



Stikstofwerking van mineralenconcentraten bij aardappelen

Verslag van veldonderzoek in 2009 en 2010

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



Stikstofwerking van mineralenconcentraten bij aardappelen

Verslag van veldonderzoek in 2009 en 2010

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

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 475

Dit onderzoek is gefinancierd door:



Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie
Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Productschap Vee en Vlees
Productschap Zuivel

Projectnummer: 32 501 316 00

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten**

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 OPZET EN UITVOERING	11
2.1 Proeflocaties	11
2.2 Objectkeuze	11
2.3 Proefaanleg en uitvoering	13
2.4 Statistische analyse	15
3 RESULTATEN	17
3.1 Weersverloop, toediening en gewasontwikkeling	17
3.1.1 Weersverloop	17
3.1.2 Waarnemingen bij de toediening.....	17
3.1.3 Gewasontwikkeling.....	19
3.2 Opbrengst en N-opname 2009.....	20
3.3 Opbrengst en N-opname 2010.....	22
3.4 Nmin na oogst.....	26
3.5 Stikstofwerkingscoëfficiënten.....	27
4 DISCUSSIE	31
5 CONCLUSIES	35
REFERENTIES.....	37
BIJLAGE 1. N- EN K-GEHALTEN VAN DE MINERALENCONCENTRATEN.....	38
BIJLAGE 2. TOEGEDIENDE HOEVEELHEDEN MINERALEN.....	39
BIJLAGE 3. BODEMVRUCHTBAARHEIDSGEGEVENS	49
BIJLAGE 4. REGISTRATIE TEELT EN UITVOERING PER PROEF.....	51
BIJLAGE 5. RESULTATEN PER OBJECT PER PROEF	53
BIJLAGE 6. WEERSGEGEVENS.....	57
BIJLAGE 7. GEFITTE CURVES VOOR AFLEIDING N-WERKINGSCOËFFICIËNT PROEF LELYSTAD 2010	59

Samenvatting

Mestverwerking wordt gezien als één van de mogelijkheden om de druk op de mestmarkt in Nederland te verlichten. Dit kan door de mest te scheiden in een dunne en dikke fractie. Indien hierbij gebruikt wordt gemaakt van ultrafiltratie of gelijkwaardige industriële technieken en omgekeerde osmose, ontstaat een mineralenconcentraat (MC) dat gebruikt kan worden als kunstmestvervanger.

In 2009 zijn de ministeries van LNV (thans EL&I) en VROM (thans I&M) samen met het landbouwbedrijfsleven een pilot gestart waarbinnen onder andere onderzoek plaatsvindt naar de landbouwkundige en milieukundige effecten van het gebruik van mineralenconcentraten. In deze pilot zijn in 2009 en 2010 veldproeven uitgevoerd bij gras en aardappel. Doel van dit veldonderzoek was het vaststellen van de N-werking van de concentraten bij emissiearme toediening ten opzichte van kalkammonsalpeter (KAS), de meest gangbare kunstmeststikstof in Nederland. Naast mineralenconcentraten is in het onderzoek bij aardappel ook de dikke fractie meegenomen. Dit rapport beschrijft de resultaten van de aardappelproeven. Het onderzoek is behalve door de ministeries van EL&I en I&M gefinancierd door het productschap Zuivel en het productschap Vee en Vlees. De regie van het onderzoek en gerelateerde zaken in de pilot vonden plaats door de ministeries van EL&I en I&M, door LTO Nederland en door de Nederlandse Varkenshouders (NVV).

Proefopzet en uitvoering

In zowel 2009 als 2010 zijn twee proeven uitgevoerd (totaal vier). In beide jaren is een proef aangelegd in consumptieaardappel op kleigrond te Lelystad (Flevoland) en in zetmeelaardappel op zandgrond te Rolde (Drenthe).

In de proeven is zowel de toepassing van concentraten vóór als na het poten (vóór rugopbouw en bij knolzetting) onderzocht. De vaste fractie is alleen beproefd bij de basisbemesting.

Bij de toepassing *vóór het poten* zijn drie verschillende mineralenconcentraten en één vaste fractie vergeleken met KAS. In alle proeven is een N-trappenreeks met KAS aangelegd, toegediend als eenmalige gift: 0, 50, 100, 150 en 200 kg N/ha. De drie concentraten zijn elk in drie doseringen toegediend: 50, 100 en 150 kg N-totaal per ha. Bij de concentraten is ook een nulobject opgenomen, waarbij de injectiekouters door de grond zijn getrokken zonder het concentraat te doseren. Dit om te beoordelen of er een effect is van grondverstoring door de kouters. De vaste fractie is vóór poten verspreid (50, 100 en 150 kg N/ha) en vervolgens ingewerkt met een eg.

In 2010 is als extra kunstmestreferentie ook vloeibare ammoniumnitraat meegenomen. Verder is, eveneens in 2010, één van de concentraten aangezuurd teneinde na te gaan in hoeverre ammoniakemissie een rol speelt bij de toediening.

Bij de toepassing *na het poten* is het MC toegediend vóór rugopbouw en bij knolzetting. De toepassing vóór rugopbouw is alleen meegenomen op kleigrond. Als op klei de condities voor mesttoediening vóór het poten ongunstig zijn (te nat) past het beter om de mest enkele weken later toe te dienen onder drogere omstandigheden, om structuurschade aan de bodem te voorkomen. De toediening vindt dan plaats vlak voor de rugopbouw. Dit is beproefd bij één N-niveau. Bij alle objecten is vóór poten 50 kg N/ha gestrooid met KAS en bij rugopbouw is 100 kg N/ha toegediend met KAS dan wel met de drie concentraten. De toediening bij knolzetting is zowel op klei als zand onderzocht. Bij alle objecten is vóór poten 100 kg N/ha gestrooid met KAS (basisbemesting) en bij knolzetting is 50 kg N/ha toegediend met KAS dan wel met de drie concentraten.

Voor de toediening van de concentraten en de vloeibare ammoniumnitraat is gebruik gemaakt van een proefveldmachine waarmee de producten emissiearm konden worden toegediend met behulp van injectiekouters. Bij de toediening vóór het poten stonden de kouters op een afstand van 17 cm. Bij de toediening na het poten zijn de concentraten midden tussen de ruggen geïnjecteerd.

Het N-totaalgehalte van de mineralenconcentraten liep uiteen van 4,2 tot 8,7 kg N per ton. Het aandeel minerale stikstof varieerde van 89% tot 95%. Het N-totaalgehalte van de vast fractie bedroef 13-14 kg N per ton en het aandeel minerale stikstof 42-53%.

Effecten op marktbaar opbrengst en N-opname

Bij de basisbemesting was in alle proeven de marktbaar opbrengst en knoldrogestofopbrengst bij de concentraten lager dan bij KAS. Alleen bij de proef in Lelystad in 2009 was dit effect statistisch significant. De N-opname in de knollen was bij de concentraten ook lager dan bij KAS. Dit effect was te Lelystad in beide jaren significant en te Rolde alleen in 2010. In het algemeen waren de verschillen tussen concentraten en KAS op klei wat groter dan op zandgrond.

De verschillen tussen de beproefde concentraten onderling waren klein en niet significant.

Het aanzuren van het concentraat leidde in Lelystad niet tot significante effecten op de opbrengst en de N-opname. Te Rolde resulteerde aanzuren in een significant hogere N-opname en droge-stofopbrengst. Het uitbetalingsgewicht was ook hoger, maar niet significant.

Door het aanzuren werd de pH verlaagd van 8,3 naar 7,2 (Lelystad) en 6,7 (Rolde). De pH-verlaging was minder sterk dan verwacht.

In Lelystad was bij de basisbemesting de N-opname bij gebruik van vloeibare ammoniumnitraat significant lager dan bij KAS en vergelijkbaar met die van de concentraten. Te Rolde kon slechts bij één N-niveau een vergelijking worden gemaakt. Daarbij kwamen geen significante verschillen tussen vloeibaar ammoniumnitraat en KAS naar voren.

Bij de bijbemesting waren de marktbaar opbrengst en knoldrogestofopbrengst in 2009 bij de concentraten lager dan bij KAS. Alleen in Lelystad was dit effect significant. De N-opname in de knollen was op beide locaties bij de concentraten significant lager dan bij KAS.

In 2010 werden geen significante verschillen in opbrengst (zowel marktbaar als drogestof) en N-opname in de knollen tussen de concentraten en KAS gevonden.

Bij de vaste fractie was in alle proeven zowel de opbrengst als de N-opname in de knollen lager dan bij KAS. Voor de opbrengst was dit effect alleen bij de proeven in Lelystad significant. Voor de N-opname was dit voor alle vier de proeven het geval.

In Lelystad werd in 2009 na de oogst bij de MC-objecten een significant hogere hoeveelheid minerale bodem-N (van circa 10 kg N per ha) gemeten. In Rolde in 2009 en op beide locaties in 2010 was de hoeveelheid minerale N bij MC gelijk aan die van KAS. In 2010 kunnen door de natte nazomer verschillen mogelijk wel vroegtijdig zijn genivelleerd.

N-werkingscoëfficiënt

De N-werkingscoëfficiënten (NWC) van mineralenconcentraat en vaste fractie zijn berekend voor zowel de marktbaar opbrengst, de droge-stofopbrengst als de N-opname in de knollen. Voor de basisbemesting is de NWC afgeleid via regressieanalyse op basis van verschillen in de gefitte responscurves tussen MC en vaste fractie enerzijds en KAS anderzijds. Bij de bijmestobjecten is de NWC van MC afgeleid uit vergelijking van de meetpunten van de bijmestobjecten met de meetpunten van de bijmestobjecten met KAS.

Door de zwakke respons te Rolde in 2010 was het niet mogelijk om voor de marktbaar en droge-stofopbrengst met het regressiemodel een NWC uit te rekenen. Voor de N-opname lukte dat wel voor alle vier de proeven.

De fit bij de N-opname was in het algemeen beter was dan bij de marktbaar en droge-stofopbrengst. Verder is de N-opname de meest directe maatstaf om meststoffen op basis van N-efficiëntie of risico op N-verlies te vergelijken. Daarom wordt hierna ingegaan op de NWC gebaseerd op de N-opname. De afgeleide NWC's op basis van N-opname zijn weergegeven in tabel S1.

De NWC van mineralenconcentraat in de proef op klei varieerde van 0,78 (2009) tot 0,81 (2010) en in de proef op zand van 0,86 (2009) tot 0,78 (2010). Gemiddeld over de beide proeven bedroeg de NWC op klei 0,80 en op zand 0,82. Gebaseerd op de samenstelling van de concentraten en de toedieningsmethode

(injectie; ammoniakemissie $\leq 5\%$) werd een NWC van ruim 0,9 verwacht. De gevonden waarde is dus wat lager.

Bij de bijbemesting waren de resultaten wisselend tussen de jaren. In 2009 werd een lage NWC gevonden (0,40-0,58) en in 2010 hoge waarden (> 1). Doordat de NWC op slechts één meetpunt is gebaseerd is, in vergelijking met de basisbemesting, het lastiger deze betrouwbaar te kunnen bepalen.

