

Aanvullend onderzoek mineralenconcentraten 2009-2010 op bouwland en grasland

Samenvatting van de resultaten uit de veldproeven en bepaling van de
stikstofwerking

Willem van Geel, Wim van den Berg, Wim van Dijk & Romke Wustman

© 2011 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door de opdrachtgever/financier. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Oprachtgevers voor het onderzoek:

Biogreen Salland in 2009 en 2010
ZLTO Projecten in 2010

Financiers van het onderzoek:

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie in 2010
Provincies Drenthe, Groningen en Overijssel voor Noord Nederland in 2009 en 2010

Projectnummers: 32 501 792 00 en 32 501 793 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector akkerbouw, groene ruimte en vollegrondsgroententeelt

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 – 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	9
2 ONDERZOEKSOPZET EN AFLEIDING N-WERKING	11
2.1 Opzet van het onderzoek.....	11
2.1.1 Gewassen	11
2.1.2 Proefobjecten.....	11
2.2 Afleiding van de N-werking	13
3 RESULTATEN 2009-2010.....	15
3.1 Zetmeelaardappel.....	15
3.1.1 Proef van 2009	15
3.1.2 Proef van 2010	15
3.2 Consumptieaardappel	16
3.2.1 Proef 2010 op zand.....	16
3.2.2 Proef 2010 op klei.....	17
3.3 Wintertarwe.....	18
3.3.1 Proef van 2009	18
3.3.2 Proef van 2010	19
3.4 Zomergerst.....	20
3.4.1 Proef van 2009	20
3.4.2 Proef van 2010	20
3.5 Snijmaïs.....	20
3.6 Grasland	21
4 STIKSTOFWERKING.....	25
4.1 Zetmeelaardappel.....	25
4.2 Consumptieaardappel	27
4.3 Wintertarwe.....	29
4.4 Zomergerst.....	31
4.5 Snijmaïs.....	33
4.6 Grasland	34
5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	35

Samenvatting

Bij mestscheiding volgens het proces van ultrafiltratie en omgekeerde osmose ontstaat een mineralenconcentraat (MC), dat voornamelijk stikstof en kali bevat en wordt beoogd als kunstmestvervanger. Voor (wettelijke) erkenning als kunstmestvervanger is het belangrijk dat de stikstofwerking van het MC hoog is. In 2009 is de Rijksoverheid (de ministeries van LNV thans EL&I en VROM thans I&M) samen met het landbouwbedrijfsleven (LTO en NAV) een pilot gestart waarbinnen onder andere onderzoek plaatsvindt naar de landbouwkundige en milieukundige effecten van het gebruik van mineralenconcentraten. Daartoe zijn ondermeer verdiepende veldproeven uitgevoerd in 2009 en 2010 met aardappelen en grasland. Als aanvulling op deze pilot wordt van 2009 t/m 2011 een project uitgevoerd waarin een goede toedieningstechniek met praktijkmachines centraal staat. Dit project omvat veldproeven en demonstraties in diverse akkerbouwgewassen, in snijmaïs en op grasland. Dit verslag vat de resultaten van deze aanvullende veldproeven in 2009 en 2010 samen en gaat ook in op de stikstofwerking van het MC in de diverse proeven bij verschillende toedieningstechnieken. De proeven zijn in 2009 en 2010 uitgevoerd met zetmeelaardappelen op dalgrond, wintertarwe op zware zeeklei (Oldambt) en zomergerst op dalgrond (2009) en NO zandgrond (2010). Verder zijn in 2010 proeven uitgevoerd op ZO zandgrond met consumptieaardappelen, snijmaïs en op grasland en op ZW zeeklei met consumptieaardappelen.

In de aardappelproeven op zand- en dalgrond is het MC toegediend als basisbemesting vóór poten met een bouwlandinjecteur. In de proef op klei is het door een misverstand oppervlakkig toegediend en een dag later ingewerkt. Verder is in de proef op klei een basisbemesting van varkensdrijfmest (VDM) + MC gegeven. In alle aardappelproeven is ook bijbemest met MC met de slangenmachine. Met deze machine wordt het MC met slangen oppervlakkig tussen de ruggen toegediend. Deze techniek wordt (nog) niet als emissie-arm erkend.

In de wintertarweproeven is het MC toegepast als tweede stikstofgift met een sleufkouter en in de zomergerst als eenmalige gift vóór zaai met een bouwlandinjecteur. Tevens is het in beide graangewassen met slangen/oppervlakkig toegediend.

Om de stikstofwerking van het MC bij de verschillende toepassingen te kunnen afleiden, is in alle hierboven beschreven proeven een stikstoftrappenreeks met KAS (als basisbemesting) aangelegd. De N-werking is in de meeste gevallen afgeleid op basis van de N-opname in het geogste product, omdat hiermee de N-respons het beste c.q. nauwkeurigste kon worden beschreven.

In de snijmaïsproef is geen N-trappenreeks aangelegd en lag het accent vooral op verschillende toepassingsmomenten van het MC: volvelds (bouwlandinjectie) vóór zaai, rijenbemesting (met een kouter) bij zaai en rijenbemesting na zaai. Het MC is vergeleken met KAS (beide op een niveau van 100 kg N/ha), toegediend op dezelfde momenten en overeenkomstige wijze. Bij de rijentoepassing na opkomst is een variant aangebracht met een startgift KAS in de rij bij zaai en zonder startgift.

In de proef op grasland is het MC met een zodebemester aangewend, gemengd met een basisgift runderdrijfmest (RDM) en apart als aanvulling op de basisgift RDM. Als referentie gold een basisgift RDM zonder aanvullende N bemesting en met twee aanvullende N-trappen met KAS. Er is op deze wijze vier keer bemest met RDM, MC en KAS tijdens het groeiseizoen, waarbij de totale hoeveelheid stikstof per object in vier gelijke delen is verdeeld over de vier snedes van het grasland.

De toegediende hoeveelheid stikstof met het MC betrof in alle gevallen een suboptimale gift om een verschil t.o.v. KAS zo duidelijk mogelijk tot uiting te kunnen laten komen. De kaligift is bij alle objecten gelijk gehouden d.m.v. kunstmestkali. De fosfaataanvoer met MC is verwaarloosbaar.

Bij alle gewassen is de marktbaar opbrengst bepaald, de productkwaliteit (behalve bij maïs en gras), de drogestofopbrengst en de stikstofopname in het geogste product.

In de zetmeelaardappelproef van 2009 was er geen respons van het gewas op de bemesting met MC. Hierdoor is deze proef voor het afleiden van de N werking van MC ongeschikt bevonden en niet meegenomen in de beoordeling van het MC.

In de consumptie-aardappelproef van 2010 op klei trad structuurschade op door het berijden van de grond met de mestmachine. Dit had negatieve gevolgen voor de opbrengst, die in verhouding tot de N-opname, achterbleef. Bij toepassing van MC in het vroege voorjaar op kleigrond is het risico van structuurschade, evenals bij toediening van onbewerkte drijfmest, een knelpunt.

In de overige proeven kon het effect van MC op de gewasgroei en –opbrengst goed worden verklaard uit de stikstofwerking van het MC. Bij de rijenbemesting in maïs heeft mogelijk de plaatsing van kali in de rij met het MC de opbrengst extra verhoogd ten opzichte van volvelds toediening van kali bij de kunstmestobjecten.

Bij toepassing van het MC via bouwlandinjectie vóór poten of zaaien van het gewas was de N werking van het MC in de meeste proeven gelijkwaardig aan de werking van KAS. Enige uitzondering hierop was de zomergerstproef op zand in 2010. Hier bedroeg de N-werking slechts 40%, waarvoor geen goede verklaring is.

Bij toepassing van het MC op grasland met een zodebemester was de N-werking van het MC eveneens gelijkwaardig aan die van KAS. Toediening van MC gemengd met drijfmest leidde tot een lagere N-werking dan het apart toedienen van het MC.

Bij toepassing van het MC als 2^e gift in wintertarwe met een sleufkouter was de N-werking in de proef van 2009 met circa 70% conform verwachting (meer risico van ammoniakvervluchtigingsverlies dan bij bouwlandinjectie), maar lager dan die van KAS. In de tarwe proef van 2010 was de N-werking echter hoger en zelfs gelijkwaardig aan die van KAS.

In de wintertarwe- en zomergerstproef van 2010 was de N-werking van het MC bij oppervlakkige toediening (slangenmachine) duidelijk lager dan bij emissiearme aanwending. Daarentegen was de N-werking bij oppervlakkige toediening in de wintertarwe- en zomergerstproef van 2009 en de aardappelproef op klei in 2010 niet lager. Het is (nog) niet duidelijk welke factoren bij niet-emissiearme aanwending van het MC de N-werking beïnvloeden.

De bijbemesting van MC met slangen in de aardappelproeven op zand- en dalgrond in 2010 gaf een gelijkwaardige N-werking als bijbemesting met KAS en in de kleiproef een lagere, mogelijk door minder grondbedekking door het loof in de kleiproef (50% tegenover $\geq 80\%$ in de proeven op zand- en dalgrond) vanwege droogte.

In de snijmaïsproef was de N-werking van het MC bij alle toepassingen gelijkwaardig aan KAS, uitgezonderd bij de rijtoepassing na opkomst waarbij reeds een startgift met KAS in de rij was toegediend bij zaai.

Tabel S-1 geeft per proef een overzicht van de beoordeling van de stikstofwerking van het MC ten opzichte van KAS bij de verschillende toedieningsmomenten en verschillende toedieningsmethoden. Indien de stikstofwerking van het MC niet statistisch betrouwbaar verschilde van de werking van KAS, is deze beoordeeld als gelijkwaardig aan KAS.

Tabel S-1. **N-werkingscoëfficiënt van het MC in de verschillende proeven**

Proef	Toedienings- moment	Toedienings- methode	Beoordeling stikstofwerking van het MC
Zetmeelaard. dalgrond, 2010	basisbemesting bijbemesting	bouwlandinjectie slangen	gelijkwaardig aan KAS gelijkwaardig aan KAS
Consumptieaard. ZO zand, 2010	basisbemesting bijbemesting	bouwlandinjectie slangen	gelijkwaardig aan KAS gelijkwaardig aan KAS
Consumptieaard. ZW klei, 2010	basisbemesting idem i.c.m. VDM bijbemesting	oppervlakkig oppervlakkig slangen	gelijkwaardig aan KAS lager dan KAS lager dan KAS
Wintertarwe zware zeeklei, 2009	2 ^e gift 2 ^e gift 2 ^e gift i.c.m. 3 ^e gift KAS	sleufkouter slangen sleufkouter	lager dan KAS gelijkwaardig aan KAS gelijkwaardig aan KAS
Wintertarwe zware zeeklei, 2010	2 ^e gift 2 ^e gift 2 ^e gift i.c.m. 3 ^e gift KAS	sleufkouter slangen sleufkouter	gelijkwaardig aan KAS lager dan KAS gelijkwaardig aan KAS
Zomergerst dalgrond, 2009	basisbemesting basisbemesting	bouwlandinjectie oppervlakkig	gelijkwaardig aan KAS gelijkwaardig aan KAS
Zomergerst zandgrond, 2010	basisbemesting basisbemesting	bouwlandinjectie oppervlakkig	lager dan KAS lager dan KAS
Snijmais ZO zand, 2010	vóór zaaien bij zaai na opkomst na opkomst i.c.m. startgift KAS bij zaai	bouwlandinjectie kouter kouter kouter	lijkt beter dan KAS gelijkwaardig aan KAS gelijkwaardig aan KAS lager dan KAS
Grasland ZO zand, 2010	vóór elke snede, apart vóór elke snede, gemengd met VDM	zodebemester zodebemester	gelijkwaardig aan KAS gelijkwaardig aan KAS

1 Inleiding

Bij mestscheiding volgens het proces van ultrafiltratie en omgekeerde osmose ontstaan een dikke fractie en een geconcentreerde dunne fractie ofwel mineralenconcentraat (MC). Dit concentraat bevat vooral stikstof en kali en wordt beoogd als kunstmestvervanger. De stikstof is hoofdzakelijk aanwezig in minerale vorm, als ammonium. Het aandeel organische stikstof is gering (<10%).

Voor de toepassing van MC als meststof is het van belang dat de stikstofwerking bekend is. De N-werking is het percentage van de totale stikstof in het MC dat eenzelfde effect heeft als zorgvuldig toegediende kunstmeststikstof (in dit geval KAS). Als bijvoorbeeld 100 kg N-totaal per ha uit dierlijke mest tot eenzelfde productie of stikstofopname door het gewas leidt als 70 kg N/ha uit KAS, dan bedraagt de N-werking van de dierlijke mest 70%.

Voor (wettelijke) erkenning van mineralenconcentraten als kunstmestvervanger is het belangrijk dat de stikstofwerking hoog is. De werking zal wat lager zijn dan van kunstmeststikstof (KAS) door enige ammoniakemissie (combinatie van ammonium en hoge pH van het product) en doordat een klein deel van de stikstof aanwezig is in organische vorm en geleidelijk vrijkomt. De verwachting is dat de N-werking van MC uitkomt op 90-95% ten opzichte van KAS. De risico's van ammoniakemissie kunnen worden beperkt door het concentraat met emissie-arme technieken toe te dienen.

In 2009 is de Rijksoverheid (de ministeries van LNV thans EL&I en VROM thans I&M) samen met het landbouwbedrijfsleven (LTO en NVV) een pilot gestart waarbinnen onder andere onderzoek plaatsvindt naar de landbouwkundige en milieukundige effecten van het gebruik van mineralenconcentraten. Daartoe zijn onder meer verdiepende veldproeven uitgevoerd in 2009 en 2010 met aardappelen en grasland.

Om het draagvlak voor toepassing van MC te verhogen en een breder beeld te verkrijgen van de toepassingsmogelijkheden in meerdere gewassen, is aanvullend op de pilot een onderzoeksproject gestart in 2009 waarin een goede toedieningstechniek met praktijkmachines centraal staat. Dit onderzoek vond het eerste jaar alleen nog in Noordoost Nederland plaats, maar is in 2010 uitgebreid naar Zuid Nederland. Het onderzoek wordt in 2011 voortgezet. Het onderzoeksproject omvat zowel veldproeven als demonstraties in diverse akkerbouwgewassen, snijmaïs en op grasland.

Het onderzoek is in 2009 en 2010 gefinancierd door de provincies Overijssel, Drenthe en Groningen. In 2010 heeft ook het ministerie van EL&I financiering beschikbaar gesteld voor de uitvoering van het project in 2010 en 2011, waarbij de mogelijkheid is geboden is om alle beschikbare middelen reeds in 2010 in te zetten indien de cofinanciering van de andere partijen nog niet rond was.

