid gericht en in positieve zin kunnen beïnvloeden, ii) gegarandeerde samenstelling en werking van meststoffen in plaats, tijd en hoeveelheid, iii) inzicht in wettelijke mogelijkheden en type meststof, iv) onvoldoende inzicht in beschikbaarheid, prijzen en risico's van (nieuwe) meststoffen.
Juiste toedieningsmethode	Breedwerpig bij minerale meststoffen en breedwerpig en direct inwerken bij organische meststoffen	Beschikbaarheid aan een breed scala aan methoden: breedwerpig, plaatsing/injectie, over gewas sproeien, slangenmethode, fertigatie	i) beschikbaarheid van apparatuur, ii) kosten van toediening + arbeid + apparatuur, iii) bedrijfszekerheid van apparatuur, iv) gewicht in relatie tot structuur en draagkracht grond, v) effect van toedieningsmethode op werking van meststoffen.
Juiste tijdstip	Vlak voor zaaien of poten	Najaar, vlak voor zaaien of poten, tijdens het groeiseizoen	i) wettelijke toegestane perioden van toediening bij bepaalde meststoffen, ii) niet alle meststofftypen zijn gewas of bodemschade toe te dienen, iii) effect van toedieningsmethode op de werking van meststoffen, iv) kosten voor arbeid.

Geraadpleegde literatuur

1. Anonymus 2010. Bemestingsadvies voor de akkerbouw; <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/adviesbasis-voor-de-bemesting-van-akkerbouwgewassen>
2. Anonymus 2007. Handboek Meststoffen, www.nmi-agro.nl.
3. Erp van P.J. 2002. The potentials of multi-nutrient soil extraction with 0.01 M CaCl₂ in nutrient management. Proefschrift Wageningen Universiteit. 237 pp.
4. Marschner, H. 2003. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press
5. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition, 849 pp
6. Smit, A.L., P. de Willigen, A.A. Pronk. 2009. Plaatsing als strategie voor een efficiëntere fosfaatbemesting; literatuur en modelonderzoek. Plant Research International Wageningen , rapport 216, 42 pp

BIJLAGE 1. Samenvatting bestudeerde proeven

Deel A: Samenvatting coderingen stamtabel

Coderingen tabel 1

code	Gewas	code	methode toediening	code	type meststof
CSA	consumptieaardappelen	blb	bladbemesting	dm	drijfmest
FBA	fabrieksaardappelen	toev	toevoeging vkm	km	kunstmest
GZD	graszaad	fer	fertigatie	kalkm.	kalkmeststof
LBE	landbouwerwten	inj	injectie	km	kunstmest
PAA	pootaardappelen	str	volvelds strooien	v/b	vloeibare meststof
SKB	suikerbieten	rij	rijbemesting		
WPN	winterpeen	ow	onderwerken	code	bepalend effect
WGT	wintergerst			dg	deling gift
WTR	winterrogge			€	financiële opbrengst
WTT	wintertarwe			tm	tussentijds meten
ZMG	zomergerst	code	nutriënt	kw	kwaliteit
ZUE	zaaiuien	Ca	calcium	eff	efficiëntie meststof
BCL	broccoli	Cl	chloride	rij	rijbemesting / plaatsing
BKL	bloemkool	K	kaliium	sr	slow release
CKL	Chinese kool	Mg	magnesium	ds	droge stof productie
PRI	prei	N	stikstof	km	kwaliteit org. Mest
SKL	spruitkool	P	fosfaat	gb	gewasbescherming
WKL	witte kool	pH	-log H +	fer	fertigatie
WTL	witlof	S	zwavel		

code	doel proef	literatuurbron
gbw	gebruikswaarde	Kennis A.
int	interactie	PAGV 89
opd	opdelen gift	PAGV -jaarboeken
opt	optimalisatie advies	SIO 90
rgk	relatie gift/kwaliteit	
sys	systeemvergelijking	Stichting Interprovinciaal Onderzoekcentrum voor Akkerbouw en groenteteelt