Bij de vaste fractie werd in drie van de vier proeven een relatief lage NWC gevonden van 0,32-0,34. Alleen te Rolde in 2009 werd een hogere NWC gevonden van 0,55. Gebaseerd op de samenstelling van de vaste fractie was een NWC van 0,60-0,65 verwacht.

Indien voor de proef te Lelystad in 2009 de N-opname in de knollen en de N_{min} 0-60 cm na oogst worden opgeteld, komt de NWC voor mineralenconcentraat gemiddeld uit op 0,89 en voor de vaste fractie op 0,34. De NWC voor mineralenconcentraat komt dan in die proef wel overeen met de verwachte NWC.

De NWC van het aangezuurde A-concentraat verschilde in de proef te Lelystad in 2010 niet significant van de NWC van het niet-aangezuurde concentraat (voor geen van de drie variabelen). In de proef van 2010 te Rolde, was de NWC van het aangezuurde A-concentraat hoger dan van het niet-aangezuurde concentraat, maar het verschil was niet significant.

Conclusie

De NWC van mineralenconcentraat bij basisbemesting van aardappelen bedroeg gemiddeld over de vier proeven (waarvan twee op klei en twee op zand) 0,81. De NWC bij bijbemesting varieerde sterk (0,40-0,58 in 2009 en hoger dan 1 dan in 2010), maar door de gekozen proefopzet was de NWC bij bijbemesting minder nauwkeurig vast te stellen dan die bij basisbemesting.

Tabel S1. **Afgeleide N-werkingscoëfficiënten van mineralenconcentraat (MC) en vaste fractie ten opzichte van kalkammonsalpeter (KAS) op basis van N-opname in de knollen**

	Lelystad		Rolde	
	2009	2010	2009	2010
MC basisbemesting	0,78	0,81	0,86 (n.s.)	0,78
Vlb. ammoniumnitraat basisbem.	–	0,65	–	–
MC bij rugopbouw	0,58	1,21 (n.s.)	–	–
MC bij knolzetting	0,44 (n.s.) ¹	1,04 (n.s.)	0,40	1,12 (n.s.)
Vaste fractie basisbemesting	0,34	0,32	0,55	0,34

¹ n.s. = niet significant verschillend van KAS c.q. van 1

1 Inleiding

Mestverwerking wordt gezien als één van de mogelijkheden om de druk op de mestmarkt in Nederland te verlichten. Dit kan door de mest te scheiden in een dunne en dikke fractie. Indien hierbij gebruikt wordt gemaakt van ultrafiltratie of gelijkwaardige industriële technieken en omgekeerde osmose ontstaat een 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 kalkammonsalpeter (KAS)). Als bijvoorbeeld 100 kg N-totaal per ha uit een dierlijke mestproduct tot eenzelfde productie of stikstofopname door het gewas leidt als 70 kg N/ha uit KAS, dan bedraagt de N-werking van dit product 70%.

Voor (wettelijke) erkenning van mineralenconcentraten als kunstmestvervanger is het belangrijk dat de stikstofwerking die van echte kunstmest benadert. De werking zal naar verwachting wat lager zijn dan van kunstmeststikstof 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 risico's van ammoniakemissie kunnen worden beperkt door het concentraat met emissie-arme technieken toe te dienen. Op basis van bestaande vuistregels voor de N-werking van dierlijke mest (Van Dijk & van Geel, 2010), is geschat dat de N-werking van mineralenconcentraten in geval van bouwlandinjectie 90-95% bedraagt ten opzichte van KAS.

Ehlert en Hoeksma (2011) berekenden dat gemiddeld de werkingscoëfficiënt van concentraat 94% kan bedragen als er geen ammoniakemissie optreedt. Door verlies van ammoniak wordt geschat dat de berekende werkingscoëfficiënt zal variëren van 76-90% op bouwland en bij zodebemesting op grasland van 67-81%.

In 2009 zijn de ministeries van LNV (thans EL&I) en VROM (thans I&M) samen met het landbouwbedrijfsleven een pilot gestart waarbinnen onder andere onderzoek plaatsvindt naar de landbouwkundige en milieukundige effecten van het gebruik van mineralenconcentraten. Daartoe zijn veldproeven uitgevoerd in 2009 en 2010 op grasland en op bouwland in het gewas aardappel. Doel van dit veldonderzoek was het vaststellen van de N-werking van de concentraten bij emissiearme toediening ten opzichte van KAS, de meest gangbare kunstmeststikstof in Nederland. Naast mineralenconcentraten is in het onderzoek op bouwland ook de dikke fractie meegenomen.

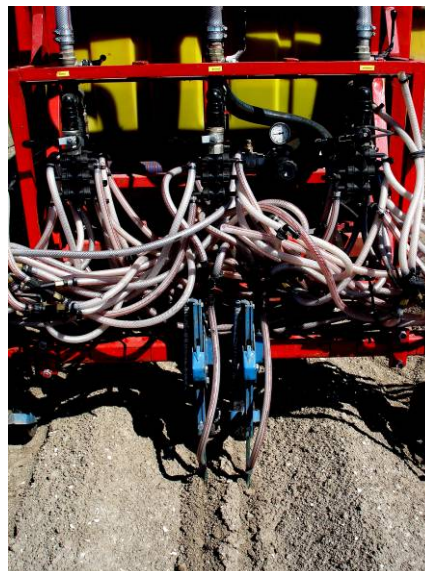
Het onderzoek is behalve door de ministeries van EL&I en I&M gefinancierd door het productschap Zuivel en het productschap Vee en Vlees. De regie van het onderzoek en gerelateerde zaken in de pilot vonden plaats door de ministeries van EL&I en I&M, door LTO Nederland en door de Nederlandse Vakbond van Varkenshouders (NVV).

Dit verslag gaat in op de veldproeven met aardappel op bouwland. In hoofdstuk 2 is de opzet en uitvoering van de proeven beschreven. De resultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 3 en worden bediscussieerd in hoofdstuk 4. Het rapport wordt afgesloten met de meest relevante conclusies.

In een separaat rapport zijn de resultaten op grasland weergegeven (Van Middelkoop & Holshof, 2011).



Figuur 1. Toediening van de mineralenconcentraten vóór poten van de aardappelen (april)



Figuur 2. Toediening van de mineralenconcentraten vóór rugopbouw (mei)



Figuur 3. Toediening van de mineralenconcentraten bij knolzetting (juni)

2 Opzet en uitvoering

2.1 Proeflocaties

Voor bouwland is een proef aangelegd in consumptieaardappel op kleigrond op het proefbedrijf van PPO te Lelystad (Flevoland) en in zetmeelaardappel op zandgrond op PPO-proefbedrijf Kooijenburg (KB) te Rolde (Drenthe). De proefvelden te Lelystad betroffen zowel in 2009 als 2010 een kalkrijke, matig humusarme, matig lichte zavelgrond. Te Rolde betrof het in beide jaren een matig humeuze zandgrond. De bodemvruchtbaarheidgegevens van de proefpercelen, zoals gemeten door Blgg te Oosterbeek, zijn weergegeven in bijlage 3.

Op beide locaties is een ras met een hoge stikstofbehoefte gekozen, om een zo sterk mogelijke respons op de stikstofgift te verkrijgen, waardoor verschillen tussen de proefobjecten zo goed mogelijk tot uiting kunnen komen. Te Lelystad betrof dit het ras Maritiema en te Rolde Seresta, dat tevens het meest geteelde zetmeelaardappelras is.

2.2 Objectkeuze

Het mineralenconcentraat is beproefd als basisbemesting (vóór poten) en als bijbemesting (vóór rugopbouw en vóór knolzetting). De vaste fractie is alleen meegenomen bij de basisbemesting. Bij de basisbemesting zijn van elk mestproduct drie doseringen opgenomen en bij de bijbemesting één dosering. Voor het bepalen van de stikstofwerking is met name de basisbemesting maatgevend.

Basisbemesting

In tabel 1 zijn alle proefobjecten als basisbemesting weergegeven. Als referentie is in de proef op beide locaties, in beide jaren een N-trappenreeks met KAS aangelegd, toegediend als eenmalige gift vlak vóór het poten van de aardappelen: 0, 50, 100, 150 en 200 kg N/ha. Deze objecten zijn in vier herhalingen opgenomen in de proef.

Verder zijn drie mineralenconcentraten opgenomen om uitspraken over de landbouwkundige waarde van het product mineralenconcentraat niet te baseren op één product, maar op meerdere. In de proeven van 2009 betrof dit de concentraten van de installaties A, C en D en in de proeven van 2010 die van de installaties A, B en E. De concentraten zijn geselecteerd op basis van hun samenstelling, waarbij is gestreefd naar variatie in samenstelling van de opgenomen concentraten (o.a. N-mineraal/N-totaal-verhouding).

Alle drie de concentraten zijn toegediend in drie doseringen vlak vóór poten: ± 50 , ± 100 en ± 150 kg N-totaal per ha. Deze objecten zijn in twee herhalingen opgenomen in de proef. Het product mineralenconcentraat kwam dus bij elke N-trap zes keer voor in de proef.

Er is ook een nulobject opgenomen (in vier herhalingen) waarbij de toedieningskouters van de mestmachine door de grond zijn getrokken zonder mest te doseren. Dit om te beoordelen of er een effect is van grondverstoring door de kouters.

Tot slot is als basisbemesting in alle proeven een dikke fractie meegenomen, toegediend en ingewerkt vóór poten bij giften van ± 50 , ± 100 en ± 150 kg N totaal per ha (in vier herhalingen). In 2009 betrof het de dikke fractie van installatie C en in 2010 die van installatie B.

In 2010 is als basisbemesting in beide proeven ook vloeibaar ammoniumnitraat opgenomen in doseringen van 50, 100 en 150 kg N/ha (in vier herhalingen). Dit als een tweede referentie, waarbij de vorm van de meststof (vloeibaar) en toediening gelijk zijn aan die van het mineralenconcentraat.

Verder is in de proeven van 2010 concentraat A aangezuurd en als extra object (Az) in de proeven opgenomen, naast het niet-aangezuurd concentraat. Met het aanzuren werd beoogd stikstofverlies door ammoniakvervluchtiging te reduceren, waardoor de N-werking hoger uitkomt. Er is aangezuurd met propionzuur, dat de dag voor toediening aan het concentraat is toegevoegd. Er is voor propionzuur

gekozen, omdat het veiliger is met dit zwakke zuur te werken dan met sterke zuren en omdat met dit zuur geen begeleidende stoffen worden toegevoegd die ook in meststoffen zitten. Bij de sterke zuren zwavelzuur (zwavel), salpeterzuur (nitraat) en zoutzuur (chloor) is dat wel het geval.