Dit verslag vat de resultaten van de MC-proeven in 2009 en 2010 samen en gaat met name in op de stikstofwerking van het MC. In hoofdstuk 2 is de opzet van de proeven beschreven en de werkwijze die is gevolgd om de stikstofwerking af te leiden. Hoofdstuk 3 geeft een samenvatting van de resultaten van de verschillende proeven, die zijn beschreven in de verschillende deelrapportages (zie hieronder). Hoofdstuk 4 beschrijft de afgeleide stikstofwerking per proef. In hoofdstuk 5 worden de resultaten bediscussieerd en worden voorlopige conclusies getrokken.

De afzonderlijke proeven zijn verslagen in de verschillende deelrapportages onder de hoofdtitel "Aanvullend onderzoek mineralenconcentraten 2009-2010 op bouwland en grasland":

- Onderzoek RO-concentraat Biogreen in 2009 (april 2010). PPO-project 32 501 457 00. Door: K.H. Wijnholds en R. Wustman.
- Rapportage van de resultaten van de veldproeven in wintertarwe (klei), zomergerst (zand) en zetmeelaardappelen (dalgrond) in NO-Nederland in 2010 (januari 2011). PPO-project 32 501 792 00. Door: K.H. Wijnholds.
- Toepassing mineralenconcentraat in consumptieaardappelen locatie Westmaas, 2010 (oktober 2010). PPO-project 32 501 793 00. Door: J.J. Slabbekoorn.
- Onderzoek Mineralenconcentraten in consumptieaardappelen en snijmaïs in ZO – NL 2010 (november 2010). PPO-project 32 501 793 00. Door: H. Verstegen.
- Stikstofwerking in grasland bij aanwending apart en gemengd met drijfmest, resultaten 2010. Door: K. Verloop & R. Geerts (Plant Research International).

2 Onderzoeksopzet en afleiding N-werking

2.1 Opzet van het onderzoek

2.1.1 Gewassen

Het aanvullend onderzoek mineralenconcentraten startte in 2009 in Noordoost Nederland en is in 2010 uitgebreid naar Zuid Nederland. De effecten van mineralenconcentraten zijn onderzocht in veldproeven in:

Noordoost Nederland

- zetmeelaardappelen in 2009 en 2010 op dalgrond (proefboerderij 't Kompas te Valthermond);
- wintertarwe in 2009 en 2010 op zware zeeklei (proefboerderij Ebelsheerd te Nieuw Beerta (Oldambt));
- zomergerst in 2009 op dalgrond (proefboerderij 't Kompas) en in 2010 op zandgrond (proefboerderij Kooijenburg te Rolde);

Zuidoost Nederland

- consumptieaardappelen en snijmaïs in 2010 op zandgrond (proefboerderij Vredepeel);
- grasland op zandgrond (op een praktijkbedrijf uit het project Koeien en Kansen)

Zuidwest Nederland

- consumptieaardappelen in 2010 op kleigrond (proefboerderij Westmaas).

Het mineralenconcentraat in de proeven in Noordoost Nederland is betrokken van Biogreen Salland te Heeten. Het mineralenconcentraat in de proeven in Zuid Nederland is betrokken van Kumac te Deurne. In beide gevallen betreft het mineralenconcentraat met als oorsprong varkensdrijfmest.

2.1.2 Proefobjecten

In de *aardappelproeven (zetmeel- en consumptie-) op zandgrond* is het MC toegediend als basisbemesting vóór poten met een bouwlandinjecteur en als bijbemesting met een slangenmachine bij $\geq 80\%$ grondbedekking met groen loof. Dit was het geval rond 1 juli in de zetmeelaardappelproeven en half juni in de consumptieaardappelproef op zuidoostelijk zand.

Met de slangenmachine wordt het MC tussen de aardappelruggen toegediend via slangetjes die over de grond slepen. Deze techniek voldoet niet aan de wettelijke regels voor emissie-arme toediening en is in praktijk niet toegestaan. Voor het onderzoek is door LNV (thans EL&I) een ontheffing verleend.

Met de huidige praktijkapparatuur is het niet mogelijk om het MC in het gewas tussen de ruggen emissie-arm toe te dienen. Een belangrijke onderzoeksvraag is daarom of door toepassing van het MC met de slangenmachine in een gesloten gewas, de ammoniakemissie door de parapluwerking van het loof dermate wordt beperkt dat de N-werking vergelijkbaar of slechts weinig lager is dan die van kunstmest.

In de *consumptieaardappelproef op klei* was het de bedoeling om het concentraat als basisbemesting vóór poten toe te dienen met een zodebemester (minder kans op structuurschade van de bodem dan met een bouwlandinjecteur). Echter, door een misverstand is het concentraat oppervlakkig toegediend met een slangenmachine (onder droge omstandigheden) en pas een dag later ingewerkt.

In deze aardappelproef is ook een object opgenomen waarbij concentraat en varkensdrijfmest (VDM) vlak achter elkaar zijn toegediend. Hiermee werd beoogd de toediening van een mengsel van MC en VDM te simuleren. Menging van MC (dat hoofdzakelijk N en K bevat) met VDM resulteert in een product met een NPK-verhouding die beter aansluit bij de gewasbehoefte. Nu moet bij gebruik van enkel VDM nog extra stikstof en kali uit kunstmest worden toegediend.

Verder is het MC in deze proef begin juli als bijbemesting toegediend met een slangenmachine. Door een langzame begingroei als gevolg van droogte, bedroeg de grondbedekking op dat moment nog maar 50%. LNV heeft toestemming gegeven om het toch toe te dienen, ondanks dat er geen 80% grondbedekking was. Hierdoor was het risico op verlies van stikstof via ammoniakemissie hoger met als gevolg een mogelijk lagere N-werking.

In de *wintertarweproeven* is het MC toegepast als tweede stikstofgift. De eerste stikstofgift is toegediend

met kunstmest en bij alle objecten gelijk gehouden: 150 – Nmin(0-100). Het MC is toegediend met een sleufkouter. Echter, omdat deze machine risico geeft van rij- en snijschade, wil de praktijk graag gebruik maken van de slangenmachine. Ter vergelijking is het MC daarom ook hiermee toegediend.

In *zomergerst* is het MC toegediend vóór zaai, als eenmalige bemestingsgift, met een bouwlandinjecteur. Tevens is een extra variant aangelegd waarbij het MC oppervlakkig is toegediend (niet in de grond is gebracht of direct is ingewerkt). De laatste methode is wettelijk niet toegestaan in de praktijk.

Om de stikstofwerking van het MC bij de verschillende toepassingen te kunnen afleiden, is in alle hierboven beschreven proeven een stikstoftrappenreeks met KAS (basisbemesting) aangelegd. Aan de hand hiervan is een zogenoemde stikstofresponscurve opgesteld. De stikstofwerking van de MC-objecten kan dan worden afgeleid door vergelijking van de opbrengst of N-opname met de responscurve (zie verder onder paragraaf 2.2).

In geval van bijbemesting met MC is er ook eenzelfde N-bijmestgift met KAS toegediend. Aan de basis werd bij beide objecten een gift met KAS toegediend (dus alleen verschil in de gebruikte meststof voor de bijbemesting).

In de *snijmaïsproef* op zuidoostelijk zand is een andere proefopzet gehanteerd. Hier lag het accent vooral op verschillende toepassingsmomenten. Het MC kan in maïs in principe vóór zaai worden toegediend, maar veelal zal men in praktijk hiervoor toch liever drijfmest gebruiken. Dan ligt het meer voor de hand de aanvullende kunstmestgift (die doorgaans beperkt is tot een NP-startgift in de rij bij zaai en eventueel een aanvullende kaligift) te vervangen door MC. Bij hoge fosfaattoestand van de bodem is fosfaatrijenbemesting vaak niet nodig is, zodat MC hier goed zou kunnen passen. Een derde optie is om het MC pas na opkomst toe te dienen.

In de proef zijn deze drie toepassingsmoment met MC vergeleken (zonder drijfmestgift aan de basis):

- bouwlandinjectie vóór ploegen en zaaien;
- toediening bij zaai als rijenbemesting met een kouter, op 10 cm naast de zaairij en ±10 cm diep;
- toediening enkele weken na opkomst als rijenbemesting met een kouter, op 10 cm naast de zaairij en ±10 cm diep.

In het laatste geval is een variant aangebracht met een kleine startgift stikstof in de rij bij zaai (als KAS) en een variant zonder startgift.

Op dezelfde momenten is eenzelfde stikstofgift met KAS toegediend, volvelds gestrooid vóór ploegen en zaaien, als rijenbemesting met een kouter bij zaai dan wel naast de rij gestrooid na opkomst en ingewerkt.

In de proef op *grasland* is het MC gemengd aangewend met een basisgift runderdrijfmest (RDM) en apart aangewend, ongeveer een week later, als aanvulling op de basisgift RDM. De RDM en het MC zijn toegediend met een zodebemester. Als referentieobjecten zijn opgenomen: een basisgift RDM zonder aanvullende N-bemesting en met een aanvullende KAS-gift à twee niveaus (ook ongeveer een week later). Er is op deze wijze vier keer bemest met RDM, MC en KAS tijdens het groeiseizoen, waarbij de totale hoeveelheid stikstof per object in vier gelijke delen is verdeeld over de vier snedes van het grasland.

In alle proeven is alleen gekeken naar de N-werking van het MC. De toegediende hoeveelheid stikstof met het MC betrof in alle gevallen een suboptimale gift om een verschil t.o.v. KAS zo duidelijk mogelijk tot uiting te kunnen laten komen. De giften in de verschillende gewassen zijn vermeld in hoofdstuk 3.

De kaligift is bij alle objecten gelijk gehouden. De hoeveelheid kali die met het MC is toegediend, is bij de KAS-objecten in de vorm van kunstmestkali gegeven. De kaliwerking van dierlijke mest en derhalve ook van mestscheidingsproducten is 100%. De fosfaataanvoer met MC is verwaarloosbaar.

Bij alle gewassen is de marktbaar opbrengst bepaald, de productkwaliteit (behalve bij maïs en gras), de drogestofopbrengst en de stikstofopname in het geoogste product.

2.2 Afleiding van de N-werking

De resultaten van de proeven met de akkerbouwgewassen zijn per proef statistisch geanalyseerd met behulp van het statistische softwarepakket Genstat. Met een regressie-analyse is de respons op de stikstofgift met KAS beschreven van de variabelen marktbaar opbrengst (uitbetalingsgewicht voor zetmeelaardappel), drogestofopbrengst en stikstofopname in het geoogste product. Daarbij zijn drie modellen vergeleken (waarbij x de N-gift is):

- 1^e graads polynoom (rechte lijn): $a \cdot x + b$
- 2^e graads polynoom (parabool): $a \cdot x^2 + b \cdot x + c$
- exponentieel model: $a + b \cdot r^x$ (notatie in Genstat)

Daarna is bepaald bij welke variabele met welk model de N-respons het beste c.q. nauwkeurigste wordt beschreven. Als criterium hiervoor is een zo hoog mogelijk percentage verklaarde variantie gehanteerd. Vervolgens is bij deze combinatie van variabele en model bekeken met welke N-gift volgens de responscurve van het model het resultaat van het MC-object overeenstemt. Daarbij is tevens nagegaan of de nauwkeurigheid van het model kon worden verhoogd door, naast het gebruikelijke blokeffect, op verschillende andere wijzen rekening te houden met een mogelijk vruchtbaarheidsverloop binnen de proefvelden. Hiervoor is gebruikt gemaakt van de zogenoemde REML-analyse in Genstat.

In de maïsproef en de graslandproef was geen N-trappenreeks met KAS aangelegd en is de N-werking op een andere manier afgeleid. Bij deze proeven is de N-werkingscoëfficiënt bepaald door de zogenoemde schijnbare stikstofbenutting ofwel apparent nitrogen recovery (ANR) van de N-gift met MC te delen door de ANR van eenzelfde N-gift met KAS. De ANR geeft de extra N-opname door het gewas aan die het gevolg is van de N-bemesting, als percentage van de N-gift. Bij de maïsproef is de ANR berekend als:

$(\text{N-opname bemest object} - \text{N-opname nulobject}) / \text{N-gift}$

Bij de graslandproef is de ANR op eenzelfde wijze berekend, maar is niet uitgegaan van de extra N-opname t.o.v. het nulobject maar t.o.v. van de basisgift RDM.

3 Resultaten 2009-2010

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste resultaten uit de verschillende proeven samengevat. De cijfers in de tabellen zijn veelal direct overgenomen uit de deelrapportages. In het ene geval betrof dat relatieve waarden (indexcijfers) en in het andere geval absolute waarden. Dit is ter plaatste in de tabellen aangeduid.

3.1 Zetmeelaardappel

3.1.1 Proef van 2009

In de zetmeelaardappelproef van 2009 bleef de loofontwikkeling van het gewas zowel na de basis- als de bijbemesting met MC achter ten opzichte van een vergelijkbare N-gift met KAS in de proef (100 kg N/ha). Ook het veldgewicht (bruto-knolopbrengst), het uitbetalingsgewicht (UBG), de drogestofopbrengst en de N-opname in de knollen waren lager (tabel 1). In geval van de bijbemesting waren de verschillen in opbrengst en N-opname statistisch niet significant.

Het veldgewicht en de drogestofopbrengst waren na bemesting met MC niet hoger dan bij het nulobject. De N-opname in de knollen was bij de basisbemesting met MC ook niet hoger dan bij het nulobject en bij de bijbemesting weinig hoger (niet significant) dan na enkel een basisgift van 100 kg N/ha met KAS. De indruk is dat de stikstof uit het MC niet of nauwelijks heeft gewerkt.

De respons op N-bemesting was laag in de proef en de opbrengst en N-opname bij het nulobject relatief hoog. Daar de Nmin voor aanvang van de teelt (43 kg N/ha op 11 april in de laag 0-30 cm) niet bijzonder hoog was, heeft er waarschijnlijk een sterke N-mineralisatie plaatsgevonden op het proefveld. Onder dergelijke, stikstofrijke omstandigheden komen effect van of verschillen tussen stikstofmeststoffen doorgaans minder duidelijk tot uiting.