gewascode	CSA	ZMG	GZD	SKB	WTT	PAA	CSA	CSA	CSA	CSA	CSA	CSA	CSA	SKB	SKB
grond soort	20	20	20	10	00/20	10	20	20	20	20	20	20	20	20	10
nutriënt	N	N	N	N	P	N	N,P,K	Ca	Ca	K/Cl	N	N	N	N	N
doel	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw
verslag jaar	2009	2008	2007	2004	2001	1995	1992	1992	1992	1989	1989	1989	1991	1990	1990
aantal jaren	3	3	4	2	3	2	3	3	2	2	2	2	1	1	1
aantal proeven	1	1	1	1	51	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1
hoeveelheid						stand.	175-609	0-75	0-400	150K/100 Cl	0-170	0-150			
basis			1/3 - 2/3	0 - 150			175-609		0-400		0-120	0-120			
1e gift			1/3		60/150		50				0/50	0/40			
tijdstip							juli	poten							
2e gift			1/3		66/69										
tijdstip															
3e gift					38/44										
tijdstip															
4e gift															
tijdstip															
methode toediening															
type meststof	dm	dm	inj	Toev	str	blb	ow/str	ow/rij	str	str	str	str	str	str	str
droge stof	+/-	dm	dm/km	dm	km	vib	dm	km	km	km	km	km	km	km	km
€ / kwaliteit		+/-	+	+	+/-	+/-	(+)	+/-	+	+/-	+/-	+	+	+	+
efficiëntie							+/-								
methode							-								
bepalend voor effect			€	€	tm	kw	€	gb	kw	kw	kw	kw	sr	sr	sr
literatuur referentie	Kennis A.	Kennis A.	Kennis A.	Kennis A.	Kennis A.	PAGV 95	PAGV 92	PAGV 92	PAGV 89	PAGV 89	PAGV 89	PAGV 89	SIO 90	SIO 90	SIO 90

verdeling meststoffen

tijdens de teelt

effecten opbrengsten

gewascode	PRI	FBA	FBA	FBA	FBA	FBA	FBA	FBA	CSA/PAA FBA	CSA	FBA	WTT	FBA	GZD	ZUE
grond soort	50	50	10/50	10	50	10/50 20			10/50 20		50	20	10-50	20/10	20
nutriënt	N	N	N	N	N	Mg			Mg	N/P	N	N	N	N	N
doel	gbw	gbw	gbw	gbw	gbw	grw			grw	int	opd	opd	opd	opd	opd
verslag jaar	1990	1989	2003	2003	1989	2004			2004	2008	1995	1995	1992	2005	1995
aantal jaren	1	1	1/9	3	1	2			2	3	2	8	2	3	2
aantal proeven	1	1	2	2	1	3			3	1	4	61	2	2	
hoeveelheid	0/270	100/300	100/250	100-130 + aa	0/320	2,5-40			2,5-40	0-300	210	238	200	70-205	80-120
basis	75 / aa	100/300	101/250	100/130	0/80	40			40	200 N	120	0	200/120		
1e gift				aa						100 N	aa	100	80/40	30	40
tijdstip	75 / aa											jan.			7
2e gift				aa							aa	60	40	60	
tijdstip	75 / aa											dc 31- 32			
3e gift				aa							aa	40			
tijdstip												dc 41- 45			
4e gift											aa				
tijdstip															
methode															
toediening	str	str	str	str	str	str/sp			str/sp	str	str		str	str	str
type meststof	km	km	km	dm + km	kdm/km	km + vlb			km + vlb		km		km	km	km
droge stof	--	+/-	+	-	+	+/-			+/-	N ++	ubg +	+	+/-	+	+/-
€ / kwaliteit	-	+/-	+	-	+	ubg +/-					ubg +		+/-	+	+/-
efficiëntie					+/-					+		87	+		+/-
methode												b/o b			
bepalend voor															
effect	eff	eff	eff	tm	eff	-			-	-	-	-	tm/dg	dg	dg
literatuur		sr													
referentie	SIO 90	SIO 89	Kennis A.	Kennis A.	SIO 89	SIO 93			Kennis A.	Kennis A.	PAGV 94	PAGV 94	PAGV 94	Kennis A.	PAGV 95