Tabel 1. **Schematisch overzicht van de proefobjecten als basisbemesting**

Meststof	Typen	N-trappen (kg N/ha)	herh.	LE09 ¹	KB09 ¹	LE10 ¹	KB10 ¹
Nulobject zonder kouter (-k)	-	0	4	x	x	x	x
KAS (referentie) (-k)	-	50 – 100 – 150 – 200	4	x	x	x	x
Vaste fractie (-k)	-	50 – 100 – 150	4	x	x	x	x
Nulobject met kouter (+k)	-	0	4	x	x	x	x
Vloeibaar ammoniumnitraat (+k)	-	50 – 100 – 150	4			x	x
Mineralenconcentraten (+k)	A, C, D	50 – 100 – 150	3 x 2	x	x		
Mineralenconcentraten (+k)	A, B, E	50 – 100 – 150	3 x 2			x	X
Min. conc. aangezuurd (+k)	Az	50 – 100 – 150	1 x 2			x	x

¹ LE09/10 = Lelystad 2009/2010, KB09/10 = Kooijenburg (Rolde) 2009/2010

Bijbemesting

Naast de hierboven genoemde toediening vóór het poten is het ook mogelijk dat de concentraten na het poten worden toegediend. In het onderzoek is gekeken naar toediening vóór rugopbouw (klei) en bij knolzetting (klei en zand). In tabel 2 zijn alle proefobjecten als bijbemesting schematisch weergegeven.

Vóór rugopbouw

Als op zavel- en kleigrond de condities voor mesttoediening vóór het poten ongunstig zijn (te nat) past het beter om de mest enkele weken later toe te dienen onder drogere omstandigheden, om structuurschade aan de bodem te voorkomen. De toediening vindt dan plaats vlak voor de rugopbouw (ongeveer een maand na poten). Dit is in de proef te Lelystad meegenomen bij één N-niveau. Bij alle objecten is vóór poten 50 kg N/ha gestrooid met KAS en bij rugopbouw is 100 kg N/ha toegediend met KAS (in vier herhalingen) dan wel met de drie concentraten (elk in twee herhalingen). Feitelijk is hier meer sprake van een gesplitste basisbemesting dan van een bijbemesting.

Bij knolzetting

In geval van stikstofdeling in aardappelen wordt vaak circa 2/3 deel van de gift aan de basis gegeven en 1/3 deel bij knolzetting. De mogelijkheid om bij te bemesten met concentraten bij knolzetting is ook opgenomen in de proeven. Bij alle objecten is vóór poten 100 kg N/ha gestrooid met KAS (basisbemesting) en bij knolzetting is 50 kg N/ha toegediend met KAS (in viervoud) dan wel met de drie concentraten (elk in tweevoud). Bij de bijbemesting met KAS is ook een variant opgenomen (in viervoud) waarbij de toedieningskouters van de mestmachine door de grond zijn getrokken zonder mest te doseren. Dit om te beoordelen of er een effect is van grondverstoring door de kouters.

Tabel 2. **Schematisch overzicht van de proefobjecten als bijbemesting**

Basisgift KAS (kg N/ha)	Bijmestmoment + gift (kg N/ha)	Typen	herh.	LE 09 ¹	KB 09 ¹	LE 10 ¹	KB 10 ¹
50	rugopbouw 100	KAS (-k)	4	x		x	
		concentraten 3x (+k)	A, C, D	3 x 2	x		
		concentraten 3x (+k)	A, B, E	3 x 2		x	
100	knolzetting 50	KAS zonder kouter (-k)	4	x	x	x	x
		KAS met kouter (+k)	4	x	x	x	x
		concentraten 3x (+k)	A, C, D	3 x 2	x	x	
		concentraten 3x (+k)	A, B, E	3 x 2		x	x

¹ LE09/10 = Lelystad 2009/2010, KB09/10 = proefboerderij Kooijenburg te Rolde 2009/2010

2.3 Proefaanleg en uitvoering

Proefopzet

De proef is aangelegd in twee blokken. Binnen elk blok zijn de objecten volledig geward. De objecten in tweevoud kwamen één keer voor binnen elk blok, de objecten in viervoud twee keer.

Toediening meststoffen

Bij alle drie toedieningstijdstippen (vóór poten, vóór rugopbouw en bij knolzetting) zijn de KAS, de mineralenconcentraten en de vaste fractie op hetzelfde moment toegediend. De KAS is breedwerpig gestrooid. Voor de toediening van de mineralenconcentraten heeft het proefbedrijf van PPO in Lelystad een proefveldmachine gebouwd om ook de lage giften (tussen 5 en 10 ton per ha) nog nauwkeurig te kunnen doseren (zie figuur 1 t/m 3). Met de gangbare toedieningsapparatuur voor drijfmest kon dat niet. Het vloeibaar ammoniumnitraat is ook met deze proefveldmachine toegediend. De figuren 1 t/m 3 geven een impressie van de toediening van de concentraten. Bij toediening vóór het poten stonden de injectiekouters op 17 cm. De vaste fractie is per proefveldje afgewogen, handmatig verspreid en ingewerkt met een eg. De toedieningsdiepte van de concentraten *vóór poten (basisbemesting)* bedroeg 7-8 cm op de kleigrond en 10 cm op de zandgrond. In de proef op klei is direct daarna gepoot. In de proef op zand is na de basisbemesting gespit en is enkele dagen later gepoot. Op zandgrond vindt de hoofdgrondbewerking (ploegen of spitten) in het voorjaar plaats en wordt de organische mest normaal voor de hoofdgrondbewerking toegediend. Dit is ook gedaan in de proeven. Ook de KAS is hier voor het ploegen toegediend. Bij de toediening *vóór rugopbouw* op klei zijn de concentraten midden tussen de pootrugjes toegediend (figuur 2) op 7-8 cm diepte in 2009 en circa 10 cm diepte in 2010. Direct daarna zijn de ruggen opgebouwd door middel van frezen.

Bij *knolzetting* zijn de concentraten in de geulen tussen de ruggen toegediend (figuur 3) op een diepte van circa 5-6 cm in 2009 en circa 10 cm in 2010. Dieper toedienen lukte in 2009 niet vanwege de loofontwikkeling op dat moment; er zou anders teveel loofbeschadiging zijn opgetreden. In de zetmeelaardappelproef op zand zijn de ruggen daarna aangeaard. Laat aanaarden, als de aardappelen al boven de grond staan, is op zandgrond een onderdeel van mechanische onkruidbestrijding en er wordt een snellere gewasontwikkeling mee bewerkstelligd, doordat kleine ruggen sneller opwarmen. Na poten en opkomst wordt meerdere keren aanaardend geschoffeld en kort voor gewassluiting worden de ruggen definitief aangeaard. Onkruiden die daarna nog opkomen, krijgen weinig kans meer zich nog te ontwikkelen onder het gesloten bladerdek.

Samenstelling en dosering mineralenconcentraten en vaste fractie

De doseringen van de mineralenconcentraten en de vaste fractie zijn berekend op basis van de meest actuele informatie die op dat moment bekend was over het N-gehalte in de verschillende producten. Ook is op basis van de meest actuele informatie over de samenstelling van de producten berekend hoeveel kg per ha overige nutriënten met de producten zouden worden aangevoerd per object. De verschillen die hierdoor ontstonden tussen de proefobjecten in fosfaat, kali- en magnesiumaanvoer, zijn bij alle objecten naar een gelijk niveau getrokken door middel van aanvullende kunstmestgiften per object. Van zwavel is bij alle objecten een overmaat aangevoerd.

In geval van bijbemesting (vóór rugopbouw en bij knolzetting) met de concentraten, worden naast stikstof impliciet ook andere nutriënten op dat moment toegediend, met name kali (de magnesiumaanvoer was gering). Bij de bijmestobjecten met KAS is daarom de kaligift gedeeld en is op het moment van bijbemesting eenzelfde hoeveelheid kali gestrooid als gemiddeld via bijbemesting met de drie concentraten werd aangevoerd.

Op het moment van ontvangst van de mineralenconcentraten en de vaste fractie, zijn deze vóór poten bemonsterd en is de samenstelling van de ontvangen partijen geanalyseerd. De uitslagen hiervan waren echter nog niet beschikbaar op het moment van poten. Op elk toedieningsmoment is van de concentraten een monster genomen uit de tank van de mestmachine. Hierin zijn het N- en K-gehalte geanalyseerd. De samenstelling van de drie concentraten per jaar alsook die van de vaste fractie is weergegeven in tabel 3. Voor N en K betreft dat het gemiddelde gehalten over de toedieningsmomenten en proeven. De N- en K-gehalten per toedieningsmoment per proef zijn weergegeven in bijlage 1. In tabel 3 is tevens de

berekende N-werkingscoëfficiënt weergegeven volgens de huidige vuistregels voor varkensdrijfmest die in de adviesbasis bemesting staan (Van Dijk & Van Geel, 2010) bij toediening van de meststof vóór poten. Op basis van de gemeten gehalten van de toegediende partijen, is herberekend hoeveel stikstof en overige nutriënten er zijn toegediend. Dit gaf lichte verschillen ten opzichte van de geplande hoeveelheden, maar met dit aspect was bij de proefopzet rekening gehouden. Door te kiezen voor meerdere N-trappen kunnen N-responscurves worden opgesteld voor de verschillende meststoffen en die curves kunnen met elkaar worden vergeleken. De achteraf berekende hoeveelheden toegediende stikstof en overige nutriënten zijn weergegeven in bijlage 2.

Tabel 3. **Samenstelling van de beproefde mineralenconcentraten en vaste fractie**

Meststof	N-totaal (kg/ton)	N-org (%)	Theoretische N-werkings- coëfficiënt	P ₂ O ₅ (kg/ton)	K ₂ O (kg/ton)	MgO (kg/ton)	S (kg/ton)	Na ₂ O (kg/ton)	Cl (kg/ton)
2009									
Concentraat A	6,7	7%	0,91	0,5	9,8	<0,1	0,3	2,7	3,1
Concentraat C	8,7	11%	0,90	0,7	10,2	<0,1	0,4	2,5	2,9
Concentraat D	5,2	7%	0,91	0,2	7,5	<0,1	0,3	2,1	2,8
Vaste fractie C	13,0	58%	0,60	15,9	4,3	8,0	2,8	1,0	0,9
2010									
Concentraat A	6,6	7%	0,92	0,3	8,5	<0,1	0,5	2,1	3,0
Concentraat B	6,9	5%	0,92	<0,1	8,1	<0,7	5,0	2,1	4,4
Concentraat E	4,2	8%	0,91	<0,1	6,5	<0,1	0,4	1,2	1,7
Vaste fractie B	14,0	47%	0,63	15,3	5,2	6,6	5,5	1,2	0,9

Bij de basisbemesting in de zetmeelaardappelproef van 2009 is door een vergissing bovenop de laagste dosering van de concentraten en de dikke fractie in de proef (± 50 kg N/ha) nog eens 50 kg N/ha uit KAS gestrooid. Hiermee is bij de (statistische) verwerking van de resultaten rekening gehouden.

Bij de basisbemesting in de zetmeelaardappelproef in 2010 stond bij het object met de hoge dosering vloeibaar ammoniumnitraat (150 kg N per ha) de machine niet goed ingesteld, waardoor er op de veldjes van dit object niet uniform is gedoseerd. Bij het object met de middelhoge dosering vloeibaar ammoniumnitraat (100 kg N per ha) is er ook sterke twijfel of er juist is gedoseerd. Beide objecten vervallen hierdoor.