Tabel 1. Resultaten mineralenconcentraat in zetmeelaardappel op dalgrond in 2009

Basis- / bijbemesting	Meststof	Dosering (kg N/ha)	Veldgew. (relatief)	OWG ¹ (relatief)	Uitb. gew. (relatief)	DS-opbr. (ton/ha)	N-opname knollen (kg N/ha)
Basis	KAS	0	97	104	102	15,7	183
Basis	KAS	50	106	100	106	16,9	208
Basis	KAS	100	102	102	105	16,1	214
Basis	KAS	150	103	98	101	16,2	237
Basis	KAS	200	96	98	94	15,0	217
Basis	MC	±96	92	101	93	14,6	178
Basis + bijbemesting	KAS + KAS	100 + 70	105	98	103	16,5	241
Basis + bijbemesting	KAS + MC	100 + ±67	97	99	96	15,5	221
Gemiddeld	100 =		56,1 ²	524 ³	79,2 ²	15,8	212
LSD ⁴			10	3	11	1,5	25

¹ OWG = onderwatergewicht

² ton per ha

³ gram

⁴ LSD = kleinste, statistisch betrouwbare verschil

3.1.2 Proef van 2010

In de zetmeelaardappelproef van 2010 vertoonde het gewas na de basisbemesting met MC een wat betere loofontwikkeling dan bij een vergelijkbare N-gift met KAS (100 kg N/ha). Het veldgewicht was vrijwel gelijk (tabel 2), maar het OWG was lager (significant) alsook het UBG (niet significant) en de drogestofopbrengst (n.s.). De N-opname in de knollen was daarentegen hoger (n.s.). Het loof bleef na de basisbemesting met MC langer groen dan bij KAS. Dit duidt op een hogere of langere N-werking en verklaart wellicht de wat hogere N-inhoud van de knollen en het wat lagere OWG (een hoog N-aanbod verlaagt het OWG).

Na de bijbemesting met MC vertoonde het gewas in juni en juli een wat betere loofontwikkeling dan na bijbemesting met KAS, maar in augustus en september was de gewasstand wat minder goed dan bij KAS.

Zowel de veldopbrengst, het OWG, het UBG, de drogestofopbrengst en de N-opname in de knollen waren na de bijbemesting met MC hoger dan na bijbemesting met KAS. Echter, met uitzondering van het OWG, waren deze verschillen niet significant.

Er was in de proef van 2010 een sterkere N-respons dan in die van 2009 en de (bij)bemesting met MC had in 2010 ook een duidelijk effect op de opbrengst en N-opname. Niettemin werd al bij een relatief lage N-gift (100 kg N/ha) het maximale UBG behaald.

Tabel 2. **Resultaten mineralenconcentraat in zetmeelaardappel op dalgrond in 2010**

Basis- / bijbemesting	Meststof	Dosering (kg N/ha)	Veldgew. (relatief)	OWG ¹ (relatief)	Uitb. gew. (relatief)	DS- opbr. (ton/ha)	N-opname knollen (kg N/ha)
Basis	KAS	0	90	104	95	13,3	146
Basis	KAS	50	95	103	99	14,1	167
Basis	KAS	100	102	103	105	15,2	197
Basis	KAS	150	102	99	101	14,9	222
Basis	KAS	200	104	96	99	14,4	234
Basis	MC	±108	103	98	100	14,4	210
Basis + bijbemesting	KAS + KAS	100 + 70	99	98	97	14,1	218
Basis + bijbemesting	KAS + MC	100 + ±77	105	100	104	15,1	228
Gemiddeld	100 =		56,1 ²	502 ³	75,4 ²	14,4	203
LSD			8	2	8	1,5	27

¹ OWG = onderwatergewicht

² ton per ha

³ gram

3.2 Consumptieaardappel

3.2.1 Proef 2010 op zand

In de consumptieaardappelproef van 2010 op zuidoostelijk zand was de gewasstand na de basisbemesting met MC min of meer gelijk aan die bij een vergelijkbare N-gift met KAS (100 kg N/ha). Vanaf eind juni leek de bodembedekking zelfs iets hoger en de kleur iets donkerder groen (n.s.). De knolopbrengst, het OWG, de drogestofopbrengst en de N-opname in de knollen lagen op een gelijk niveau (tabel 3).

Tabel 3. **Resultaten mineralenconcentraat in consumptieaardappel op zuidoostelijke zandgrond in 2010**

Basis- / bijbemesting	Meststof	Dosering (kg N/ha)	Bruto opbrengst (ton/ha)	Netto ¹ opbrengst >30 mm (ton/ha)	OWG (gram)	DS- opbr. (ton/ha)	N-opname knollen (kg N/ha)
Basis	KAS	0	43,4	42,8	428	9,6	78
Basis	KAS	50	60,7	60,0	430	13,4	121
Basis	KAS	100	67,6	67,2	425	14,6	154
Basis	KAS	150	66,2	65,8	430	14,7	163
Basis	KAS	200	71,3	70,9	411	14,9	202
Basis	MC	100	68,1	67,6	422	14,9	157
Basis + bijbemesting	KAS + KAS	100 + 50	71,7	71,3	423	15,7	182
Basis + bijbemesting	KAS + MC	100 + 50	67,4	67,0	415	14,5	175
LSD			9,7	9,7	10	2,0	26

¹ Netto opbrengst >30 mm = bruto opbrengst minus knollen ≤30 mm (uitval is niet gemeten)

Na de bijbemesting met MC was de gewasstand ook gelijk aan die na bijbemesting met KAS, de bodembedekking eind juni iets hoger (n.s.) en de gewaskleur iets donkerder groen (n.s.) dan bij KAS, maar eind juli en eind augustus was de bodembedekking iets lager (n.s.) en de kleur iets lichter (n.s.). De knolopbrengst, het onderwatergewicht (OWG), drogestofopbrengst en de N-opname in de knollen waren na bijbemesting met MC lager dan na bijbemesting met KAS, maar de verschillen waren niet significant.

3.2.2 Proef 2010 op klei

In de consumptieaardappelproef op zuidwestelijke zeeklei in 2010 verliep de gewasgroei door droogte in het voorjaar erg traag en kwam begin juli bijna tot stilstand. Er is toen beregend en daarna volgde ook natuurlijke neerslag. Het gewas maakte daarna een groeispurt door.

In het voorjaar en het begin van de zomer ontwikkelde het gewas zich na toediening van MC of VDM vóór poten slechter dan na toediening van de dichtst bijliggende N-gift met KAS (100 kg N/ha). Later in de zomer trok dit verschil bij en begin augustus was de gewasstand bij MC vóór poten beter dan bij KAS. Bij VDM vóór poten was de gewasstand vergelijkbaar met die bij KAS en minder goed dan bij MC vóór poten. Zowel bij MC als VDM vóór poten bleef het loof in augustus langer groen dan bij KAS. Dit kan erop duiden dat er later in het groeiseizoen meer stikstof beschikbaar was/kwam voor het gewas dan bij KAS.

Bij de gecombineerde gift vóór poten van VDM + MC of VDM + KAS ontwikkelde het gewas zich in het voorjaar en het begin van de zomer ook slechter dan na toediening van de dichtst bijliggende N-gift met volledig KAS (200 kg N/ha) en trok dit verschil later in de zomer bij. Begin augustus was de gewasstand bij VDM + MC en VDM + KAS vóór poten vergelijkbaar met die bij volledig KAS.

De indruk is dat de slechtere gewasgroei in het voorjaar en begin van de zomer bij de proefobjecten waarbij MC en/of VDM vóór poten is toegediend, een gevolg is van het berijden van de bodem met de mestmachine, waardoor structuurschade is opgetreden. De grond was er ook kluitiger. Bij het object waar met MC moest worden bijbemest, is vóór poten met de mestmachine over de proefveldjes gereden omdat de veldjes van de andere mestobjecten in dezelfde baan lagen. Ook hier was de gewasgroei in het voorjaar en het begin van de zomer slechter. Begin augustus was de gewasstand na bijbemesting met MC even goed als na bijbemesting met KAS.

Tabel 4. Resultaten mineralenconcentraat in consumptieaardappel op zuidwestelijke zeeklei in 2010

Basis- / bijbemesting	Meststof	Dosering (kg N/ha)	Bruto opbrengst (ton/ha)	Netto ¹ opbrengst >40 mm (ton/ha)	OWG (gram)	DS- opbr. (ton/ha)	N-opname knollen (kg N/ha)
Basis	KAS	0	43,5	35,7	447	10,1	87
Basis	KAS	50	51,8	44,0	440	12,0	116
Basis	KAS	100	58,1	51,7	421	13,0	138
Basis	KAS	150	62,2	55,9	412	13,2	172
Basis	KAS	200	61,4	55,0	397	12,7	184
Basis	MC	121	52,6	42,3	396	11,2	147
Basis	VDM	98	50,9	38,9	408	11,0	123
Basis	VDM + MC	98 + 121	54,0	42,1	369	10,5	154
Basis	VDM + KAS	98 + 100	55,4	42,6	366	10,7	172
Basis + bijbemesting	KAS + KAS	100 + 100	63,2	56,0	390	12,9	194
Basis + bijbemesting	KAS + MC	100 + 111	56,9	45,6	366	11,0	171
LSD			5,6	6,5	17	1,4	16

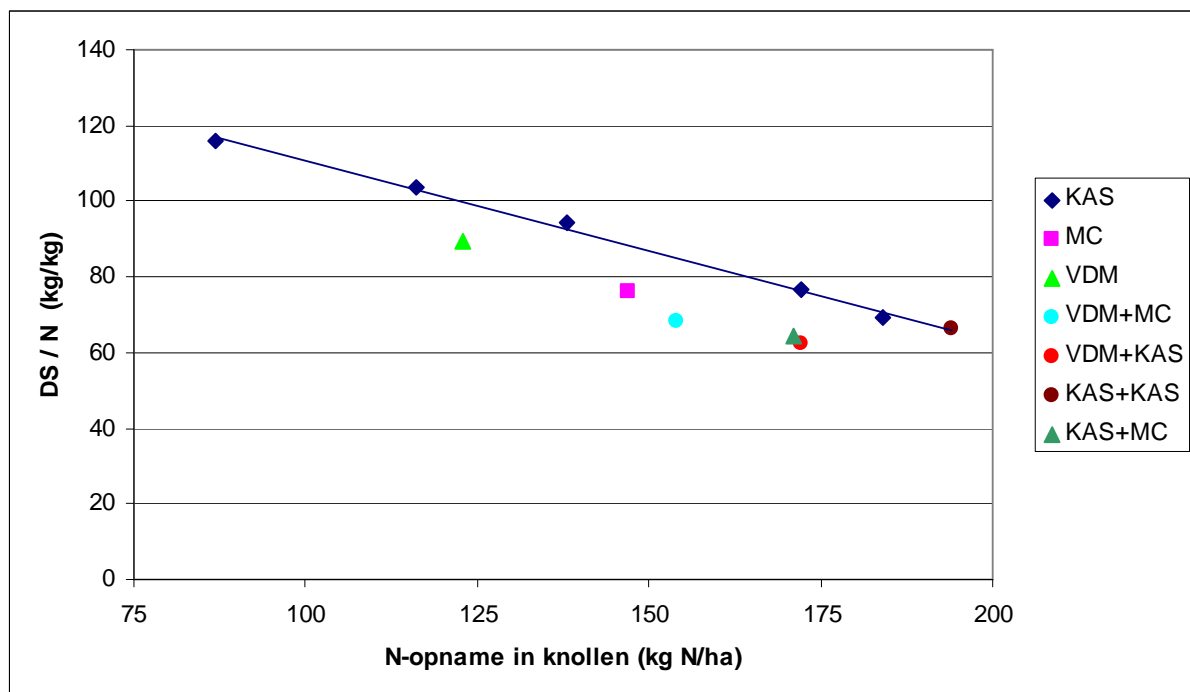
¹ Netto opbrengst >40 mm = bruto opbrengst minus uitval minus knollen ≤40 mm.

De maximale knolopbrengst in de proef werd al behaald bij een N-gift van 150 kg N/ha (als KAS). De knolopbrengst was na toediening van MC of VDM vóór poten lager dan na toediening van 100 kg N/ha als KAS. Voor VDM was dit een significant verschil en voor MC een bijna significant verschil (op basis van drogestofopbrengst was het verschil tussen MC en KAS aan de basis wel significant). Ook bij de gecombineerde gift vóór poten van VDM + MC dan wel VDM + KAS, was de opbrengst significant lager dan na toediening van 200 kg N/ha als KAS. Na bijbemesting met MC was de opbrengst eveneens significant lager dan na bijbemesting met KAS.

Bij de objecten waar de bodem vóór poten is bereiden met de mestmachine (alle mestobjecten) was de knoluitval (door groen, misvorming of groeischeuren) ongeveer twee keer zo hoog als bij de kunstmest-objecten. Dit kwam vooral door meer groene knollen. De verschillen in netto opbrengst tussen de mestobjecten en de kunstmestobjecten waren daardoor nog groter dan de verschillen in bruto opbrengst. De toediening van MC leidde zowel in de basis- als de bijbemesting tot een significant lager onderwatergewicht (OWG). Bij VDM aan de basis zat het OWG tussen dat van MC en KAS in (niet significant verschillend t.o.v. beide).

De stikstofopname in de knollen was na toediening van MC vóór poten iets hoger (n.s.) dan na toediening van 100 kg N/ha met KAS en na toediening van VDM vóór poten iets lager dan bij KAS (bijna significant verschil). Bij de gecombineerde gift vóór poten van VDM + MC was de N-opname in de knollen significant lager dan na toediening van 200 kg N/ha als KAS. Bij de gecombineerde gift vóór poten van VDM + KAS was de N-opname iets lager (n.s.) dan bij volledig KAS. Na bijbemesting met MC was de N-opname in de knollen significant lager dan na bijbemesting met KAS.

In verhouding tot de N-opname in de knollen, bleef de knoldrogestofproductie achter bij alle objecten waar de bodem vóór het poten was bereiden met de mestmachine (figuur 1). Dit geeft aan dat de achterblijvende productie bij deze objecten niet samenhangt met de N-werking van de mest maar een andere oorzaak had: de combinatie van structuurbederf en droogte. Door de slechtere bodemstructuur heeft het gewas waarschijnlijk slechter kunnen bewortelen en was daardoor gevoeliger voor de droogte met een achterblijvende gewasgroei als gevolg.



Figuur 1. Knoldrogestofproductie (kg d.s. per kg opgenomen N in de knollen), uitgezet tegen de totale N-opname in de knollen (kg N/ha) van consumptieaardappel in 2010 op zuidwestelijke klei

3.3 Wintertarwe

3.3.1 Proef van 2009

In de wintertarweproof van 2009 was de gewasontwikkeling na bemesting met MC over het geheel genomen wat beter ten opzichte van vergelijkbare N-giften met KAS in de proef. Bij de toediening met slangen was de gewasontwikkeling even goed als bij de toediening met een sleufkouter. De korrelopbrengst bij toediening van MC met een sleufkouter, was iets hoger (niet significant) dan bij een vergelijkbare N-bemesting met KAS (tabel 5). De drogestofopbrengst was bij de lage en middelste N-gift van het MC iets lager (n.s.), maar niet bij de hoogste N-gift. De N-opname in de korrel was bij MC wat lager dan bij een vergelijkbare N-bemesting met KAS. Bij de middelste N-dosering was dit een significant verschil. Bij de hoogste N-totaalgift gaf driedeling van de gift (3^e gift als KAS) een hogere korrelopbrengst (n.s.), drogestofopbrengst (significant) en N-opname in de korrel (significant) dan tweedeling van de gift waarbij de 2^e gift geheel als MC was toegediend.