verdeling mestgiften

tijdens de teelt

effecten
opbreng-
sten

gewascode	WTR	WTG	SKL	CSA	SKB	SKB	SKB	FBA	CSA	BLK	ZUE	SKL	BCL
grond soort	20	20	20	71	10 - 20	10	10/50	10	20	20	20	50	20
nutriënt	N	N	N	K	N	N	N	N	N	N	N	N	N
doel	opd	opd	opd	opd	opd	opd	opd	opd	opd	opd	opd	opd	opd
verslag jaar	1986	1986	1986	1993	1992	1992	1989	1989	1989	1995	1995	1994	1994
aantal jaren	3	3	3	3	7	3	5	5	3	3	4	3	3
aantal proeven	6	1	2	1	1	1	3	3	2	3	8	1	1
hoeveelheid	140-220	120	150/375	0-800	0-130	105-205 105+0-100	50-200	120-360	80/240		0-150	330 - N-min	0-220
basis	20/110	0/30/60	75/225	160-300	0-90	25-50	25-50	120-300	80-140	225-N-min	48-N-min	0-120	0-158
1e gift	30/60	30	75	250/500	0-40		mrt/apr	60	50		131-N-min	0-60	0-220
tijdstip	F5	05/03	5-8		4 blad			juni	mei		4blad	juni	
2e gift	30/60	30/60	75/150	250			25	60	50		86-N-min	0-60	
tijdstip	F5	20/04	25-9	juni			juli	juli	juni		bolvorming	juli	
3e gift	30/60	30/60					60	60				0-60	
tijdstip	F6/7	06/05					juli	juli				sept	
4e gift	40/80	30/60					60	60					
tijdstip	F9/10	23/05					aug	aug					
methode toediening	str	str	str	str	str	ow/str/rij	str	str	str	str/rij	str	str	str
type meststof	km	km	km	km	km	dm + km	km	Km	km	km	km	km	km
droge stof	+/-	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+ N	+ +/-	+	+	+/-	+	+/-
€ / kwaliteit	+	+	+	+	+/-	+/-	N+	+/-	+	+/-	+/-	+	+/-
efficiëntie	+/-		+		+	+	+			-	+ ¹⁾		+/-
methode													
bepalend voor effect	kw	dg	dg	kw	dg/sr	rij	dg	Dg	eff	eff	rij	dg	bg
literatuur referentie	PAGV 86	PAGV 86	PAGV 86	PAGV 93	PAGV 92	PAGV 92	PAGV 92	PAGV 89	PAGV 89	PAGV 95	PAGV 95	PAGV 94	PAGV 94