Gewasverzorging en waarnemingen

De verzorging van het gewas vond plaats conform praktijk. De teeltgegevens en overige proefgegevens zijn vermeld in bijlage 4. Gedurende het groeiseizoen is de gewasontwikkeling per object visueel beoordeeld.

Met de oogst is gewacht tot het loof bij alle objecten nagenoeg geheel natuurlijk was afgestorven, om geen verschillen tussen objecten te krijgen als gevolg van een nog niet geheel voltooide distributie van assimilaten en nutriënten van het loof naar de knollen. Na oogst zijn de aardappelen per veldjes gesorteerd (alleen consumptieaardappelen) en gewogen. Vervolgens is een monster uitgenomen waarvan het onderwatergewicht (OWG) is bepaald (een kwaliteitsmaatstaaf voor zetmeelaardappelen en consumptieaardappelen voor de verwerkende industrie). Na bepaling van het OWG is het drogestofgehalte bepaald en (door Blgg te Oosterbeek) het N-gehalte in de droge stof. Aan de hand hiervan is de N-opname per ha berekend.

Bij zetmeelaardappelen heeft het OWG belangrijke invloed op de uitbetalingsprijs en daardoor naast de knolopbrengst op de financiële opbrengst per ha. Knolopbrengst (veldgewicht) en OWG worden daarom verrekend tot een zogenoemd uitbetalingsgewicht (UBG) volgens: $UBG = \text{veldgewicht} \times (\text{OWG} - 100) / 300$.

Na de oogst is bij de bemestingsobjecten met basisbemesting per veldje de achtergebleven hoeveelheid minerale bodemstikstof bepaald in de lagen 0-30 en 30-60 cm. In 2009 zijn te Rolde per vergissing mengmonsters genomen van de objecten. Later is opnieuw bemonsterd, per veldje, maar dat was toen al een maand na de oogst.

2.4 Statistische analyse

De resultaten van de proeven zijn geanalyseerd met behulp van het statistische softwarepakket Genstat (13^e editie). Verschillen tussen de meststoffen zijn als statistisch significant beoordeeld indien $p < 0,05$. Hieronder is de gehanteerde werkwijze bij zowel de basisbemesting als bijbemesting beschreven.

Omdat de uiteindelijke N-giften bij de verschillende meststoffen niet precies gelijk waren, is gebruik gemaakt van een lineaire regressie-analyse om de meststoffen ten opzichte van elkaar te beoordelen. Tevens is nagegaan of de proefveldvariatie beter kon worden verklaard door naast het gebruikelijke blokeffect, op andere wijze rekening te houden met een mogelijk vruchtbaarheidsverloop binnen de proefvelden. Daartoe is de indeling van het proefveld onderscheiden in rijen en kolommen. Getoetst is of dit een betere verklaring gaf voor de veldvariatie dan opname van het blokeffect. Als criterium hiervoor is het Akaike information criterion (AIC) gebruikt. De indeling die het beste voldeed, is in het regressiemodel opgenomen. De analyse is uitgevoerd met de Genstat-opdracht REML, voor lineaire gemengde modellen.

Basisbemesting

De N-werkingscoëfficiënt (NWC) van de mineralenconcentraten is bepaald op basis van de marktbaar opbrengst voor consumptieaardappelen dan wel het uitbetalingsgewicht voor zetmeelaardappelen, de knoldrogestofopbrengst en de N-opname in de knollen. Bij de basisbemesting is daartoe over het gehele traject van de responsecurve berekend met hoeveel werkzame stikstof uit KAS de respons bij de concentraten vergelijkbaar was.

De analyse is uitgevoerd met behulp van Hierarchical Generalized Linear Models (HGLM) in Genstat. Om de respons op de basisbemesting stikstof te beschrijven zijn drie modellen gehanteerd: een 1^e en een 2^e graads polynoom en een exponentiële curve. Per variabele is bepaald met welk model de N-respons het beste c.q. nauwkeurigste kon worden beschreven. Als criterium hiervoor is de maximum likelihood gehanteerd. Als deze voor twee modellen (nagenoeg) gelijk was, is voor het model gekozen dat de laagste standard error (se) gaf voor de parameterschatting van de NWC. Verder is per proef steeds gekeken of het blok-effect of het rij+kolom-effect het beste in het model kon worden opgenomen.

De NWC van de vast fractie en van vloeibaar ammoniumnitraat ten opzichte van KAS, is op dezelfde wijze bepaald. Per type meststof (mineralenconcentraten, vaste fractie, vloeibaar ammoniumnitraat) is steeds een afzonderlijke analyse uitgevoerd om de NWC ten opzichte van KAS te bepalen.

Notatie van de gehanteerde modellen:

- Een niet-lineair gemengd model:

$$y_{bi} = \mu_j + \beta \left(1 - e^{\kappa KAS + \gamma_1 C_1 + \gamma_2 C_2 + \gamma_3 C_3} \right) + B_b + E_{bi} \quad (\text{mineralenconcentraten})$$

$$y_{bi} = \mu_j + \beta \left(1 - e^{\kappa KAS + \phi V} \right) + B_b + E_{bi} \quad (\text{vaste fractie})$$

j = wel, niet kouter

b = blok 1, 2

i = plotnummer binnen blok

μ = opbrengst bij geen bemesting

β = toename van opbrengst van onbemest naar hoge bemesting

κ , γ_1 , γ_2 , γ_3 , ϕ zijn regressiecoëfficiënten, waarbij γ_1 , γ_2 , γ_3 , ϕ gedeeld door de κ de efficiëntie van concentraat 1, 2, 3 of de vaste fractie weergeven ten opzicht van kunstmest.

KAS: N-gift KAS

C1, C2, C3: N-gift drie concentraten

V: N-gift vaste fractie

- Een tweedegraads polynoom gemengd model

$$N_{besch} = KAS + \gamma_1 C_1 + \gamma_2 C_2 + \gamma_3 C_3 \quad (\text{mineralenconcentraten})$$

$$N_{besch} = KAS + \phi V \quad (\text{vaste fractie})$$

$$y_{bi} = \mu_j + \beta_{lin} N_{besch} + \beta_{qua} N_{besch}^2 + B_b + E_{bi}$$

De regressiecoëfficiënten γ_1 , γ_2 , γ_3 , ϕ geven nu direct de efficiëntie aan van concentraat 1, 2, 3 of de vaste fractie ten opzicht van kunstmest.

- Een lineair gemengd model:

$$y_{bi} = \mu_j + \kappa KAS + \gamma_1 C_1 + \gamma_2 C_2 + \gamma_3 C_3 + B_b + E_{bi} \quad (\text{mineralenconcentraten})$$

$$y_{bi} = \mu_j + \kappa KAS + \phi V + B_b + E_{bi} \quad (\text{vaste fractie})$$

Bijbemesting

De NWC van bijmestobjecten met mineralenconcentraten is berekend door de meetpunten van de bijmestobjecten op te lossen in de responscurve van de basisbemesting met KAS en te berekenen met welke werkzame N-gift het resultaat van het bijmestobject (zowel concentraat als KAS) overeenkomt. Door deze berekende, werkzame N-gift te delen door de daadwerkelijke N-gift, wordt de NWC verkregen ten opzichte van de basisbemesting met KAS. Door vervolgens de op deze manier berekende NWC van het concentraat te delen door die van de bijmestgift KAS, wordt de NWC verkregen van de bijmestgift MC ten opzichte van de bijmestgift KAS.

In sommige gevallen convergeerden de modellen niet of lag het meetpunt van de bijmestgift boven de responscurve van de basisbemesting met KAS en kon daar niet in worden opgelost. In dat geval is de NWC berekend door de zogenoemde schijnbare N-benutting (apparent nitrogen recovery; ANR) van de bijmestgift mineralenconcentraat te delen door de ANR van de bijmestgift KAS. De ANR is berekend als:

$$ANR = (N\text{-opname bijmestobject} - N\text{-opname basisgift KAS}) / N\text{-bijmestgift.}$$

Voor (drogestof)opbrengst is de NWC op dezelfde wijze berekend door de apparent nitrogen efficiency (ANE) te nemen. De ANE is berekend als:

$$ANE = (opbrengst bijmestobject - opbrengst basisgift KAS) / N\text{-bijmestgift.}$$

De basisgift KAS betreft de gift die bij het betreffende bijmestobject vóór poten is toegediend (50 kg N/ha vóór bijbemesting bij rugopbouw en 100 kg N/ha vóór bijbemesting bij knolzetting). Voor de N-opname en (drogestof)opbrengst bij de basisgift KAS is niet de gemeten waarde genomen, maar de waarde volgens de responscurve (de gefitte waarde).

3 Resultaten

3.1 Weersverloop, toediening en gewasontwikkeling

3.1.1 Weersverloop

Het voorjaar van 2009 was zeer zacht, zeer zonnig en vrij droog. De zomer van 2009 was over het geheel genomen warm, zonnig en gemiddeld vrij droog, maar het weerbeeld was ook sterk wisselend. Perioden met warm en droog weer en perioden met relatief koel en nat weer, wisselden elkaar af. Juni en augustus waren droge maanden, juli was nat. Ook de herfst van 2009 was zeer zacht en aan de zonnige kant. September was een vrij droge maand en oktober kende een normale hoeveelheid neerslag.

Het voorjaar van 2010 was zeer zonnig en droog. April was iets warmer dan normaal en mei was koeler. Juni was warm, zeer zonnig en zeer droog. Juli was zeer warm, zeer zonnig en er viel in die maand een vrijwel normale hoeveelheid neerslag. Augustus was aan de koele kant, somber en zeer nat. September was aan de koude kant en vrij nat. Oktober had een vrij normale temperatuur voor de tijd van het jaar en was vrij droog.

De temperatuur- en neerslaggegevens van de beide proeflocaties zijn weergegeven in bijlage 6.

3.1.2 Waarnemingen bij de toediening

Mineralenconcentraten 2009

Tijdens en na de basisbemesting in 2009 te *Lelystad* was het zonnig weer en winderig. De losgemaakte bovengrond (circa 8 cm) was droog en de vaste ondergrond vochtig. De mesttoedieningskouters sneden niet door de vaste ondergrond heen. Dit had anders misschien versmering c.q. structuurschade kunnen opleveren. De snedes die door de kouters werden gemaakt, vielen meteen dicht met losse grond.

De mineralenconcentraten kwamen tijdens de toediening goed onder de grond terecht. De toedieningsdiepte bedroeg 7-8 cm. Bij de hogere doseringen kwam er soms vloeistof naar de oppervlakte, maar dit zakte meteen weer de grond in. De koutersnedes vielen meteen dicht met losse grond.

Bij de toediening vóór rugopbouw was het ook zonnig weer en stond er nogal harde wind. Het concentraat bleef minder goed onder de grond dan bij de toediening vóór poten. Het kwam er iets bovenuit, maar zakte er vervolgens wel meteen in. De toedieningsdiepte bedroeg 7-8 cm. De grond was droog en de koutersnedes vielen meteen dicht met losse grond.