Toediening van het MC met slangen gaf een iets lagere korrel- en drogestofopbrengst dan toediening met een sleufkouter (niet significant), maar daarentegen een significant hogere N-opname in de korrel. Dit impliceert een lagere (drogestof)productie per kg opgenomen stikstof. Een goede verklaring hiervoor ontbreekt.

Tabel 5. **Resultaten mineralenconcentraat in wintertarwe op zware zeelei (Oldambt) in 2009**

Meststof	Toediening MC	Dosering (kg N/ha)			Korrelopbrengst (relatief)	DS-opbrengst (kg/ha)	N-opname korrel (kg N/ha)
		2 ^e gift	3 ^e gift ²	Totaal ¹			
KAS				115	90	8183	115
KAS		50		165	101	9207	149
KAS		70		185	97	9381	157
KAS		70	30	215	105	9610	177
KAS + MC	sleufkouter	±47		162	101	9166	138
KAS + MC	slangen	±48		163	99	9070	151
KAS + MC	sleufkouter	±65		180	101	9195	143
KAS + MC	sleufkouter	±65	30	210	106	9636	172
KAS + MC	sleufkouter	±95		210	101	9192	150
				Gemiddeld 100 =	9666 ³	9182	150
				LSD	7	424	13

¹ 1^e gift bij alle objecten: 115 kg N/ha met KAS

² KAS

³ kg per ha

3.3.2 Proef van 2010

In de wintertarweproef van 2010 was de gewasontwikkeling na toediening van MC met een sleufkouter gelijk tot iets beter dan bij vergelijkbare N-bemesting met KAS in de proef. De korrelopbrengst, drogestofopbrengst en N-opname in de korrel lagen op een gelijk niveau als bij KAS (geen significante verschillen bij vergelijkbare N-giften; tabel 6).

Bij de hoogste N-totaalgift gaf tweedeling van de gift, waarbij de 2^e gift geheel als MC was toegediend, een even goede gewasontwikkeling als driedeling van de gift (3^e gift als KAS), wel iets meer legering, maar desondanks een hogere korrelopbrengst (significant) en drogestofopbrengst (n.s.) en een vrijwel gelijk N-opname in de korrel.

Tabel 6. **Resultaten mineralenconcentraat in wintertarwe op zware zeelei (Oldambt) in 2010**

Meststof	Toediening MC	Dosering (kg N/ha)			Korrelopbrengst (relatief)	DS-opbrengst (kg/ha)	N-opname korrel (kg N/ha)
		2 ^e gift	3 ^e gift ²	Totaal ¹			
KAS				105	91	9054	145
KAS		30		135	96	9596	157
KAS		50		155	102	10158	180
KAS		70		175	102	10197	193
KAS		70	30	205	104	10404	208
KAS + MC	sleufkouter	±50		155	100	10026	180
KAS + MC	slangen	±50		155	95	9471	159
KAS + MC	sleufkouter	±70		175	104	10363	192
KAS + MC	sleufkouter	±70	30	205	101	10076	205
KAS + MC	sleufkouter	±100		205	106	10571	207
				Gemiddeld 100 =	11900 ³	9992	183
				LSD	5	531	13

¹ 1^e gift bij alle objecten: 105 kg N/ha met NTS

² KAS

³ kg per ha

Bij toediening van het MC met slangen was de gewasontwikkeling iets minder goed dan bij toediening met een sleufkouter en waren de korrelopbrengst, drogestofopbrengst en N-opname in de korrel significant lager.

3.4 Zomergerst

3.4.1 Proef van 2009

In de zomergerstproef van 2009 bleef de gewasontwikkeling na bemesting met MC via bouwlandinjectie iets achter ten opzichte van een vergelijkbare N-gift met KAS in de proef (70 kg N/ha). Evenwel waren de korrelopbrengst en drogestofopbrengst, het eiwitgehalte, het percentage volgerst en de N-opname in de korrel (zo goed als) gelijk (tabel 7).

De oppervlakkige toediening van het MC leidde tot een iets minder goede gewasontwikkeling dan bouwlandinjectie van het MC en een iets lagere korrel- en drogestofopbrengst (niet significant) en een nauwelijks lagere N-opname in de korrel.

Tabel 7. Resultaten mineralenconcentraat in zomergerst op dalgrond in 2009

Meststof	Dosering (kg N/ha)	Korrelopbrengst (relatief)	Eiwit (%)	Volgerst (%)	DS-opbrengst (kg/ha)	N-opname korrel (kg N/ha)
KAS	0	83	10,1	98,4	5388	83
KAS	35	86	9,9	98,5	5591	79
KAS	70	105	10,0	98,5	6815	101
KAS	105	108	10,1	98,4	7010	106
MC ingewerkt	±69	105	9,5	98,6	6846	102
MC oppervlakkig	±69	101	9,7	98,5	6533	99
Gemiddeld	100 =	7537 ¹	9,9	98,5	6460	97
LSD		20	0,7	0,3	1260	26

¹ kg per ha

3.4.2 Proef van 2010

In de zomergerstproef van 2010 was de gewasontwikkeling na bemesting met MC via bouwlandinjectie in mei gelijk aan die bij een vergelijkbare N-gift met KAS in de proef (70 kg N/ha), maar in juni en juli bleef de ontwikkeling achter. De korrelopbrengst was vergelijkbaar (tabel 8), het eiwitgehalte was bij MC lager (significant) dan bij KAS, het percentage volgerst hoger (n.s.), de drogestofopbrengst hoger (n.s.) en de N-opname in de korrel lager (n.s.).

Na oppervlakkige toediening van het MC bleef de gewasontwikkeling duidelijk achter bij die na bouwlandinjectie van het MC. Dit verschil werd in de loop van het groeiseizoen steeds groter. De korrel- en drogestofopbrengst en N-opname in de korrel waren significant lager. Het eiwitgehalte en percentage volgerst verschilden nagenoeg niet tussen wel of niet inwerken van het MC.

De korrelopbrengst was algeheel laag in de proef als gevolg van droogte.

Tabel 8. Resultaten mineralenconcentraat in zomergerst op noordoostelijke zandgrond in 2010

Meststof	Dosering (kg N/ha)	Korrelopbrengst (relatief)	Eiwit (%)	Volgerst (%)	DS-opbrengst (kg/ha)	N-opname korrel (kg N/ha)
KAS	0	75	11,5	97,7	2760	47
KAS	35	114	11,7	95,6	4212	73
KAS	70	110	12,3	93,5	4043	79
KAS	105	103	13,6	87,9	3809	87
MC ingewerkt	±77	111	11,3	96,7	4108	69
MC oppervlakkig	±77	87	11,4	96,1	3232	54
Gemiddeld	100 =	3927 ¹	11,9	94,6	3694	68
LSD		19	0,7	4,4	720	12

¹ kg per ha

3.5 Snijmaïs

Half juni had de snijmaïs bij de toepassingen van MC in de rij bij zaai en in de rij na opkomst een wat hogere bodembedekking dan bij dezelfde toepassingen met KAS. Bij de volvelds bemesting vóór zaai was er geen

verschil in bodembedekking tussen MC en KAS. Eind juni nivelleerden deze verschillen. De gewasstand was half juni bij de toepassing van MC in de rij bij zaai beter dan bij KAS in de rij bij zaai. Eind juni was dit verschil genivelleerd. Eind juni was de gewasstand bij de toepassing van KAS volvelds vóór zaai beter dan bij MC vóór zaai. Bij de andere twee toedieningsvarianten was er half en eind juni geen duidelijk verschil in gewasstand tussen MC en KAS. Er waren geen verschillen in gewaskleur tussen MC en KAS gedurende het groeiseizoen.

De volvelds toediening vóór zaai van MC leidde tot een hogere drogestofopbrengst dan de volvelds toediening van KAS (n.s.) alsook een hogere N-opname (bijna significant verschil; tabel 9). Ook gaf MC als rijenbemesting bij zaai een hogere drogestofopbrengst dan rijenbemesting met KAS (significant), maar daarentegen geen hogere N-opname. De rijtoediening van MC na opkomst gaf ook een hogere drogestofopbrengst dan de rijtoediening van KAS (n.s.) en een vrijwel gelijke N-opname. In combinatie met een startgift KAS in de rij bij zaai gaf de rijtoediening van MC na opkomst een lagere drogestofopbrengst dan rijtoediening van KAS (n.s.) en een significant lagere N-opname. Mogelijk trad er teveel grondverstoring op doordat twee keer een kouter door de grond is getrokken: bij zaai op en na opkomst. Dit kan de N-opname door het gewas enigszins hebben belemmerd, daar de lokale bewortelingsmogelijkheden op de plaats van grondverstoring mogelijk wat minder goed zijn geweest en precies op deze plaats ook de stikstof is toegediend. De KAS werd na opkomst niet met een kouter in de grond gebracht, maar naast de rij gestrooid en licht ingewerkt.

Bij de toepassing van MC als rijenbemesting was de drogestofproductie per kg opgenomen stikstof significant hoger dan bij de rijenbemesting met KAS. Bij de volvelds toepassing vóór zaai trad dit effect niet op. Mogelijk is het een positieve nevenwerking van plaatsing van kali in de rij bij toediening van het MC. Bij de KAS-objecten is de kali breedwerpig gestrooid vóór ploegen en zaaien. De kaligift bedroeg bij alle objecten 85 kg K₂O per ha en was nagenoeg conform het gewasgericht kali-advies voor maïs¹ bij een K-getal van 14 op het betreffende proefveld (dus geen overmatige kaligift).

Tabel 9. Resultaten mineralenconcentraat in snijmaïs op zuidoostelijke zandgrond in 2010

Toedieningsmoment en -methode	Meststof	Dosering (kg N/ha)	DS-opbrengst (ton/ha)	N-opname (kg N/ha)	Kg DS / kg N-opname
-	geen	0	15,7	128	123
Volvelds, vóór ploegen en zaaien	MC	100	20,0	231	87
Volvelds, vóór ploegen en zaaien	KAS	100	18,9	208	91
Rijenbemesting bij zaai	MC	100	19,8	201	98
Rijenbemesting bij zaai	KAS	100	18,3	206	89
Rijenbemesting na opkomst	MC	100	19,3	200	96
Rijenbemesting na opkomst	KAS	100	18,1	203	89
Rijenbemesting bij zaai	KAS	30	16,9	148	114
Rijenbem. bij zaai + rijenbem. na opkomst	KAS ¹ + MC ²	30 ¹ + 100 ²	19,0	212	90
Rijenbem. bij zaai + rijenbem. na opkomst	KAS ¹ + KAS ²	30 ¹ + 100 ²	20,1	239	84
LSD			1,5	24	6

¹ bij zaai

² na opkomst

3.6 Grasland

De totale drogestofopbrengst van de vier grassnedes was na toediening van MC iets lager dan na toediening van KAS, maar dit verschil was niet significant (tabel 10 en figuur 2).

¹ Dijk, W. van & W. van Geel (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 100 pp. + bijlagen. Website Kennisakker (www.kennisakker.nl)

De totale N-opname in de vier grassnedes was bij de aparte toediening van MC (bovenop de basisgift RDM) hoger ten opzichte van aanvulling met KAS en bij de gecombineerde toediening met RDM lager (figuur 3). De verschillen waren echter niet significant t.o.v. KAS. Het verschil in N-opname tussen MC bovenop RDM of MC i.c.m. RDM was bijna significant.

Door droogte in het voorjaar werd de stikstof uit KAS na bemesting van de eerste snede relatief slecht benut door het gewas. Dit verhoogt de N-werking van het MC t.o.v. KAS.

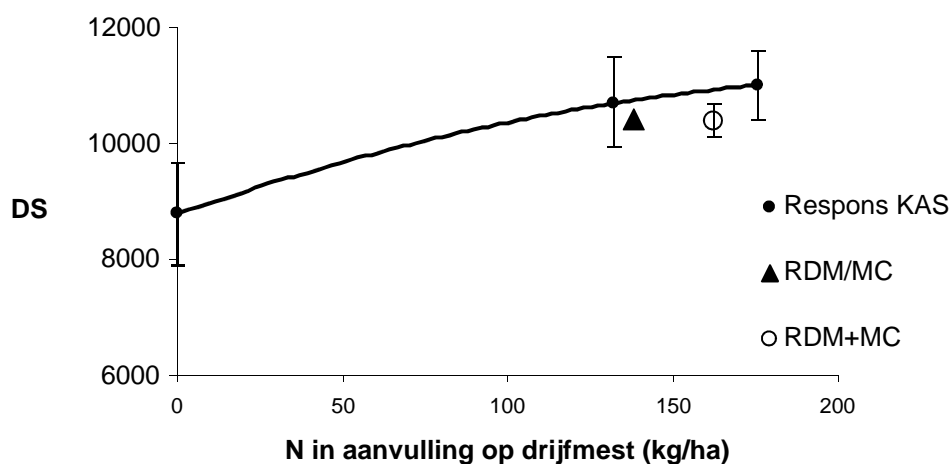
Het in een aparte werkgang toegediende MC zakte sneller de grond in dan het mengsel van drijfmest en MC. Daardoor zal het ammoniakvervluchtigingsverlies uit het MC bij aparte toediening lager zijn dan bij gecombineerde toediening met drijfmest.