verdeling meststoffen

tijdens de teelt

effecten-
opbreng-
sten

gewascode	BCL	SKL	PRI	FBA	FBA	WTR	WPN	CSA/PAA/ZMG	GZD	SKB	WTT	ZUE	ZUE
grond soort	50	50	50	50	50	10	50	20 / 10	20	10 20	10/20/71	20	20
nutriënt	N	N	N/K	N	N	N	N	N	S	S	S	N	N
doel	opd	opd	opd	opt	opt	opt	opt	opt	opt	opt	opt	opt	opt
verslag jaar	1994	1992	1992	1993	1993	1985	1985	2008	2004	2006	2000	2005	2005
aantal jaren	3	2	1	2		1	1	3	3	2	4	3	3
aantal proeven	1	1	1	4		1	1	9	6	5	4		3
hoeveelheid	0-270	0-320	120-N- min	210	126	80-160	0-75	aa	0-54	30	0-80	50-250	100-200
basis	0-130	0-320	120	120		60	75	aa		30	40	125	100
1e gift	0-270	0-50	75/aa	aa		40		aa			40	125	100
tijdstip		juli				F6							
2e gift		0-50	75/aa	aa		40		aa					
tijdstip		sept				F10							
3e gift				aa									
tijdstip													
4e gift				aa									
tijdstip													
methode													
toediening	str	str	fer	str	2	str	str	str	str	str	str	str	str
type meststof	km	km	km/vlb	dm	dm	km	km	km	km	km	km	km	km
droge stof	+/-	+	+/-				+/-		+	+/-	+		
€ / kwaliteit	+/-	+	+/-	ubg +		+				+/-		+/-	+
efficiëntie	+/-		+										
methode													
bepalend voor effect	-	dg	fer	-	-	-	-	eff	-	€	eff	kw	kw
literatuur referentie	PAGV 94	PAGV 92	PAGV 92	PAGV 93	PAGV 93	PAGV 94	PAGV 94	Kennis A.	Kennis A.	Kennis A.	Kennis A.	Kennis A.	Kennis A.

verdeling meststoffen

tijdens de teelt

effecten opbrengsten

gewascode	CNK	WTL	WTK	FBA	BCL	FBA	SKB /FBA	FBA	FBA	CSA	WTT	CSA	CSA
grond soort	20	20	20	50	50	50	10/50	10/50	10/50	20	20	10	20
nutriënt	N	Mg	N	pH	N	N	pH	N	N	N	N	N	N
doel	opt	opt	opt	opt	opt	opt	opt	opt	opt	rgk	rgk	sys	sys
verslag jaar	1989	1995	1995	1991	1992	1991	1989	1991	1999	1995	1989	2002	2001
aantal jaren	1	3	2	4	1	1	1	1	3	3	3	3	3
aantal proeven	1	1	3	2	1	1	4	1	34	2	1	1	1
hoeveelheid	150	0-260	330 - 1,5x N- min	4,7 / 6,3 5	130- 220	0-200	niveaus	0-200	205	400	80/240	0-320	
basis		0-260		niveaus	130	65/100		65/100	2/3	-	80	120 N /dm	
1e gift					0-220	50/100		50/100	aa		60		
tijdstip					juni						GS22		
2e gift						50/100		50/100	aa		40-120		
tijdstip											gs32		
3e gift											40		
tijdstip											GS55		
4e gift													
tijdstip													
methode toediening	fert	str/blb			str	str/rij	str	str	str	str	str	fert	fert
type meststof	v/b	km/v/b		kam	km	km	kam	km	km	km	km	v/b	v/b
droge stof	+	+/-		-	+	+/-	++	+/-	dm + km		+	(+)	(+)
€ / kwaliteit	+/-	+/-		-	+	+/-	++	+/-	+	bk +/-	+	(+)	(+)
efficiëntie	(+)					+/-			+				+
methode													
bepalend voor effect	fer	-		€	€	-	€	€	eff	-	kw	-	-
literatuur referentie	PAGV 89	PAGV 95	PAGV 95	SIO 92	SIO 92	SIO 91	SIO 90	SIO 92	Kennis A.	PAGV 95	PAGV 89	Kennis A.	Kennis A.

verdeling meststoffen

tijdens de teelt

effecten
opbreng-
sten

verdeling meststoffen	gewascode	div. akkerbouw
	grondsoort	40/20
tijdens de teelt	nutriënt	K
	doel	
	verslag jaar	
	aantal jaren	9
	aantal proeven	1
	hoeveelheid	
	basis	0-600
	1e gift	
	tijdstip	
	2e gift	
tijdstip		
3e gift		
tijdstip		
4e gift		
tijdstip		
effecten op-brengsten	methode toediening	str
	type meststof	km
	droge stof	+/-
	€ / kwaliteit	
	efficiëntie	
	methode	
	bepalend voor effect	eff
literatuur referentie	PAGV 92	