Bij de toediening in juni (begin knolzetting) was het afwisselend bewolkt en zonnig weer met weinig wind. De toedieningsdiepte bedroeg 5 cm. Dieper toedienen was vanwege de al forse loofontwikkeling niet mogelijk zonder het loof te beschadigen. De grond was vochtig en de snedes die door de kouters werden gemaakt, vielen niet dicht met losse grond maar bleven open staan.

Tijdens en na de basisbemesting in 2009 te *Rolde* was het zonnig weer met weinig wind. De bovengrond was droog. Het concentraat bleef goed onder de grond. De toedieningsdiepte bedroeg 10 cm. De snedes die door de kouters werden gemaakt, vloeiden meteen dicht met los zand.

De bijbemesting te Rolde moest enkele keren worden uitgesteld, vanwege forse regenbuien waardoor het veld te nat was om te berijden. Daardoor is relatief laat bijbemest: het gewas was al bijna gesloten. Bij en na toediening was het zonnig en er stond een lichte wind. De toedieningsdiepte bedroeg 6 cm om loofbeschadiging te vermijden. De bovengrond was licht vochtig en de snedes die door de kouters werden gemaakt, bleven open staan. Het concentraat bleef in het door de kouters gemaakte voortje staan, kwam er niet bovenuit, maar zakte anderzijds ook niet snel de grond in.



Figuur 4. **Openstaande mestkoutersnede na toediening bij knolzetting in 2009**

Mineralenconcentraten 2010

Tijdens en na de basisbemesting in 2010 te *Lelystad* was het afwisselend zonnig en bewolkt. Er stond weinig wind. De toedieningsdiepte zat tussen 8 en 10 cm in. De losgemaakte bovengrond was droog. De mestkouters sneden niet door de vaste, nog vrij vochtige ondergrond heen. Het concentraat bleef goed onder de grond en de koutersnedes vielen meteen dicht met losse grond.

Bij de toediening vóór rugopbouw was het zonnig weer en stond er een matige wind. De grond was droog en vrij hard. De toedieningsdiepte bedroeg ongeveer 10 cm. Het concentraat bleef goed onder de grond en de koutersnedes vielen meteen dicht met grond.

Bij de toediening in juni (begin knolzetting) was het zonnig weer en enigszins winderig. De grond was bovenop droog, maar daaronder vochtig door regenval in de dagen vóór toediening. Het concentraat bleef goed in de grond. De droge, losse bovengrond viel in de koutersnedes. De snedes vielen iets minder goed dicht dan bij een drogere bodem.

Tijdens en na de toediening in 2010 te *Rolde* toegediend, was het zeer zonnig weer en stond er weinig wind. De toedieningsdiepte bedroeg 10 cm. De toplaag van de grond was kurkdroog. Daaronder was de grond vochtig. De mestkouters sneden door de toplaag heen en brachten het concentraat in de vochtigere laag eronder. Bij de hoogste doseringen kwam het concentraat boven het grondoppervlak uit, maar werd meteen als het ware geabsorbeerd door de droge toplaag. De koutersnedes vloeiden dicht met los zand. Tijdens de bijbemesting te Rolde was het warm en vrijwel windstil. 's Morgens was het zonnig, 's middag kwam er sluierbewolking en later op de middag, na toediening, een lichte regenbui. De concentraten zijn circa 10 cm diep toegediend. Het concentraat bleef goed in de grond. De grond was op het moment van toediening droog en de snedes van de kouters vloeiden meteen dicht met zand.

Vaste fractie, beide jaren

De vaste fractie was plakkerig en kluitig (in 2009 wat meer dan in 2010), waardoor geen egale bodembedekking werd verkregen (zie figuur 5). Voor een homogene bodembedekking zou het product fijner moeten zijn (als een soort grof poeder). Door het ineggen werd de vaste fractie intensief met de grond vermengd en verdeelde zich daardoor misschien wat beter. Dit laatste kon echter niet worden beoordeeld (was niet te zien).



Figuur 5. **Vaste fractie na toediening bij een dosering van 100 kg N/ha**

3.1.3 Gewasontwikkeling

In de proef te Lelystad in 2009 bleef het aardappelloof bij de basisbemesting met vaste fractie vanaf begin juni achter in ontwikkeling ten opzichte van de overige bemeste objecten en was lichter groen van kleur. Te Rolde was dat vanaf eind juni het geval. Vanaf de 3^e week van juni ontstonden er te Lelystad in 2009 ook tussen de andere objecten verschillen in loofontwikkeling en kleur. In 2010 was het gewas qua ontwikkeling later dan in 2009 en ontstonden de verschillen in loofontwikkeling ook later.

De gewasstand werd in alle vier de proeven in meerdere of mindere mate beïnvloed door de N-bemesting. Bij het nulobject was het loof duidelijk het slechtst ontwikkeld en lichter groen van kleur. Naarmate de N-gift hoger was, was het loof forser ontwikkeld. Te Lelystad was dit N-effect sterker zichtbaar dan te Rolde. Te Lelystad was het loof van de aardappelen in de zomer in beide proefjaren bij de concentraten minder fors ontwikkeld dan bij KAS (bij gelijk N-niveau), zowel bij de basisbemesting als de bijbemesting. Te Rolde was dit verschil kleiner dan te Lelystad.

Tussen de drie concentraten onderling waren er in 2009 op beide locaties geen duidelijke verschillen in loofontwikkeling en ook niet te Lelystad in 2010. Te Rolde bleef in 2010 leek de gewasstand bij concentraat E bij de hoge dosering wat achter te blijven bij die van de concentraten A en B. De laatste twee verschilden onderling niet duidelijk qua gewasstand. Wel leek de gewasstand bij de concentraten A en B wat minder goed dan die bij KAS.

Bij het aangezuurde concentraat in 2010 verschilde de gewasstand op beide proeflocaties niet duidelijk van die bij het niet-aangezuurde concentraat.

Er was te Lelystad evenmin een verschil in gewasstand tussen de basisbemesting met KAS en met vloeibaar ammoniumnitraat (2010). Te Rolde was er bij de lage dosering (50 kg N/ha) geen verschil in gewasstand maar bij de middelste en hoge dosering (100 en 150 kg N/ha) was de gewasstand slechter dan bij KAS, als gevolg van de eerder vermelde doseerfout bij toediening.

Te Lelystad stierf het loof in 2009 bij de basisbemesting en de bemesting bij rugopbouw bij de concentraten sneller af dan bij KAS. Daarentegen stierf het loof na de bijbemesting met de concentraten bij knolzetting wat langzamer af dan na de bijbemesting met KAS.

Te Rolde waren in 2009 de verschillen in loofafstervingsnelheid tussen de concentraten en KAS minder duidelijk. Enkel bij de hoge dosering (150 kg N/ha) als basisbemesting bleef het loof bij KAS iets langer groen dan bij de concentraten. Na de bijbemesting bij knolzetting bleef juist het loof bij de concentraten wat langer groen dan bij KAS.

In 2010 waren er zowel te Lelystad als te Rolde geen duidelijke verschillen in snelheid van loofafsterving tussen de verschillende meststoffen.

Bij de basisbemesting met de vaste fractie bleef de loofontwikkeling op beide locaties en in beide jaren beduidend achter bij die van KAS. In 2009 te Lelystad bleef het loof tijdens de afsterving langer groen dan bij de met KAS of concentraten bemeste objecten, vermoedelijk door mineralisatie van stikstof uit de vaste fractie. Dit effect werd in andere drie proeven (Lelystad 2010, Rolde 2009 en 2010) echter niet duidelijk waargenomen.

3.2 Opbrengst en N-opname 2009

Mineralenconcentraten

De totale knolopbrengst van de aardappelen te Lelystad alsook de opbrengst >40 mm (marktbaar opbrengst) en de knoldrogestofopbrengst was gemiddeld over de drie concentraten significant lager dan bij KAS, zowel bij de basisbemesting als de bijbemesting (figuur 6). De N-opname in de knollen was ook significant lager dan bij KAS, zowel bij de basisbemesting als de bijbemesting (figuur 7).

Te Rolde was er voor knolopbrengst (veldgewicht), droge-stofopbrengst, uitbetalingsgewicht (UBG) en N-opname in de knollen geen significant verschil tussen de basisbemesting met KAS of concentraat (gemiddeld over drie concentraten) (figuren 8 en 9). In de bijbemesting waren de opbrengst en het UBG bij bemesting met de concentraten wat lager dan bij KAS, maar dit effect was niet significant. De N-opname in de knollen was wel significant lager.

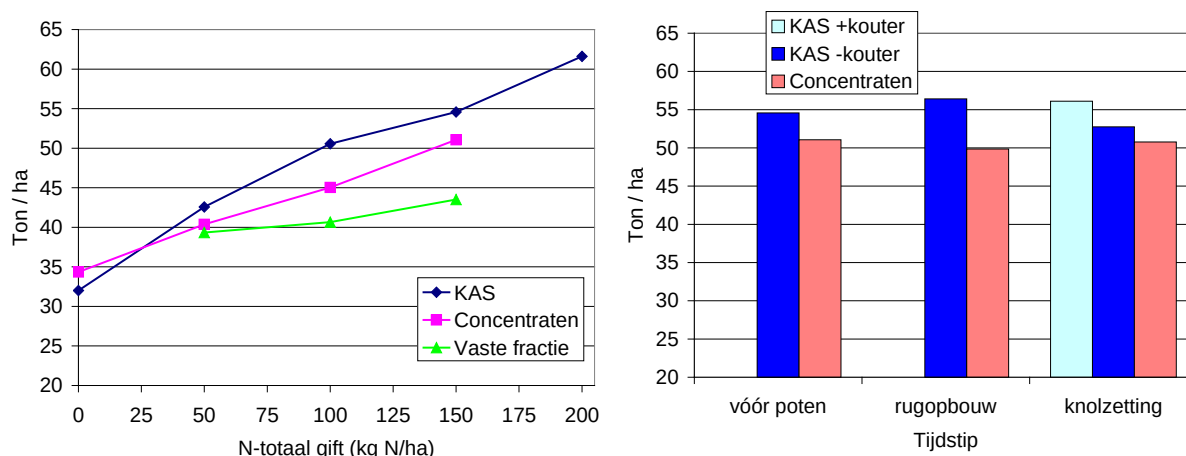
In beide proeven waren er geen significante verschillen tussen mineralenconcentraat en KAS ten aanzien van het onderwatergewicht (OWG) van de aardappelknollen.

De verschillen in (drogestof)opbrengst, OWG, UBG en N-opname tussen de concentraten onderling waren klein en niet significant. Daarom is in de figuren het gemiddelde van de drie concentraten weergegeven. In de proef te Lelystad leidde het door de grond trekken van het kouter tot een hogere knolopbrengst (significant t.a.v. de droge-stofopbrengst, bijna significant t.a.v. de marktbaar opbrengst). Het had geen significant effect op de N-opname. Te Rolde had het op geen van de variabelen een significant effect.