Tabel 10. Resultaten mineralenconcentraat op grasland op zuidoostelijke zandgrond in 2010

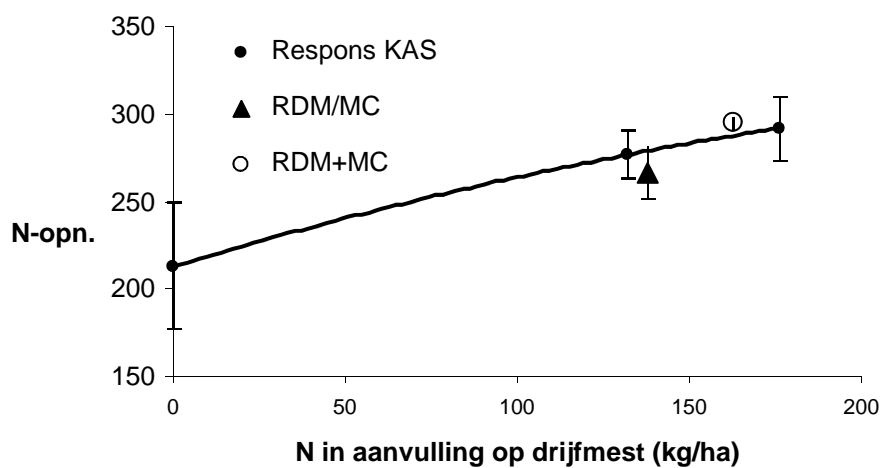
Meststof + doses (kg N/ha)	Meststof + doses ¹ (kg N/ha)	Totale N-gift (kg N/ha)	DS-opbrengst van 4 snedes (ton/ha)	N-opname van 4 snedes (kg N/ha)
Geen	0	0	7,2	172
RDM	146	146	8,8	213
RDM	146	KAS 132	10,7	277
RDM	146	KAS 176	11,0	292
RDM	146	MC 162	10,4	295
RDM/ MC ²	283	283	10,4	267

¹ aanvullende, aparte gift

² gemengd toegediend, waarvan 146 kg N/ha uit RDM en 137 kg N/ha uit MC



Figuur 2. Drogestofopbrengst (kg per ha) van vier snedes gras bij de verschillende bemestingen (de verticale balken geven de standaard deviatie weer); naar Verloop et al. (2010)



Figuur 3. Totale N-opname (kg N/ha) in vier snedes gras bij de verschillende bemestingen (de verticale balken geven de standaard deviatie weer); naar Verloop et al. (2010)

4 Stikstofwerking

In nagenoeg alle proeven kon de N-respons het beste c.q. nauwkeurigste wordt beschreven aan de hand van de N-opname. Enkel in de zomergerstproef van 2009 voldeed de drogestofopbrengst beter. Het op verschillende andere wijzen rekening houden met een mogelijk vruchtbaarheidsverloop binnen de proefvelden dan middels het blokeffect leidde voor geen enkele proef tot een hogere nauwkeurigheid van het responsmodel. Derhalve is in alle proeven het blokeffect in de analyse meegenomen.

In dit hoofdstuk is per proef de N-opname (of drogestofopbrengst) weergegeven in een figuur, uitgezet tegen de totale N-gift. Ook is per proef de berekende werkzame N-gift van het MC weergegeven, van de bijmestgift met MC en van de bijmestgift met KAS, alle t.o.v. een eenmalige N-gift met KAS aan de basis. De werkzame N-gift is de gift die volgens de responscurve van KAS overeenstemt met de gemeten N-opname of drogestofopbrengst. Voorbeeld: volgens de N-responscurve in figuur 5 komt een N-opname van 200 kg N/ha (y-as van de grafiek) overeen met een werkzame N-gift van 115 kg N/ha (x-as van de grafiek). Vervolgens is in de tabellen de N-werkingscoëfficiënt (NWC) aangegeven. Dit is de berekende werkzame N-gift gedeeld door de werkelijk N-gift. Daarachter is met een lettercode aangegeven of de NWC's van de verschillende objecten onderling statistisch significant van elkaar verschillen. Ook is aangegeven of ze significant verschillen van KAS aan de basis (NWC = 1).

In geval van bijbemesting met MC en KAS, is voor beide de NWC uitgedrukt t.o.v. KAS aan de basis c.q. t.o.v. de N-responscurve. Dit is gedaan om alle objecten statistisch onderling te kunnen vergelijken t.o.v. dezelfde referentie. Tevens kan worden afgeleid of bijbemesting c.q. deling van de N-gift tot een significant betere of slechtere N-werking heeft geleid dan een eenmalige gift aan de basis. In een voetnoot onder de tabel is de NWC van de bijmestgift met MC weergegeven t.o.v. de bijmestgift met KAS.

4.1 Zetmeelaardappel

In de zetmeelaardappelproef van 2009 was de respons op N-bemesting laag. Dit is al aangegeven in paragraaf 3.1.1 en blijkt ook uit figuur 4: de responscurve vertoont een vrij vlak verloop. In het bijna vlakke traject van de curve komt een klein verschil in N-opname overeen met een groot verschil in N-gift. Aangezien de N-opname naast de bemesting wordt beïnvloed door veldvariatie (toeval), krijgt dit laatste bij een vrij vlakke N-respons een sterke (storende) invloed op de schatting van de NWC. Verder kon de NWC van de bijmestgift met KAS t.o.v. de basisbemesting met KAS niet worden berekend, omdat de N-opname bij dit object boven de responscurve ligt. Tot slot was er in deze proef al helemaal geen respons op de bemesting met MC. Voor het afleiden van de N-werking van MC is deze proef daarom niet geschikt en zal daarom verder ook niet worden meegenomen.

Tabel 11. **Werkzame N-gift en N-werkingscoëfficiënt t.o.v. KAS aan de basis in zetmeelaardappel op dalgrond in 2009**

Basis- / bijbemesting	Meststof	Dosering (kg N/ha)	Berekende werkzame N-gift (kg N/ha)	N-werkings- coëfficiënt	Stat. betrouwbaarheid	
					onderling	t.o.v. KAS aan de basis
Basis	MC	96	-3	-0,03	a	sign. lager
Basis + bijbemesting	KAS + KAS	100 + 70	100 + * ¹	* ¹	a	niet sign.
Basis + bijbemesting	KAS + MC	100 + 67	100 - 21	-0,32 ²	a	sign. lager

¹ Omdat de N-opname bij dit object boven het hoogste punt van de responscurve ligt (figuur 4), kan geen werkzame N-gift of NWC worden afgeleid.

² NWC van de bijmestgift met MC t.o.v. KAS aan de basis. T.o.v. de bijmestgift met KAS bedraagt de NWC -0,40.

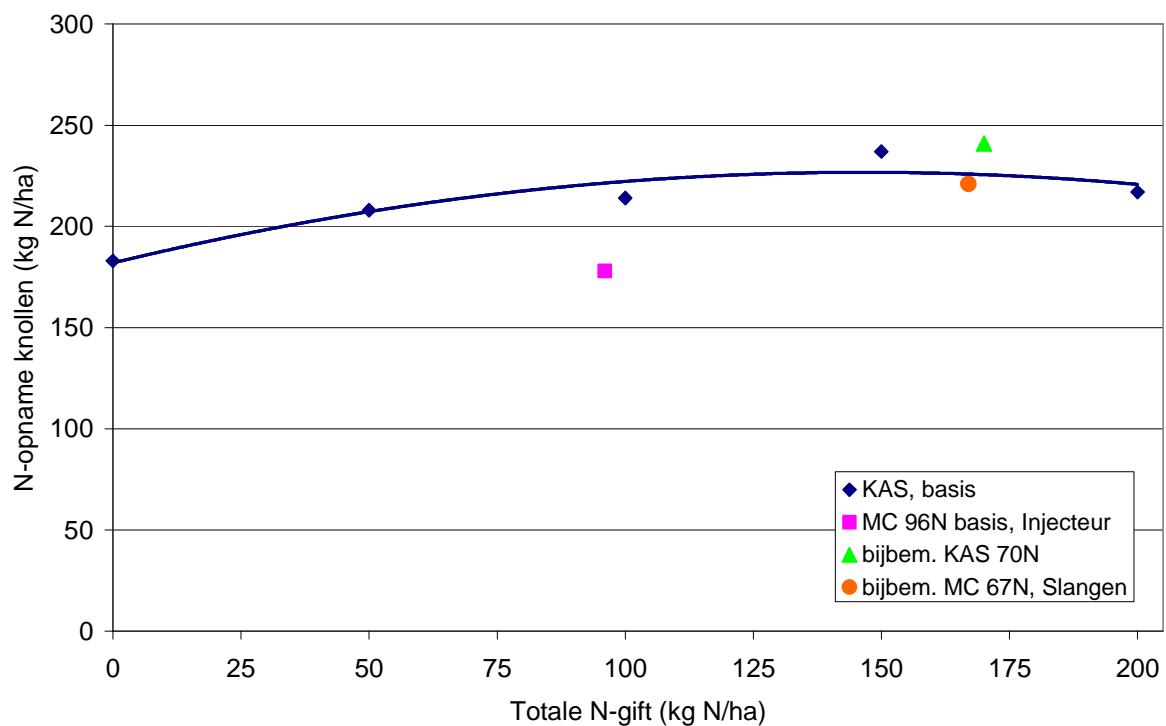
In de zetmeelaardappelproef van 2010 was de N-werking van MC zowel bij de basisbemesting als de bijbemesting met de slangenmachine hoger dan van KAS, maar de verschillen waren niet significant (tabel 12, figuur 5). Daarom wordt gesteld dat de N-werking gelijkwaardig was aan die van KAS.

Tabel 12. **Werkzame N-gift en N-werkingscoëfficiënt t.o.v. KAS aan de basis in zetmeelaardappel op dalgrond in 2010**

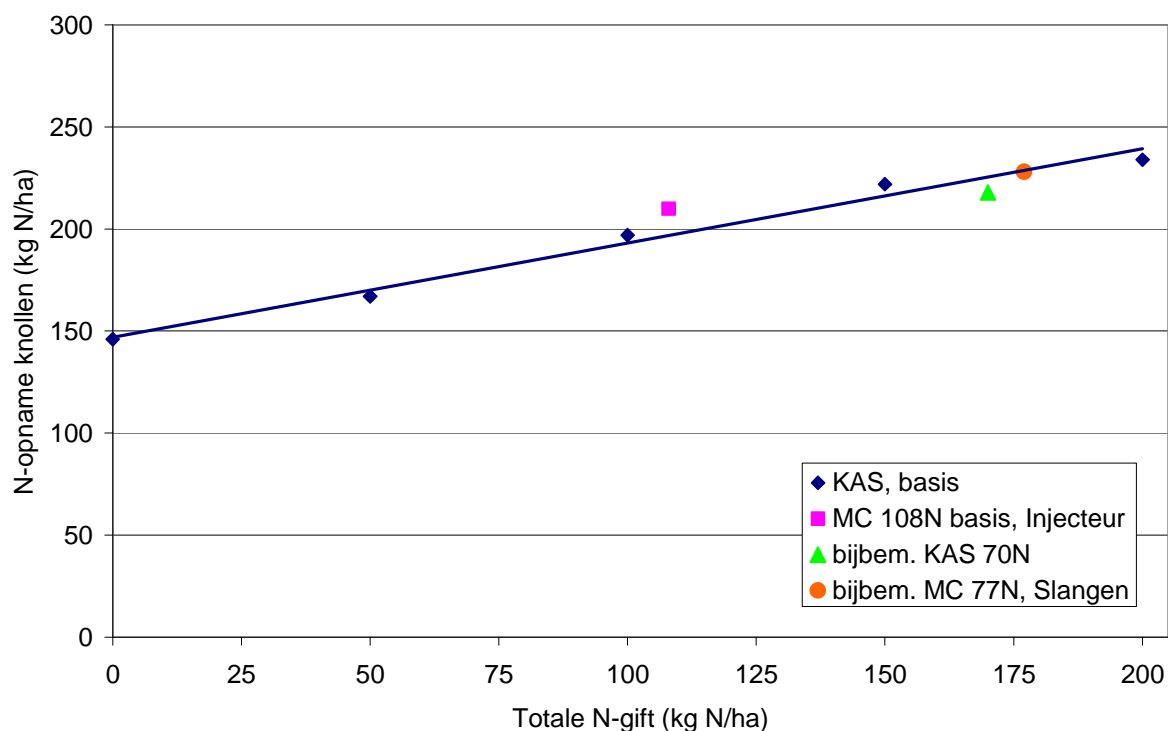
Basis- / bijbemesting	Meststof	Dosering (kg N/ha)	Berekende werkzame N-gift (kg N/ha)	N-werkings- coëfficiënt	Stat. betrouwbaarheid	
					onderling	t.o.v. KAS aan de basis
Basis	MC	±108	136	1,26	a	niet sign.
Basis + bijbemesting	KAS + KAS	100 + 70	100 + 54	0,76 ¹	a	niet sign.
Basis + bijbemesting	KAS + MC	100 + 77	100 + 76	0,99 ²	a	niet sign.

¹ NWC van de bijmestgift met KAS t.o.v. KAS aan de basis.

² NWC van de bijmestgift met MC t.o.v. KAS aan de basis. T.o.v. de bijmestgift met KAS bedraagt de NWC 1,30.



Figuur 4. **N-opname in de knollen (kg N/ha) van zetmeelaardappel in 2009 op dalgrond**



Figuur 5. N-opname in de knollen (kg N/ha) van zetmeelaardappel in 2010 op dalgrond

4.2 Consumptieaardappel

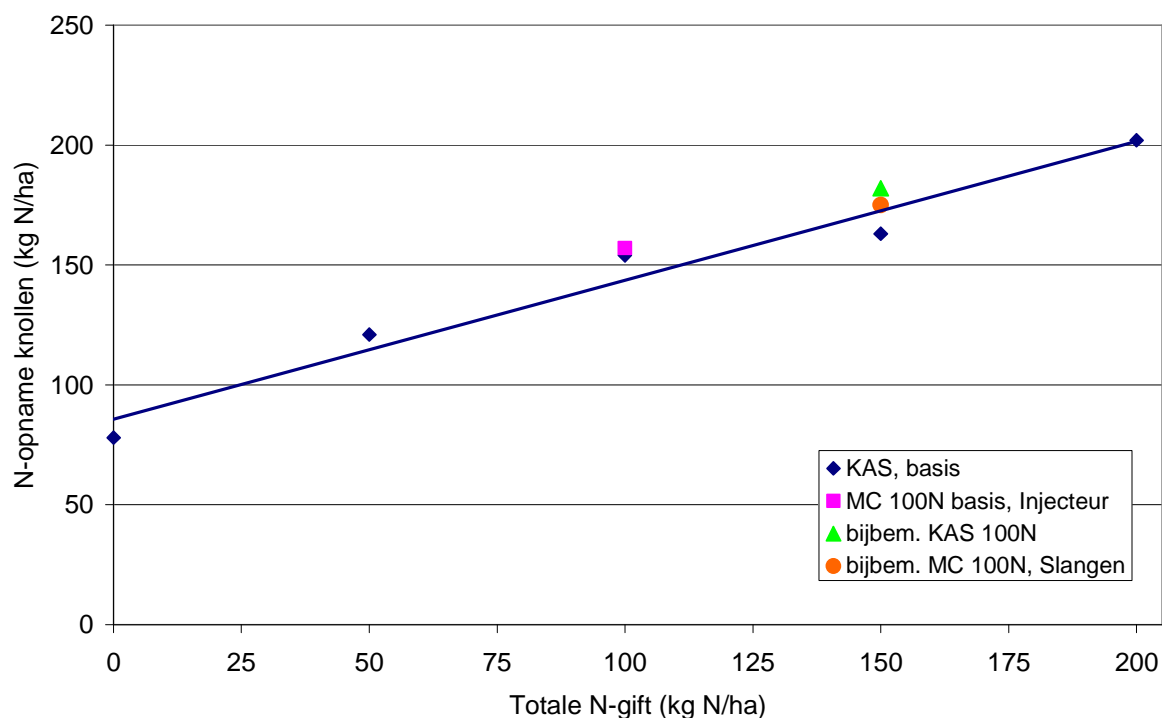
In de consumptieaardappelproef van 2010 op zuidoostelijk zand waren er geen significante verschillen in N-opname in de knollen na (bij)bemesting met KAS of met MC (tabel 3; figuur 6). Ook de berekende N-werking van MC verschilde niet significant van die van KAS (tabel 13), zodat ook voor deze proef wordt gesteld dat de N-werking gelijkwaardig was aan die van KAS.