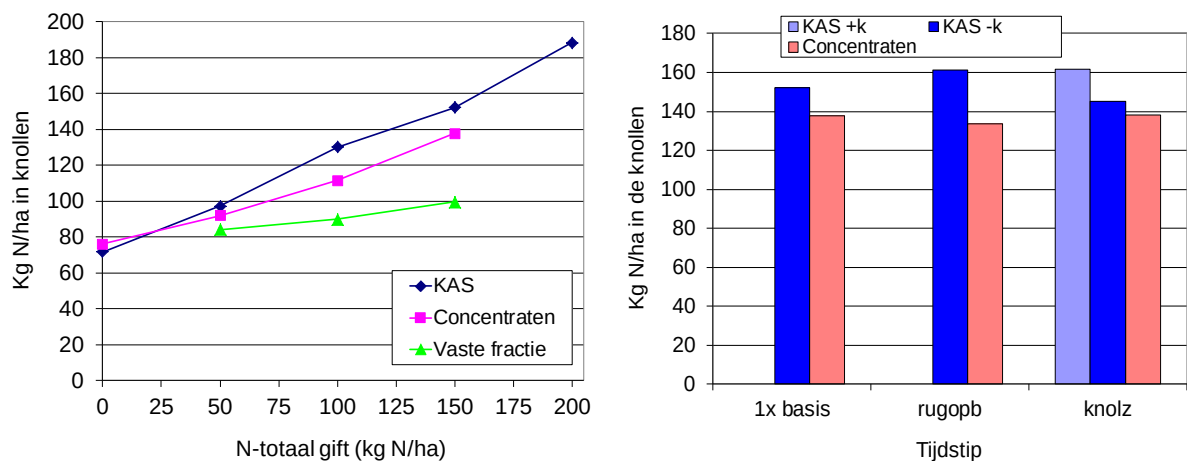
Vaste fractie

Bij de basisbemesting met de vaste fractie waren op beide proeflocaties de knolopbrengst, het UBG, de droge-stofopbrengst en de N-opname in de knollen lager dan bij KAS. Te Lelystad waren deze verschillen significant, te Rolde waren alleen het verschil in UBG en N-opname significant. Het OWG was bij de vaste fractie te Rolde iets lager dan bij KAS (sign.), te Lelystad was het niet significant lager.

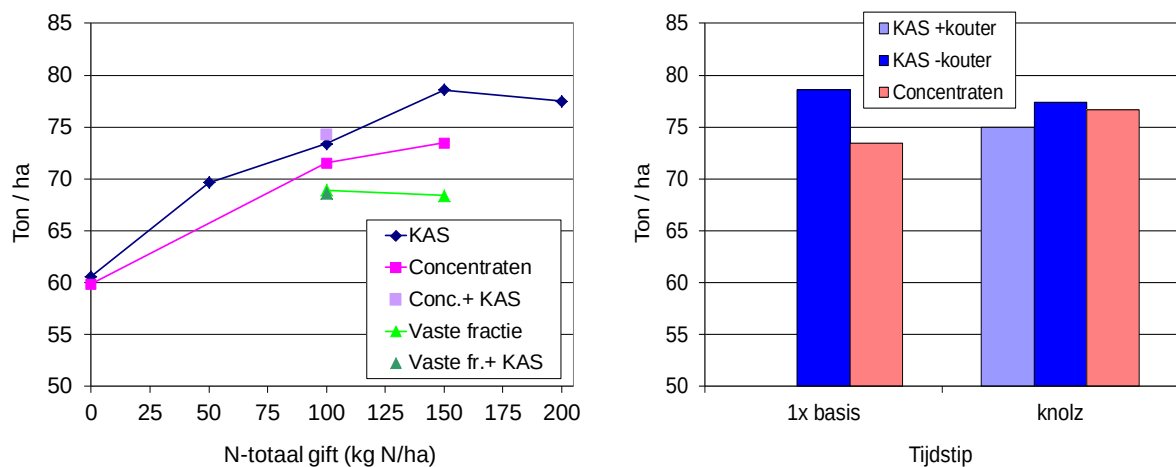
Alle cijfers van de resultaten per proef en object zijn weergegeven in bijlage 5.



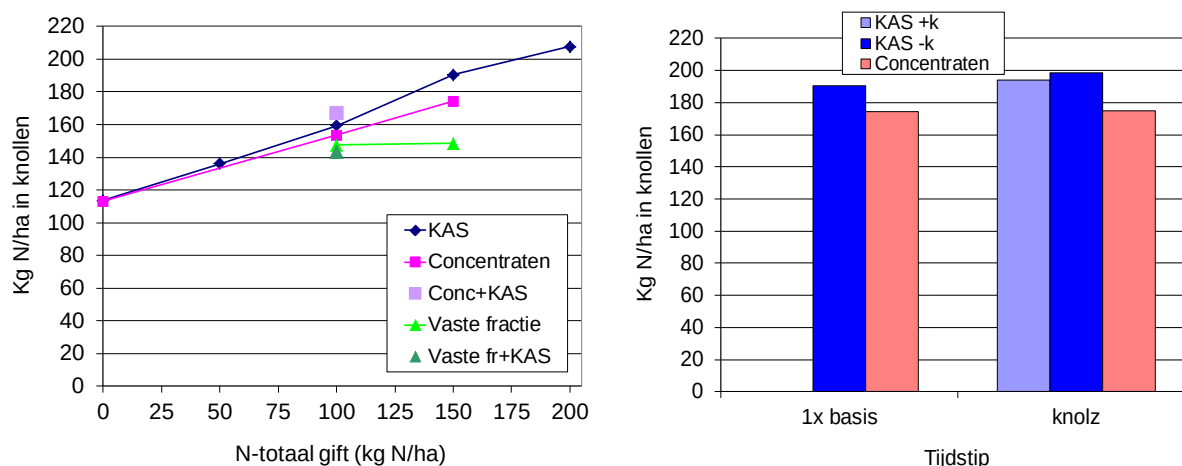
Figuur 6. Totale knolopbrengst in 2009 te Lelystad; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (rugopbouw: 50 kg N/ha uit KAS vóór poten en 100 kg N/ha uit KAS/concentraten vlak voor rugopbouw; knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting)



Figuur 7. Stikstofopname in de knollen in 2009 te Lelystad; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (rugopbouw: 50 kg N/ha uit KAS vóór poten en 100 kg N/ha uit KAS/concentraten vlak voor rugopbouw; knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting)



Figuur 8. Uitbetalingsgewicht te Rolde in 2009; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (rugopbouw: 50 kg N/ha uit KAS vóór poten en 100 kg N/ha uit KAS/concentraten vlak voor rugopbouw; knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting); Conc.+ KAS en Vaste fr.+ KAS: basisbemesting 50 kg N/ha uit concentraat dan wel vaste fractie plus 50 kg N/ha uit KAS



Figuur 9. Stikstofopname in de knollen te Rolde in 2009; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (rugopbouw: 50 kg N/ha uit KAS vóór poten en 100 kg N/ha uit KAS/concentraten vlak voor rugopbouw; knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting); Conc.+ KAS en Vaste fr.+ KAS: basisbemesting 50 kg N/ha uit concentraat dan wel vaste fractie plus 50 kg N/ha uit KAS

3.3 Opbrengst en N-opname 2010

Mineralenconcentraten

Bij de basisbemesting in de proef te Lelystad van 2010 waren de knolopbrengst en de droge-stofopbrengst gemiddeld over de drie concentraten (niet-aangezuurd) iets lager dan bij gebruik van KAS (figuur 10), maar dit verschil was niet significant. Het opbrengstverschil was kleiner dan in 2009. Er was ook geen significant verschil in OWG. De N-opname was bij de concentraten wel significant lager dan bij KAS (figuur 11).

Bij de basisbemesting met vloeibaar ammoniumnitraat was de knolopbrengst vergelijkbaar met die van KAS (geen significant verschil). De droge-stofopbrengst was echter lager dan bij KAS (niet significant) door een lager drogestofgehalte in de knollen. De N-opname was wel significant lager en vergelijkbaar met die van het gemiddelde van de drie concentraten (niet-aangezuurd).

Na de bemesting bij rugopbouw en was de knolopbrengst bij de concentraten iets lager dan bij KAS (niet significant). Na de bijbemesting bij begin knolzetting was er geen (significant) opbrengstverschil tussen KAS en de concentraten. Bij de bemesting met concentraat bij rugopbouw en de bijbemesting bij knolzetting was de N-opname wat hoger dan met KAS (niet significant). Er waren geen significante verschillen in OWG tussen de diverse meststoffen.

In de proef te Rolde was de respons op de stikstofbemesting zwak. Bij de basisbemesting waren de verschillen in veld- en uitbetalingsgewicht (figuur 12), droge-stofopbrengst en OWG tussen de meststoffen klein en niet significant. Bij N-giften >50 kg N/ha nam het OWG af. Het verschil in N-opname (figuur 13) was wel significant. In de bijbemesting bij begin knolzetting waren de opbrengst en de N-opname bij de concentraten iets hoger dan bij KAS (niet significant).

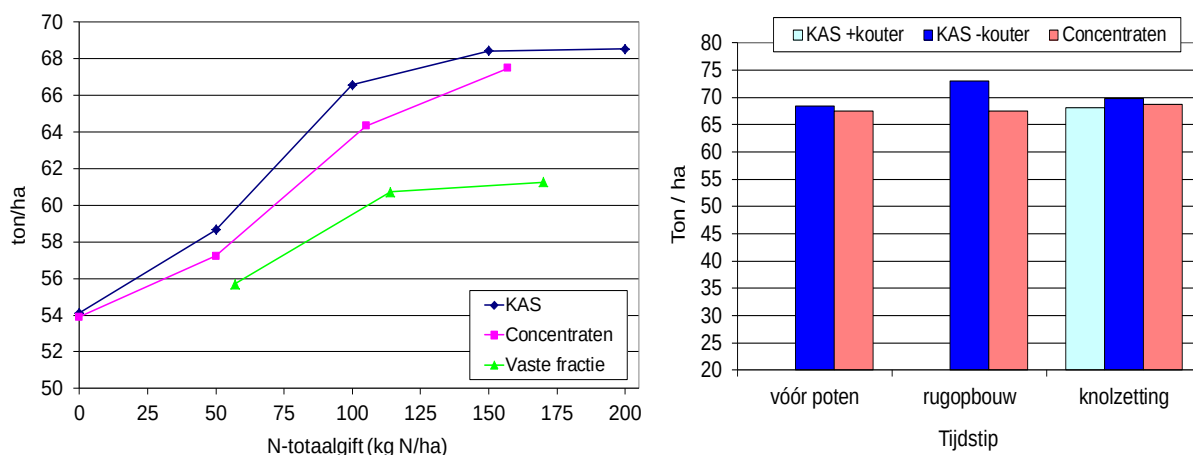
De verschillen in (drogestof)opbrengst, OWG, UBG en N-opname tussen de concentraten onderling waren op beide locaties klein en niet significant. Daarom is in de figuren het gemiddelde van de drie concentraten weergegeven.

Het door de grond trekken van het kouter had op beide locaties geen significant effect op de knolopbrengst, het OWG, de droge-stofopbrengst en de N-opname.

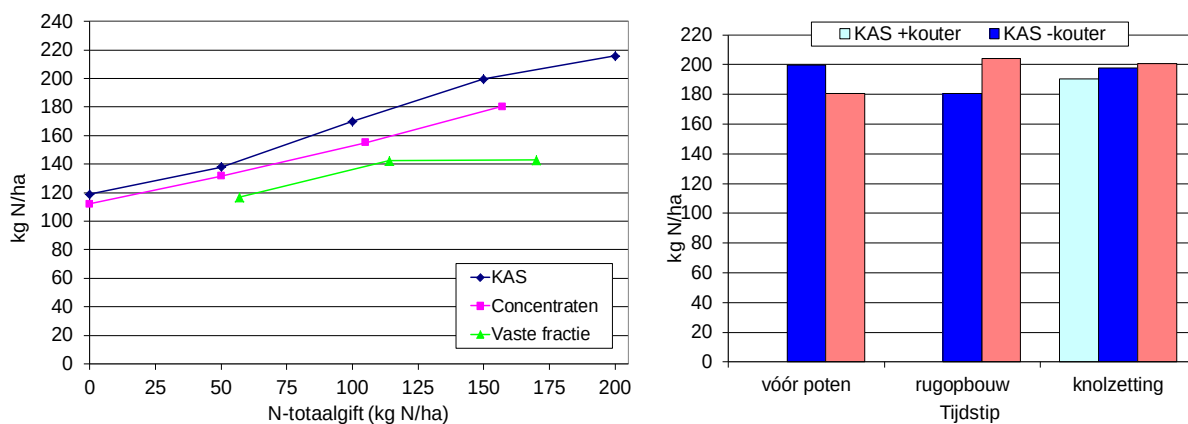
Vaste fractie

Bij de basisbemesting met de vaste fractie waren te Lelystad de knolopbrengst, droge-stofopbrengst en N-opname significant lager dan bij KAS, maar het opbrengstverschil was kleiner dan in de proef van 2009. Er was geen significant verschil in OWG.

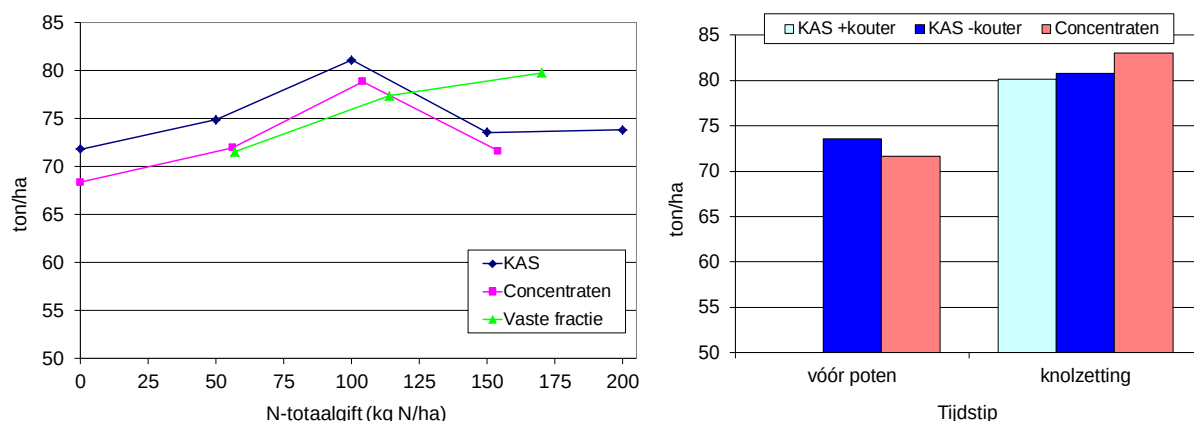
Te Rolde was de N-opname in de knollen bij de vaste fractie significant lager dan bij KAS, maar het veld- en uitbetalingsgewicht niet. In tegenstelling tot KAS en mineralenconcentraat nam het OWG bij de vaste fractie bij N-giften >50 kg N/ha niet af.



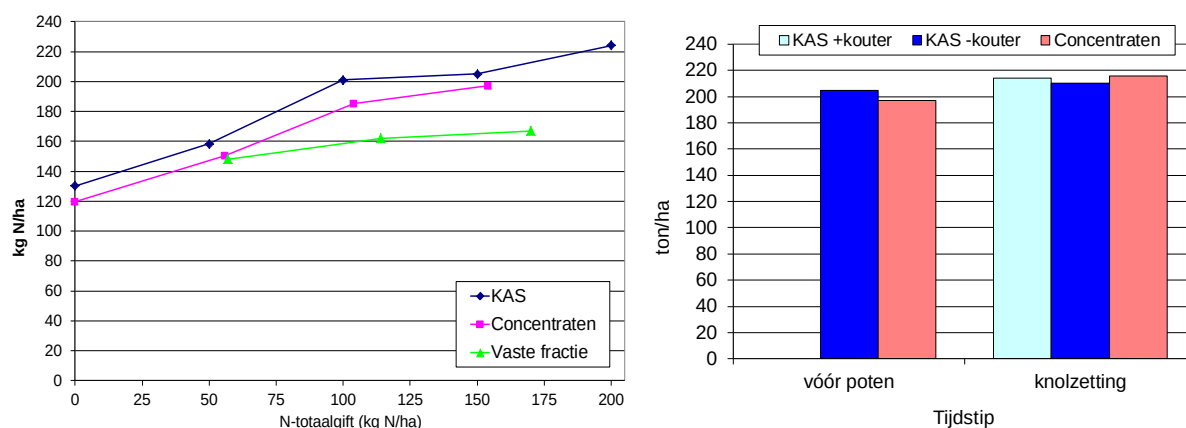
Figuur 10. Totale knolopbrengst in 2010 te Lelystad; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (rugopbouw: 50 kg N/ha uit KAS vóór poten en 100 kg N/ha uit KAS/concentraten vlak voor rugopbouw; knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting)



Figuur 11. Stikstofopname in de knollen in 2010 te Lelystad; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (rugopbouw: 50 kg N/ha uit KAS vóór poten en 100 kg N/ha uit KAS/concentraten vlak voor rugopbouw; knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting)



Figuur 12. **Uitbetalingsgewicht te Rolde in 2010; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (rugopbouw: 50 kg N/ha uit KAS vóór poten en 100 kg N/ha uit KAS/concentraten vlak voor rugopbouw; knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting)**



Figuur 13. **Stikstofopname in de knollen te Rolde in 2010; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (rugopbouw: 50 kg N/ha uit KAS vóór poten en 100 kg N/ha uit KAS/concentraten vlak voor rugopbouw; knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting)**

Aanzuren

Door het aanzuren van concentraat A werd de pH verlaagd van 8,3 naar 7,2 te Lelystad en naar 6,7 te Rolde. Er was uitgegaan van een sterkere pH-verlaging, maar deze bleek achteraf niet te zijn gerealiseerd. Het aanzuren leidde in de proef te Lelystad niet tot een duidelijk hogere N-opname en ook niet tot een hogere knolopbrengst of droge-stofopbrengst (tabel 4); de onderlinge verschillen tussen wel of niet aanzuren, waren niet significant. Het gaf wel een significant lager OWG.

Te Rolde leidde aanzuren tot een significant hogere N-opname en droge-stofopbrengst in vergelijking met niet aanzuren. Het veldgewicht en UBG waren ook hoger, maar net niet significant. Aanzuren had geen significant effect op het onderwatergewicht (OWG).

Alle cijfers van de resultaten per proef en object zijn weergegeven in bijlage 5.

Tabel 4a. **Resultaten van aanzuren van mineralenconcentraat A te Lelystad in 2010**

Stikstofgift (kg N/ha)		Knolopbrengst >40 mm (ton/ha)		OWG (g)		Droge-stofopbrengst (ton/ha)		N-opname knollen (kg N/ha)	
niet aan-gezuurd	aan-gezuurd	niet aan-gezuurd	aan-gezuurd	niet aan-gezuurd	aan-gezuurd	niet aan-gezuurd	aan-gezuurd	niet aan-gezuurd	aan-gezuurd
54	55	52,0	51,1	413	386	11,1	11,5	115	139
109	112	66,0	58,1	403	387	13,3	13,6	152	168
159	163	66,3	61,9	385	348	14,0	13,3	184	171
gemiddeld		61,4	57,0	400	374	12,8	12,8	150	159

Tabel 4b. **Resultaten van aanzuren van mineralenconcentraat A te Rolde in 2010**

Stikstofgift (kg N/ha)		Veldgewicht (ton/ha)		OWG (g)		Uitbetalingsgewicht (ton/ha)		Droge-stofopbrengst (ton/ha)		N-opname knollen (kg N/ha)	
niet aan-gezuurd	aan-gezuurd	niet aan-gezuurd	aan-gezuurd	niet aan-gezuurd	aan-gezuurd	niet aan-gezuurd	aan-gezuurd	niet aan-gezuurd	aan-gezuurd	niet aan-gezuurd	aan-gezuurd
55	55	48,6	52,8	523	523	68,2	74,4	13,2	14,5	149	151
111	111	59,5	62,7	510	509	81,4	85,6	15,9	16,7	196	212
162	162	55,9	62,3	488	498	72,3	82,7	14,3	16,4	207	232
gemiddeld		54,7	59,3	507	510	74,0	80,9	14,5	15,9	184	198

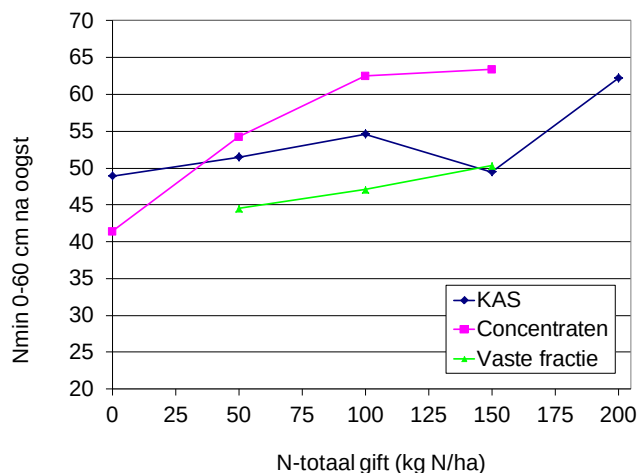
3.4 Nmin na oogst

De Nmin na oogst in de laag 0-60 cm was in 2009 te Lelystad bij de concentraten gemiddeld 8 kg N/ha hoger dan bij KAS (dit verschil was statistisch significant) en bij de dikke fractie gemiddeld 5 kg N/ha lager (niet significant). De Nmin is weergegeven in figuur 14.

Te Rolde verschilde de Nmin0-60 na oogst niet tussen de concentraten en KAS en bedroeg circa 50 kg N/ha. Bij de vaste fractie was de Nmin ruim 10 kg N/ha hoger dan bij KAS (niet significant). Mogelijk zijn de verschillen tussen de proefobjecten genivelleerd door de neerslag die in periode tussen oogst en het moment van Nmin-bemonstering viel.