Tabel 13. **Werkzame N-gift en N-werkingscoëfficiënt t.o.v. KAS aan de basis in consumptieaardappel op zuidoostelijk zand in 2010**

Basis- / bijbemesting	Meststof	Dosering (kg N/ha)	Berekende werkzame N-gift (kg N/ha)	N-werkings-coëfficiënt	Stat. betrouwbaarheid	
					onderling	t.o.v. KAS aan de basis
Basis	MC	100	123	1,23	a	niet sign.
Basis + bijbemesting	KAS + KAS	100 + 50	100 + 67	1,33 ¹	a	niet sign.
Basis + bijbemesting	KAS + MC	100 + 50	100 + 55	1,10 ²	a	niet sign.

¹ NWC van de bijmestgift met KAS t.o.v. KAS aan de basis.

² NWC van de bijmestgift met MC t.o.v. KAS aan de basis. T.o.v. de bijmestgift met KAS bedraagt de NWC 0,82.



Figuur 6. N-opname in de knollen (kg N/ha) van consumptieaardappel in 2010 op zuidoostelijk zand

In de consumptieaardappelproef van 2010 op zuidwestelijke zeelei was de N-opname in de knollen bij toediening van MC aan de basis nauwelijks lager dan bij eenzelfde N-gift met KAS, ondanks de oppervlakkige toediening (figuur 7). De N-werking was bijna gelijk aan KAS (niet significant verschillend; tabel 14). De toediening van MC plus VDM (beide oppervlakkig toegediend) leidde tot een beduidend en significant lagere N-werking. Ook de bijbemesting van het MC met slangen gaf een significant lagere N-werking.

Tabel 14. Werkzame N-gift en N-werkingscoëfficiënt t.o.v. KAS aan de basis in consumptieaardappel op zuidwestelijke zeelei 2010

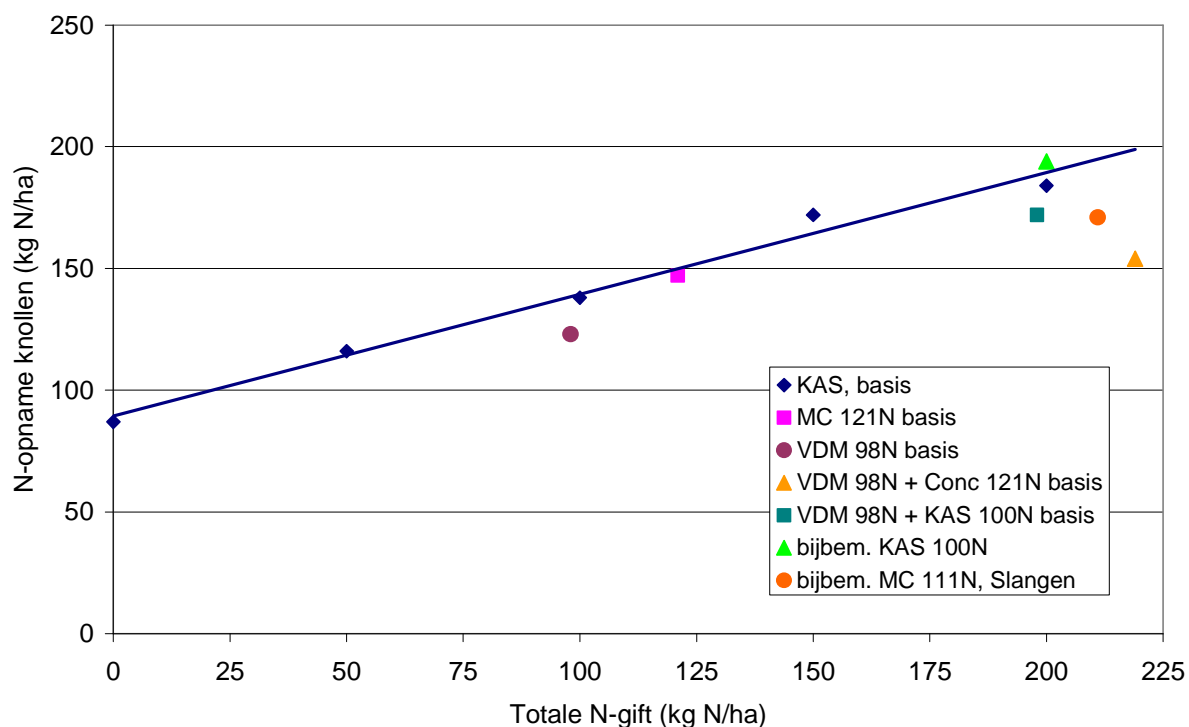
Basis- / bijbemesting	Meststof	Dosering (kg N/ha)	Berekende werkzame N-gift (kg N/ha)	N-werkings- coëfficiënt	Stat. betrouwbaarheid	
					onderling	t.o.v. KAS aan de basis
Basis	MC	121	115	0,95	. b	niet sign.
Basis	VDM	98	69	0,70	a b	bijna sign.
Basis	VDM + MC	98 + 121	127	0,58 ¹	a .	sign. lager
Basis	VDM + KAS	98 + 100	67 + 100	0,68 ²	a b	bijna sign.
Basis + bijbemesting	KAS + KAS	100 + 100	100 + 110	1,10 ³	. b	niet sign.
Basis + bijbemesting	KAS + MC	100 + 111	100 + 64	0,57 ⁴	a .	sign. lager

¹ NWC van de gecombineerde gift van VDM en MC t.o.v. KAS aan de basis. De NWC van alleen het MC bedraagt 0,48.

² NWC van alleen de VDM-gift.

³ NWC van de bijmestgift met KAS t.o.v. KAS aan de basis.

⁴ NWC van de bijmestgift met MC t.o.v. KAS aan de basis. T.o.v. de bijmestgift met KAS bedraagt de NWC 0,52.



Figuur 7. N-opname in de knollen (kg N/ha) van consumptieaardappel in 2010 op zuidwestelijke zeelei

4.3 Wintertarwe

In de wintertarweproef van 2009 op zware zeelei (Oldambt) bleven de N-opname in de korrels en de N-werking van het MC, toegediend als 2^e N-gift met een sleufkouter, achter bij die van KAS (figuur 8; tabel 15). Gemiddeld over de drie N-niveaus was de N-werkingscoëfficiënt van het MC 0,69.

Opmerkelijk is dat de N-opname en N-werking van het MC bij extra toediening van een 3^e gift à 30 kg N/ha met KAS hoger was en niet significant lager dan volledige bemesting met KAS. Overigens was het verschil in N-werking tussen 65 kg N/ha MC zonder 3^e N-gift of met 3^e N-gift ook niet significant.

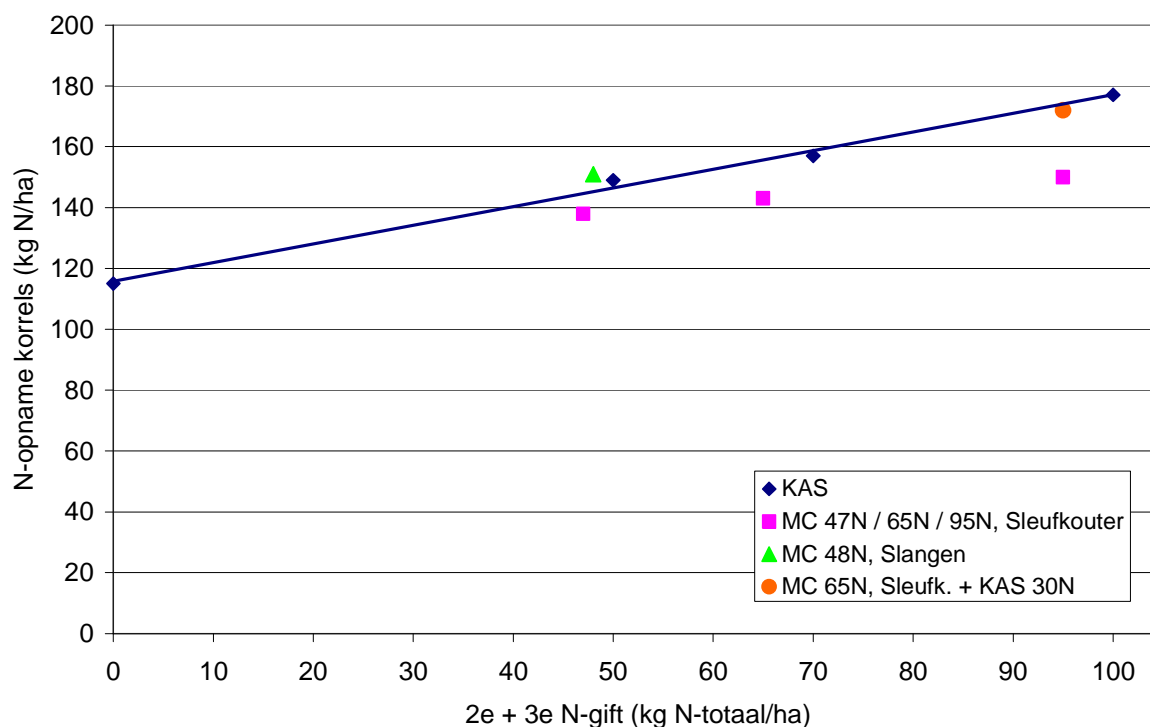
Toediening van het MC met slangen gaf een hogere N-werking, maar het verschil was niet significant t.o.v. KAS, noch t.o.v. toediening met een sleufkouter.

Tabel 15. **Werkzame N-gift en N-werkingscoëfficiënt t.o.v. KAS aan de basis in wintertarwe op zware zeelei (Oldambt) in 2009**

Meststof	Toediening	Dosering 2 ^e en 3 ^e gift (kg N/ha)	Berekende werkzame N-gift (kg N/ha)	N-werkings- coëfficiënt	Stat. betrouwbaarheid	
					onderling	t.o.v. volledig KAS
KAS + MC	sleufkouter	47	37	0,78	a b c	niet sign.
KAS + MC	slangen	48	57	1,19	. . c	niet sign.
KAS + MC	sleufkouter	65	45	0,70	a b .	sign. lager
KAS + MC	sleufkouter	65 + 30 ¹	62 + 30	0,95 ²	. b c	niet sign.
KAS + MC	sleufkouter	95	56	0,59	a . .	sign. lager

¹ 3^e N-gift als KAS

² NWC van het MC (als 2^e N-gift)



Figuur 8. **N-opname in de korrels (kg N/ha) van wintertarwe in 2009 op zware zeeklei (Oldambt)**
(1^e gift: bij alle objecten 115 kg N/ha)

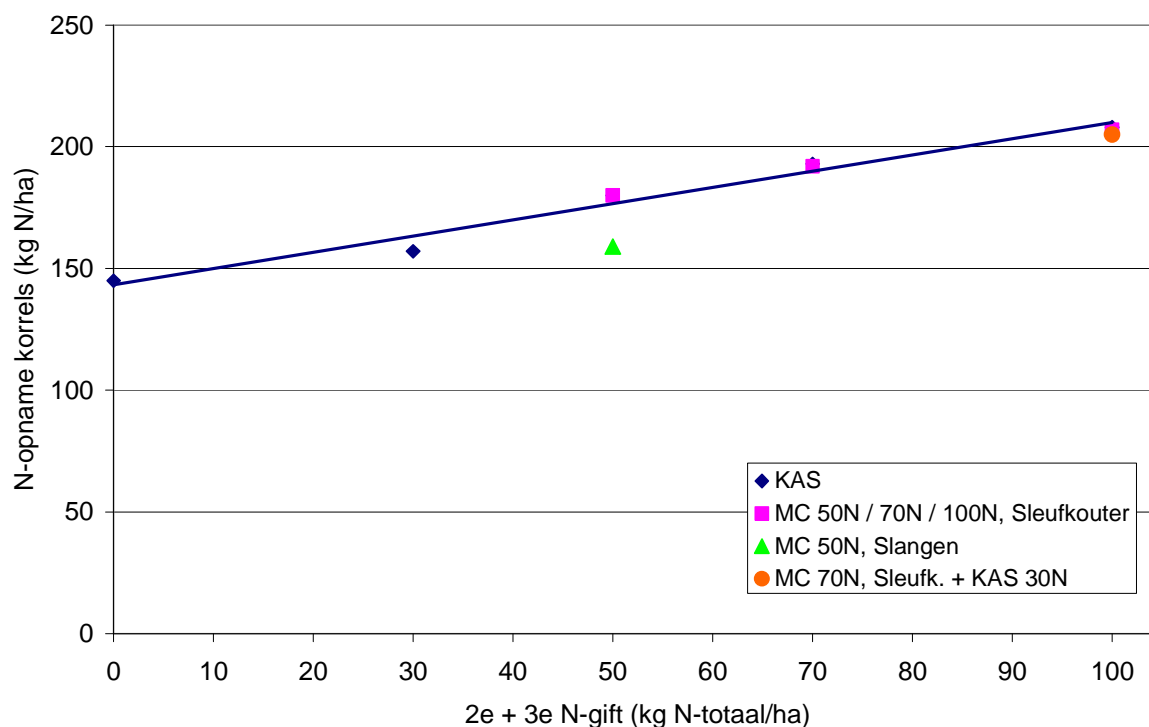
In de wintertarweproef van 2010 op zware zeeklei waren de N-opname in de korrels en de N-werking van het MC, toegediend als 2e N-gift met een sleufkouter, vrijwel gelijk aan die bij KAS (figuur 9; tabel 16). Gemiddeld over de drie N-niveaus was de N-werkingscoëfficiënt van het MC 1,02. De N-werking van het MC bij extra toediening van een 3^e gift à 30 kg N/ha met KAS was evenals in 2009 iets lager dan volledige bemesting met KAS (n.s.). Toediening van het MC met slangen gaf een significant lagere N-werking.

Tabel 16. **Werkzame N-gift en N-werkingscoëfficiënt t.o.v. KAS aan de basis in wintertarwe op zware zeeklei (Oldambt) in 2010**

Meststof	Toediening	Dosering 2 ^e en 3 ^e gift (kg N/ha)	Berekende werkzame N-gift (kg N/ha)	N-werkings- coëfficiënt	Stat. betrouwbaarheid	
					onderling	t.o.v. volledig KAS
KAS + MC	sleufkouter	50	54	1,09	. b	niet sign.
KAS + MC	slangen	50	23	0,46	a .	sign. lager
KAS + MC	sleufkouter	70	73	1,04	. b	niet sign.
KAS + MC	sleufkouter	70 + 30 ¹	61 + 30	0,88 ²	. b	niet sign.
KAS + MC	sleufkouter	100	95	0,95	. b	niet sign.

¹ 3^e N-gift als KAS

² NWC van het MC (als 2^e N-gift)



Figuur 9. **N-opname in de korrels (kg N/ha) van wintertarwe in 2010 op zware zeeklei (Oldambt)**
(1^e gift: bij alle objecten 105 kg N/ha)

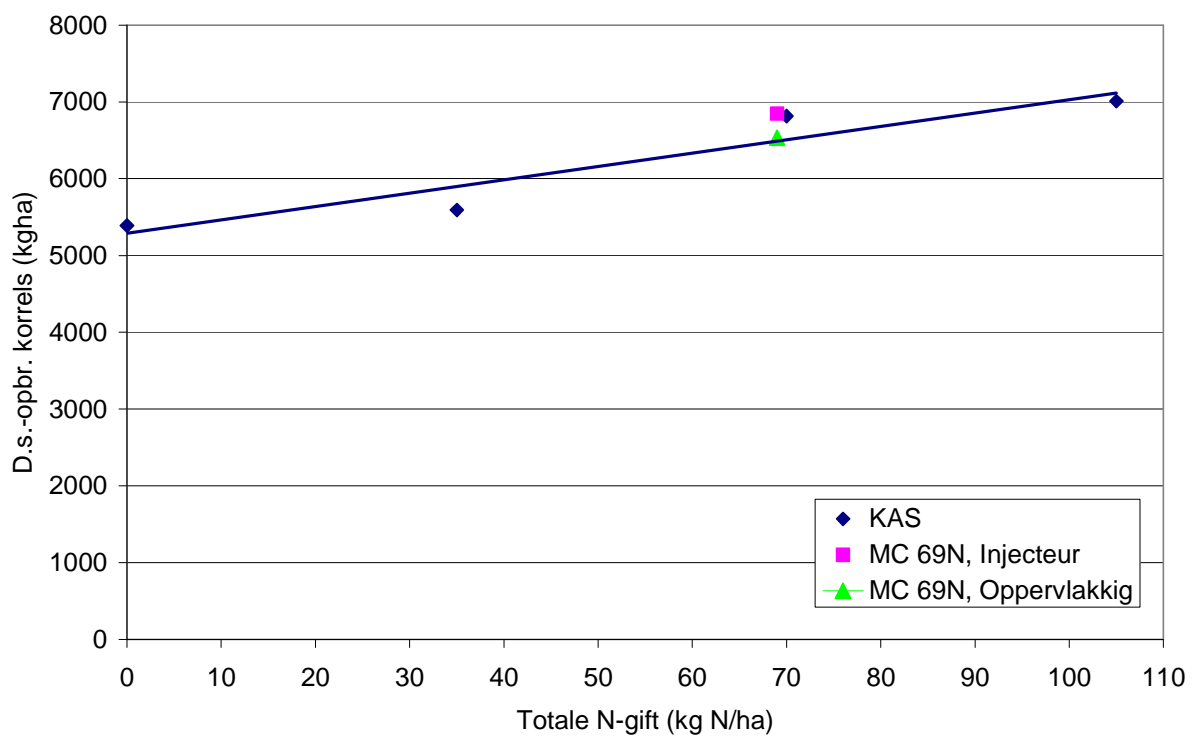
4.4 Zomergerst

In de zomergerststroef op dalgrond in 2009 was de N-werking van het MC, toegediend met een bouwlandinjecteur, hoger dan van KAS (n.s.). De N-werking van het MC bij oppervlakkige toediening was iets lager (n.s.) en nagenoeg gelijk aan KAS (tabel 17).

In de zomergerststroef op zandgrond in 2010 was de N-werking van het MC zowel bij bouwlandinjectie als oppervlakkige toediening beduidend (en significant) lager dan bij KAS (tabel 18). Bij oppervlakkige toediening was de N-werking nihil en significant lager dan bij bouwlandinjectie.

Tabel 17. **Werkzame N-gift en N-werkingscoëfficiënt t.o.v. KAS aan de basis in zomergerst op dalgrond in 2009**

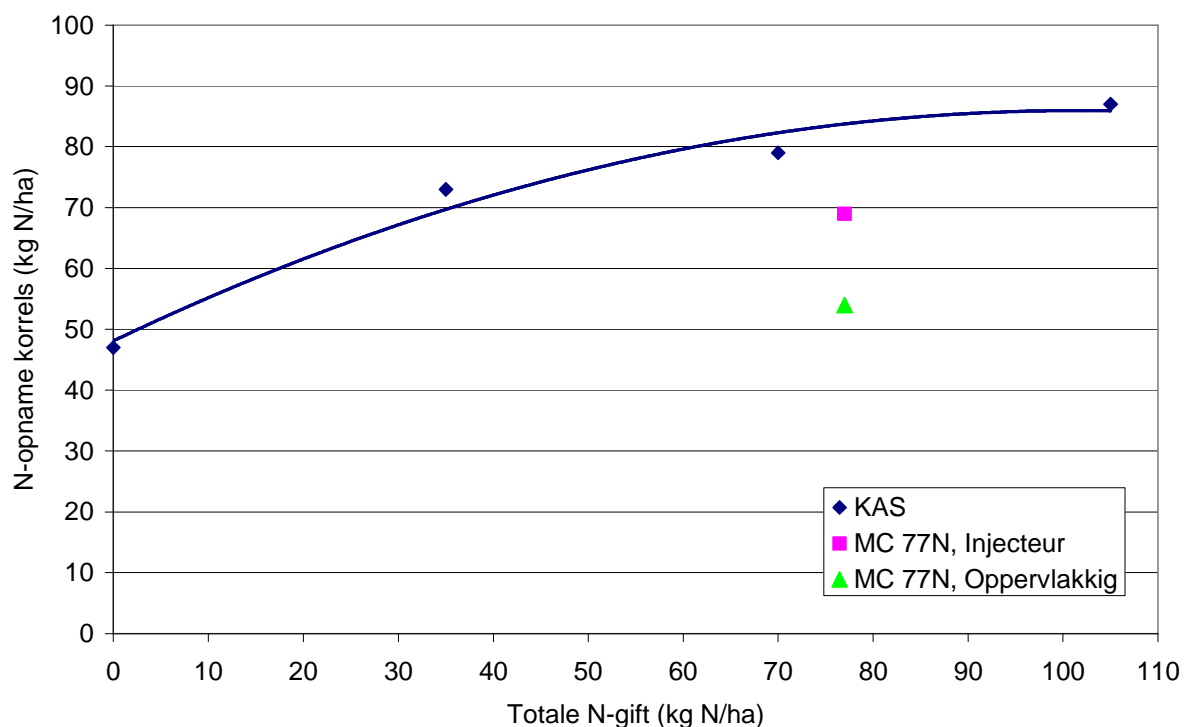
Meststof	Toediening	Dosering (kg N/ha)	Berekende werkzame N-gift (kg N/ha)	N-werkings- coëfficiënt	Stat. betrouwbaarheid	
					onderling	t.o.v. KAS
MC	bouwlandinjectie	69	89	1,29	a	niet sign.
MC	oppervlakkig	69	71	1,02	a	niet sign.



Figuur 10. **Drogestofopbrengst korrels (kg/ha) van zomergerst op dalgrond in 2009**

Tabel 18. **Werkzame N-gift en N-werkingscoëfficiënt t.o.v. KAS aan de basis in zomergerst op zandgrond in 2010**

Meststof	Toediening	Dosering (kg N/ha)	Berekende werkzame N-gift (kg N/ha)	N-werkings- coëfficiënt	Stat. betrouwbaarheid	
					onderling	t.o.v. KAS
MC	bouwlandinjectie	77	31	0,40	a	sign. lager
MC	oppervlakkig	77	7	0,09	b	sign. lager



Figuur 11. N-opname in de korrels van zomergerst op zandgrond in 2010

4.5 Snijmaïs

Zoals in paragraaf 2.2. is aangegeven, is voor de snijmaïsproef de N-werking van het MC afgeleid uit de apparent nitrogen recovery (ANR). In tabel 19 zijn de N-opname weergegeven, de berekende ANR en de N-werkingscoëfficiënt van het MC.

Tabel 19. N-opname, ANR en N-werkingscoëfficiënt in snijmaïs op zuidoostelijke zandgrond in 2010

Toedieningsmoment en -methode	Meststof	Dosering (kg N/ha)	N-opname (kg N/ha)	ANR	NWC
-	geen	0	128	-	
Volvelde, vóór ploegen en zaaien	MC	100	231	103%	1,29
Volvelde, vóór ploegen en zaaien	KAS	100	208	80%	
Rijenbemesting bij zaai	MC	100	201	73%	0,94
Rijenbemesting bij zaai	KAS	100	206	78%	
Rijenbemesting na opkomst	MC	100	200	72%	0,96
Rijenbemesting na opkomst	KAS	100	203	75%	
Rijenbemesting bij zaai	KAS	30	148	-	
Rijenbemesting bij zaai + rijenbem. na opkomst	KAS ¹ + MC ²	30 ¹ + 100 ²	212	64% ¹	0,70
Rijenbemesting bij zaai + rijenbem. na opkomst	KAS ¹ + KAS ²	30 ¹ + 100 ²	239	91% ¹	
LSD			24		

¹ ANR ten opzichte van alleen 30 kg N/ha in de rij bij zaai met KAS i.p.v. ten opzichte van het nulobject

De volvelde toediening vóór zaai van MC gaf een bijna significante, hogere N-opname dan de volvelde toediening van KAS. De ANR en de N-werking waren ook hoger en (bij gelijke N-gift) is dit verschil dan ook bijna significant.

Bij MC als rijenbemesting bij zaai was de N-opname niet hoger dan bij KAS (geen sign. verschil) en de ANR en NWC ook niet. De rijentoediening van MC na opkomst gaf een vrijwel gelijk N-opname, ANR en een NWC van bijna 1.

In combinatie met een startgift KAS in de rij bij zaai gaf de rijentoediening van MC na opkomst een significant lagere N-opname. De ANR en de NWC zijn dan (bij gelijke N-gift) ook significant lager.

4.6 Grasland

Om de NWC te berekenen is uitgegaan van de ANR bij een gelijke N-gift met KAS (162 resp. 137 kg N/ha). Deze is bepaald door lineaire interpolatie tussen de KAS-giften 132 kg N/ha en 176 kg N/ha.

De totale N-opname in de vier grassnedes was bij de aparte toediening van MC (bovenop de basisgift RDM) hoger ten opzichte van aanvulling met KAS, doch niet significant (figuur 2; tabel 20). De ANR en NWC zijn dan ook niet significant hoger (bij gelijke N-gift), zodat wordt gesteld dat de N-werking gelijkwaardig was aan KAS.

Bij de gecombineerde toediening van het MC met RDM was de N-opname bijna significant lager dan bij aparte toediening van het MC. De ANR en NWC zijn dan ook bijna significant lager (bij gelijke N-gift).

Tabel 20. **N-opname, ANR en N-werkingscoëfficiënt op grasland op zuidoostelijke zandgrond in 2010**

Meststof + doses (kg N/ha)	Meststof + doses ¹ (kg N/ha)	Totale N-gift (kg N/ha)	N-opname van 4 snedes (kg N/ha)	ANR	NWC
Geen	0	0	172	-	
RDM	146	146	213	-	
RDM	146	KAS 132	278	48%	
RDM	146	KAS 176	322	45%	
RDM	146	MC 162	308	51%	1,10
RDM/ MC ²	283	283	267	39%	0,82

¹ aanvullende, aparte gift

² gemengd toegediend, waarvan 146 kg N/ha uit RDM en 137 kg N/ha uit MC

5 Discussie en conclusies

In tabel 21 is de N-werking van het MC in de verschillende proeven samengevat en beoordeeld. De zetmeelaardappelproef op dalgrond in 2009 is hierin niet opgenomen vanwege het ontbreken van een goede N-respons (zie paragraaf 4.1). In geval van bijbemesting met MC is in tabel 21 de NWC weergegeven t.o.v. bijbemesting met KAS.

Het effect van MC op de gewasgroei en –opbrengst kon in de meeste proeven worden verklaard uit de stikstofwerking van het MC. Uitzonderingen hierop waren de aardappelproef op ZW klei en de rijntoepassing bij snijmaïs (zie verder hieronder).

Tabel 21. **N-werkingscoëfficiënt van het MC in de verschillende proeven**

Proef	Toedienings-moment	Toedienings-methode	NWC	Beoordeling
Zetmeelaard. dalgrond, 2010	basisbemesting	bouwländinjectie	1,26	gelijkwaardig aan KAS
	bijbemesting	slangen	1,30	gelijkwaardig aan KAS
Consumptieaard. ZO zand, 2010	basisbemesting	bouwländinjectie	1,23	gelijkwaardig aan KAS
	bijbemesting	slangen	0,82	gelijkwaardig aan KAS
Consumptieaard. ZW klei, 2010	basisbemesting	oppervlakkig	0,95	gelijkwaardig aan KAS
	idem i.c.m. VDM	oppervlakkig	0,48	lager dan KAS
	bijbemesting	slangen	0,52	lager dan KAS
Wintertarwe zware zeelei, 2009	2 ^e gift	sleufkouter	0,69	lager dan KAS
	2 ^e gift	slangen	1,19	gelijkwaardig aan KAS
	2 ^e gift i.c.m. 3 ^e gift KAS	sleufkouter	0,95	gelijkwaardig aan KAS
Wintertarwe zware zeelei, 2010	2 ^e gift	sleufkouter	1,02	gelijkwaardig aan KAS
	2 ^e gift	slangen	0,46	lager dan KAS
	2 ^e gift i.c.m. 3 ^e gift KAS	sleufkouter	0,95	gelijkwaardig aan KAS
Zomergerst dalgrond, 2009	basisbemesting	bouwländinjectie	1,28	gelijkwaardig aan KAS
	basisbemesting	oppervlakkig	1,02	gelijkwaardig aan KAS
Zomergerst zandgrond, 2010	basisbemesting	bouwländinjectie	0,40	lager dan KAS
	basisbemesting	oppervlakkig	0,09	lager dan KAS
Snijmaïs ZO zand, 2010	vóór zaaien	bouwländinjectie	1,29	lijkt beter dan KAS
	bij zaai	kouter	0,94	gelijkwaardig aan KAS
	na opkomst	kouter	0,95	gelijkwaardig aan KAS
	na opkomst i.c.m. startgift KAS bij zaai	kouter	0,70	lager dan KAS
Grasland ZO zand, 2010	vóór elke snede, apart	zodebemester	1,10	gelijkwaardig aan KAS
	vóór elke snede, gemengd met VDM	zodebemester	0,82	gelijkwaardig aan KAS

De in de proeven gevonden N-werkingscoëfficiënten varieerden tussen de gewassen, jaren en toedieningsmethoden. In het algemeen is de ervaring met bemestingsonderzoek met dierlijke mest dat de gevonden NWC's sterk kunnen fluctueren tussen proeven.

Groei- en weersomstandigheden zijn hierin mede bepalend. Bij niet-emissiearme toediening spelen de weersomstandigheden tijdens en direct na toediening een belangrijke rol. Bij regenachtig weer treedt minder ammoniakvervluchtiging op en is de N-werking hoger dan bij scherp zonnig weer en veel wind. Verder kan de N-benutting van stikstof uit KAS variëren, afhankelijk van de toedieningsmethode en de weersomstandigheden. In geval van droogte en oppervlakkige toediening van de kunstmestkorrels is de N-benutting slechter dan bij inwerken en/of vochtige omstandigheden. Als de benutting van stikstof uit KAS slechter is en die van het MC niet (omdat het in de grond is gebracht), dan komt de afgeleide N-werking van het MC relatief hoger uit dan bij een betere N-benutting uit KAS. In een ideale vergelijking zouden de toedieningsmethode en formulering (vloeibaar of vast) van de te vergelijken meststoffen gelijk moeten zijn.

Verder moet worden bedacht dat een klein verschil in N-opname tot een relatief groot verschil leidt in berekende NWC. Fictief voorbeeld: een aardappelgewas zonder N-bemesting neemt 100 kg N/ha op in de knollen. Met een N-gift van 100 kg N/ha uit KAS neemt het 150 kg N/ha op. Met een N-gift van 100 kg N/ha uit MC neemt het 145 kg N/ha op. De NWC van het MC t.o.v. KAS is dan 90%. Als de gemeten N-opname bij toediening van MC 140 of 135 kg N/ha bedraagt, dan daalt de NWC naar 80% resp. 70%. Veldvariatie (c.q. de toevallige afwijking) heeft een vrij sterke (storende) invloed op het gevonden resultaat. Daarom is het bij de beoordeling van de NWC van belang of het verschil t.o.v. KAS (NWC 1) of andere MC-objecten ook daadwerkelijk significant is.

In de proeven van dit aanvullende mineralenconcentratenproject is de NWC van het MC veelal vastgesteld op basis van één N-gift, welke is vergeleken met een responscurve van N-trappen met KAS. De veldvariatie heeft dan een grotere invloed dan wanneer met het MC ook meerdere N-trappen worden aangelegd, zoals in de proeven van de LNV-pilot is gedaan. In dat geval wordt de responscurve van het MC vergeleken met de responscurve van KAS en wordt de invloed van veldvariatie beter ondervangen.

Wanneer bestaande vuistregels voor het schatten van de NWC van dierlijk mest², worden gehanteerd voor mineralenconcentraten, zou in geval van bouwlandinjectie vóór poten bij aardappel een N-werking van 90-95% mogen worden verwacht. Dit werd in de aardappelproeven ruimschoots behaald. Zelfs bij de oppervlakkige toediening in 2010 in de proef op ZW klei, werd een N-werking van 95% behaald. Dit duidt op weinig ammoniakvervluchtigingsverlies, mogelijk omdat het MC snel in de grond zakt. Dat de opbrengst achterbleef op deze locatie, lag niet aan de N-werking van het MC maar aan het opgetreden structuurbederf door het berijden met de mestmachine in combinatie met droogte.

Overigens was de N-werking van de oppervlakkig toegediende VDM in de proef op ZW klei met circa 70% ook hoog. Op basis van de gehalten Nm en Norg in de mest zou op grond van de voornoemde vuistregels bij emissie-arme aanwending via bouwland injectie een N-werking mogen worden verwacht van 75-80%. Dat de N-werking bij oppervlakkige toediening slechts weinig lager was, duidt erop dat de ammoniakemissie toch relatief laag is geweest.

Opmerkelijk is dat bij toediening van VDM plus MC de N-werking lager was (58%; tabel 14) dan bij toediening van de beide meststoffen afzonderlijk (hoewel de onderlinge verschillen niet significant waren). Als er vanuit wordt gegaan dat de werking van de VDM gelijk was aan die van de enkelvoudige toediening, dan valt de berekende N-werking van het MC laag uit: 48%. Mogelijk is er bij deze combinatie toch meer ammoniakvervluchting opgetreden, doordat een groter totaalvolume aan vloeibare mest is toegediend en het misschien langer duurde voor het geheel in de grond was gezakt dan bij de enkelvoudige toepassingen.

De toediening met een zodebemester van het MC gemengd met RDM in de graslandproef leidde ook tot een lagere N-werking van het MC dan de aparte toediening. Een mogelijke verklaring is dat het mengsel van MC en drijfmest minder snel in de grond zakt dan MC afzonderlijk (omdat RDM en daardoor ook het mengsel dikker is) en dat er dan meer ammoniak kan vervluchtigen omdat het MC langer in contact staat met de lucht boven maaiveld. Ook het verschil in tijdstip van toediening kan een rol hebben gespeeld. Mengen van RDM en MC heeft het nadeel dat MC eigenlijk vroeger wordt toegediend dan bij een gescheiden toepassing. Bij de gescheiden toepassing is het MC een week later toegediend, waarbij bewust is gewacht op gunstige weersomstandigheden (weinig risico van ammoniakvervluchting).

Bijbemesting in aardappel met MC, toegediend via slangen, liet een wisselend beeld zien. In de aardappelproef op dalgrond in 2010 en die op ZO zand was de N-werking gelijkwaardig aan die van KAS. In de proef op ZW klei was de N-werking duidelijk lager dan van KAS. Wellicht kwam dit omdat het gewas op het moment van toediening in de kleiproef veel opener was (50% grondbedekking door het loof) dan in de proeven op zand- en dalgrond ($\geq 80\%$ grondbedekking). Maar er zou ook een verband kunnen zijn met grondsoort (zand – klei, kalkarm – kalkrijk, $\text{pH} < 7$ – $\text{pH} > 7$). Op basis van één kleiproef op één locatie in één jaar is het vooralsnog gissen naar de oorzaak.

² Dijk, W. van & W. van Geel (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 100 pp. + bijlagen. Website Kennisakker (www.kennisakker.nl)

Bij toediening van het MC in wintertarwe als 2^e N-gift met een sleufkouter zou op basis van de vuistregels een N-werking mogen worden verwacht van 65-70%, vanwege een hogere ammoniakvervluchtiging bij deze toedieningsmethode³. Deze N-werking werd in de wintertarweproef van 2009 ook behaald en in de proef van 2010 was de N-werking van het MC zelfs hoger c.q. gelijk aan die van KAS. Hier kan meespelen dat de ammoniakemissie bij minder-emissiearme toediening misschien lager is geweest dan in geval van drijfmest, omdat het MC sneller in de grond zakt. Maar ook de langdurige droogte in het voorjaar van 2010 kan een rol hebben gespeeld. De stikstof in kunstmestkorrels die bovenop de grond worden gestrooid, wordt bij droogte minder goed of minder snel door het gewas opgenomen (benut) dan de stikstof in een vloeibare meststof die in de grond wordt gebracht (in dit geval MC).

Oppervlakkige toediening van het MC via slangen leek in 2009 een hogere N-werking te geven dan de toediening met een sleufkouter, maar in 2010 een beduidend lagere N-werking. De tarwe was op het moment van toediening in 2009 goed ontwikkeld en in 2010 veel minder ver ontwikkeld. Dit zou kunnen verklaren dat de N-werking van het MC in 2010 lager was: meer ammoniakemissie door een opener gewas. Tot slot is opmerkelijk in de tarweproeven dat bij het proefobject waarbij nog een 3^e N-gift met KAS werd toegediend, een in beide jaren wel gelijke N-werking van het MC werd gevonden van 95%. Dit roept de vraag op welke factoren er allemaal van invloed zijn op de N-werking van het mineralenconcentraat.

In de zomergerstproef op dalgrond in 2009 gaven zowel bouwlandinjectie van het MC als de oppervlakkige toediening van het MC een gelijkwaardige N-werking als KAS (en onderling geen significant verschil). Daarentegen was de N-werking in de proef op zand van 2010 bij beide toedieningsmethoden beduidend lager dan van KAS en bij de oppervlakkige aanwending ook beduidend lager dan bij bouwlandinjectie. De resultaten van deze proef geven aan dat er bij oppervlakkige toediening mogelijk meer ammoniakvervluchtigingsverlies is opgetreden. Echter ook bij bouwlandinjectie bleef de N-werking sterk achter bij wat er volgens de vuistregels had verwacht had mogen worden: 90-95%. Weliswaar had het gewas te leiden van de droogte, maar dat geldt voor het met KAS bemeste gewas. Een goede verklaring voor die lage N-werking ontbreekt.

Zowel in de tarwe- als gerstproef deed de oppervlakkige toediening het in 2009 niet slechter dan de emissie-arme toediening en in 2010 wel. De oorzaak van dit verschil tussen de beide jaren is niet duidelijk. Het is niet toe te schrijven aan de weersomstandigheden na toediening. In beide jaren was het na de toediening droog en zonnig, wat de ammoniakvervluchtiging bevordert. De mate van gewasontwikkeling zou een rol kunnen hebben gespeeld bij de tarwe maar niet bij de gerst (toediening vóór zaai). Overigens staat niet met zekerheid vast dat de lage N-werking is veroorzaakt door meer ammoniakemissie, want deze is niet direct gemeten.

Het is van belang om te weten welke factoren bij niet-emissiearme aanwending van MC de N-werking beïnvloeden. Als dat bekend is, kan het MC met de emissiearme toedieningstechnieken misschien op het juiste moment of op de juiste plaats worden aangewend om een zo hoog mogelijke N-werking te verkrijgen.

In de snijmaïsproef op ZO zand was de N-werking van het MC gelijkwaardig aan KAS, met uitzondering van de rijtoepassing na opkomst waarbij reeds een startgift met KAS in de rij was toegediend bij zaai. Het is van belang om nader te onderzoeken of dit laatste een incident was of dat het een structureel effect is. Overigens leidde de rijtoepassing na opkomst zonder startgift bij zaai niet tot een lagere drogestofproductie en wellicht is die startgift bij zaai niet nodig. Dit kan echter niet op basis van één proef met zekerheid worden vastgesteld.

Mogelijk heeft de plaatsing van kali in de rij door rijenbemesting met het MC de opbrengst extra verhoogd ten opzichte van volvelds bemesting met kali bij het kunstmestobject.

Rijenbemesting met MC bij zaai of na opkomst in snijmaïs lijkt een perspectiefvolle toepassing, als aanvulling op een basisgift drijfmest of, met name voor zuidelijk en zuidoostelijk zandgebied, als vervanging van de drijfmestgift. In dit gebied is de fosfaattoestand van de percelen veelal hoog en leidt het weglaten van een fosfaatgift niet of nauwelijks tot een opbrengstdaling. De N-gebruiksnorm voor maïs is de afgelopen jaren verlaagd en wordt mogelijk nog wat verder verlaagd. De N-gebruiksnorm ligt gemiddeld genomen

³ Dijk, W. van & W. van Geel (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 100 pp. + bijlagen. Website Kennisakker (www.kennisakker.nl)

onder het niveau van de optimale N-gift in geval van volvelds toediening. In geval van rijtoediening wordt de stikstof echter efficiënter benut door de maïs³ en heeft een verlaagde gift à 120 werkzame N per ha niet of nauwelijks nadelig effect op de opbrengst. Uiteraard is wel van belang dat deze toepassing op praktijkschaal goed kan worden uitgevoerd. Dit vraagt mogelijk nog om aanvullend onderzoek of (door)ontwikkeling van de toedieningstechniek.

Conclusies

Bij toepassing van het MC via bouwlandinjectie vóór poten of zaaien van het gewas was de N-werking van het MC in de meeste proeven gelijkwaardig aan de werking van KAS. Enige uitzondering hierop was de zomergerstproef op zand in 2010, waarvoor geen goede verklaring is.

Bij toepassing van het MC op grasland met een zodebemester was de N-werking van het MC eveneens gelijkwaardig aan die van KAS.

Bij toepassing van het MC als 2^e gift in wintertarwe met een sleufkouter was de N-werking in de proef van 2009, conform verwachting, lager dan die van KAS (meer risico van ammoniakvervluchtigingsverlies dan bij bouwlandinjectie). In de proef van 2010 was er echter geen verschil met KAS.

De bijbemesting van MC met slangen in de aardappelproeven gaf in de proeven van 2010 op zand- en dalgrond een gelijkwaardige N-werking als KAS en in de kleiproef een lagere, mogelijk door minder grondbedekking door het loof in de kleiproef.

Toediening van MC met de slangenmachine in wintertarwe gaf in 2009 een vergelijkbaar resultaat als KAS, in 2010 was de NWC lager.

Oppervlakkige toediening van het MC (niet in de grond gebracht) voor zomergerst gaf in 2009 een vergelijkbaar resultaat als KAS (en als bouwlandinjectie), maar in 2020 was de N-werking aanzienlijk slechter.

Het is (nog) niet duidelijk welke factoren bij niet-emissiearme aanwending van het MC de N-werking beïnvloeden.

Toediening van MC gemengd met drijfmest leidde tot een lagere N-werking dan het apart toedienen van het MC.

Rijenbemesting met MC bij zaai of na opkomst in snijmaïs lijkt een perspectievolle toepassing, mits het op praktijkschaal technisch goed kan worden uitgevoerd.

Bij toepassing van MC in het vroege voorjaar op kleigrond is er evenals bij toediening van onbewerkte drijfmest, kans op structuurschade. Ook bij de toepassing van MC blijft dit dus een knelpunt.