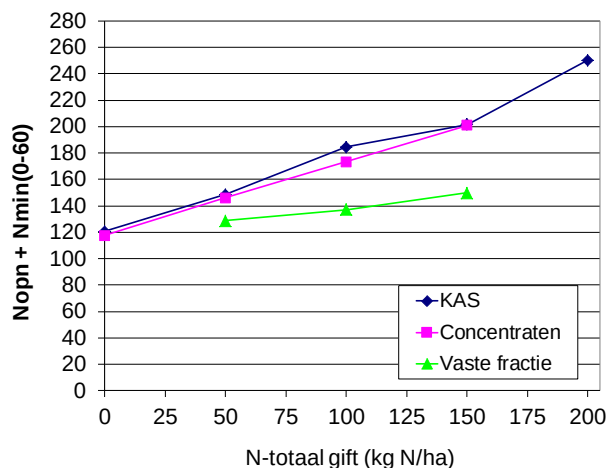
De minerale stikstof die in de proeven van 2010 in de bodemlaag 0-60 cm achterbleef na oogst was laag: gemiddeld circa 25 kg N/ha in de proef te Lelystad en circa 15 kg N/ha in de proef te Rolde. Er was ook nauwelijks (en geen significant) verschil tussen KAS, de mineralenconcentraten of de vaste fractie.

Waarschijnlijk is door het natte weer in augustus, september en oktober de stikstof al grotendeels naar een diepere bodemlaag uitgespoeld en/of gedenitrificeerd en zijn eventuele verschillen tussen de proefobjecten genivelleerd. De Nmin-cijfers na oogst zijn per proef en object weergegeven in bijlage 5.



Figuur 14. Nmin 0-60 cm na oogst bij de basisbemesting in 2009 te Lelystad

Als wordt aangenomen dat de extra Nmin na de oogst te Lelystad in 2009 bij de concentraten ook daadwerkelijk uit de concentraten afkomstig is en de N-opname in de knollen en de Nmin na oogst bij elkaar worden opgeteld, komen de curves van KAS en concentraten bijna tegen elkaar aan te liggen (figuur 15).



Figuur 15. N-opname in de knollen + Nmin 0-60 cm na oogst bij de basisbemesting in 2009 te Lelystad

3.5 Stikstofwerkingscoëfficiënten

Aangezien het door de grond trekken van het kouter vrijwel nooit een significant effect had op de knolopbrengst en de droge-stofopbrengst en geheel nooit op de N-opname in de knollen, is de factor kouter niet in de analyse betrokken. Dit betekent dat geen onderscheid is gemaakt tussen de nulobjecten zonder kouter en de nulobjecten met kouter en de responscurves van de verschillende mestsoorten door een gezamenlijk nulpunt zijn gefit.

In tabel 5 zijn de berekende N-werkingscoëfficiënten (NWC's) per proef weergegeven op basis van knolopbrengst >40 mm (Lelystad), uitbetalingsgewicht (Rolde), knoldrogestofopbrengst en N-opname in de knollen. De NWC's zijn in eerste instantie per afzonderlijk mineralenconcentraat afgeleid. Aangezien er bij geen enkele proef significante verschillen waren tussen de afgeleide NWC's van de verschillende typen mineralenconcentraten, is vervolgens de NWC over de drie (niet-aangezuurde) concentraten gemiddeld afgeleid. Deze is in tabel 5 weergegeven.

De NWC van vloeibaar ammoniumnitraat ten opzichte van KAS is enkel voor de proef te Lelystad in 2010 weergegeven. Die van de proef te Rolde in 2010 is niet weergegeven, omdat hier twee van de drie N-doseringen zijn vervallen (zie hoofdstuk 2.3) en op basis van één N-dosering geen responscurve kan worden opgesteld. De N-opname bij de overgebleven lage dosering vloeibaar ammoniumnitraat (50 kg N/ha) was iets hoger dan bij 50 kg N/ha uit KAS (niet significant). Hieruit kan worden afgeleid dat de N-werking bij deze N-gift van het vloeibaar ammoniumnitraat op zijn minst even goed was als die van KAS. Bij de proef te Rolde in 2010 kon door de zwakke respons op basis van uitbetalingsgewicht en droge-stofopbrengst de NWC van de mineralenconcentraten en de vaste fractie bij deze variabelen niet goed worden vastgesteld.

De fit bij de N-opname was in het algemeen beter (kleinere standard error) dan bij de marktbaar en droge-stofopbrengst. Verder is N-opname de meest directe maatstaf om meststoffen op basis N-efficiëntie of risico op N-verlies te vergelijken. Daarom wordt hierna ingegaan op de NWC gebaseerd op de N-opname. De NWC bij de basisbemesting in de kleiproef varieerde van 0,78 (2009) tot 0,81 (2010) en in de zandproef varieerde deze van 0,86 (2009) tot 0,78 (2010). Gemiddeld over de beide proeven bedroeg de NWC op klei 0,80 en op zand 0,82.

Naast een analyse per proef is een analyse uitgevoerd over alle vier de proeven gezamenlijk en is het responsmodel geselecteerd dat over alle vier de proeven samen het beste voldeed. Om een vergelijking op marktbaar opbrengst te Lelystad en uitbetalingsgewicht te Rolde mogelijk te maken, zijn beide eerst geïndexeerd. Zowel voor de geïndexeerde opbrengst, de droge-stofopbrengst als de N-opname in de knollen, werd de respons over alle proeven gezamenlijk het beste beschreven met een 2^e graads polynoom. Op basis van dit model was het verschil in NWC tussen Lelystad en Rolde voor geen van de drie voornoemde variabelen significant.

Bij de bijbemesting waren de resultaten wisselend tussen de jaren. In 2009 werd een lagere NWC gevonden (0,40-0,58) en in 2010 hoge waarden (>1). Doordat de NWC op slechts één meetpunt is gebaseerd is, in vergelijking met de basisbemesting, het lastiger deze betrouwbaar te kunnen uitrekenen.

Bij de vaste fractie werd in drie van de vier proeven een relatief lage NWC gevonden van 0,32-0,34. Alleen te Rolde in 2009 werd een hogere NWC gevonden van 0,55.

Indien voor de proef te Lelystad in 2009 de Nmin 0-60 cm na oogst wordt opgeteld bij de N-opname in de knollen, komt de NWC voor mineralenconcentraat gemiddeld uit op 0,89 (net niet significant verschillend van KAS c.q. van 1) en voor de vaste fractie op 0,34.

Het geselecteerde responsmodel aan de hand waarvan de NWC van *mineralenconcentraat* ten opzichte van KAS is afgeleid, betreft in de meeste gevallen een 2^e graads polynoom. Enkel voor de N-opname in de knollen te Rolde in 2009 en te Lelystad in 2010 is een 1^e graads polynoom geselecteerd.

Het geselecteerde responsmodel aan de hand waarvan de NWC van de *vaste fractie* ten opzichte van KAS is afgeleid, betreft in alle gevallen een 2^e graads polynoom.

Het geselecteerde responsmodel aan de hand waarvan de NWC van *vloeibaar ammoniumnitraat* ten opzichte van KAS is afgeleid in de proef te Lelystad in 2010, betreft in alle gevallen een exponentiële curve. In bijlage 7 zijn ter illustratie alle gefitte curves weergegeven van de basisbemesting met mineralenconcentraten van de proef te Lelystad in 2010.

Tabel 5. **Afgeleide N-werkingscoëfficiënten van mineralenconcentraat (MC) en vaste fractie ten opzichte van kalkammonsalpeter (KAS)**

	Lelystad		Rolde	
	2009	2010	2009	2010
Marktbare opbrengst¹				
MC basisbemesting	0,73	0,84 (n.s.)	0,81 (n.s.)	* ⁴
Vlb. ammoniumnitraat basisbem.	–	1,06 (n.s.)	–	–
MC bij rugopbouw	0,51	0,54 ⁵	–	–
MC bij knolzetting	0,15	0,98 ⁵ (n.s.)	1,22 ⁵ (n.s.)	1,54 ⁵ (n.s.)
Vaste fractie basisbemesting	0,38	0,36	0,38	* ⁴
DS-opbrengst²				
MC basisbemesting	0,74	0,78 (n.s.)	0,86 (n.s.)	* ⁴
Vlb. ammoniumnitraat basisbem.	–	0,78 (n.s.)	–	–
MC bij rugopbouw	0,47	0,86 ⁵ (n.s.)	–	–
MC bij knolzetting	0,18 (n.s.)	2,09 ⁵ (n.s.)	1,16 (n.s.)	1,68 ⁵ (n.s.)
Vaste fractie basisbemesting	0,43	0,40	0,49	* ⁴
N-opname knollen				
MC basisbemesting	0,78	0,81	0,86 (n.s.)	0,78
Vlb. ammoniumnitraat basisbem.	–	0,65	–	–
MC bij rugopbouw	0,58	1,21 (n.s.)	–	–
MC bij knolzetting	0,44 (n.s.)	1,04 (n.s.)	0,40	1,12 (n.s.)
Vaste fractie basisbemesting	0,34	0,32	0,55	0,34

¹ op basis van knolopbrengst >40 mm te Lelystad en uitbetalingsgewicht te Rolde

² op basis van knoldrogestofopbrengst

³ n.s. = niet significant verschillend van KAS c.q. van 1

⁴ geen goede afleiding van de NWC mogelijk

⁵ afgeleid op basis van ANE dan wel ANR

Bij de basisbemesting in de proef te Lelystad in 2010 is ook de NWC van de mineralenconcentraten ten opzichte van vloeibaar ammoniumnitraat afgeleid door de responscurves van beide te fitten en direct met elkaar te vergelijken. De afgeleide NWC (gemiddelde over de concentraten A, B en E) ten opzichte van vloeibaar ammoniumnitraat in deze proef bedraagt op basis van:

- marktbaar opbrengst: 0,92 (n.s.)
- droge-stofopbrengst: 1,08 (n.s.)
- N-opname knollen: 1,17 (n.s.)

Best fittende responsmodel was in dit geval voor alle drie de variabelen de exponentiële curve.

In tabel 6 zijn de NWC's weergegeven van het wel of niet aangezuurde A-concentraat in 2010. De NWC van het aangezuurde A-concentraat verschilde in de proef te Lelystad in 2010 niet significant van de NWC van het niet-aangezuurde concentraat (voor geen van de drie variabelen). In de proef van 2010 te Rolde, was de NWC van het aangezuurde A-concentraat hoger dan van het niet-aangezuurde concentraat, maar het verschil was niet significant.

Tabel 6. **Afgeleide N-werkingscoëfficiënten van wel of niet aangezuurd A-concentraat in 2010**

	Lelystad	Rolde
Marktbare opbrengst		
Niet aangezuurd	0,91 a	* ²
Wel aangezuurd	0,72 a	* ²
DS-opbrengst²		
Niet aangezuurd	0,77 a	* ²
Wel aangezuurd	0,82 a	* ²
N-opname knollen		
Niet aangezuurd	0,72 a	0,86 a
Wel aangezuurd	0,74 a	1,17 a ³

¹ zelfde lettercode betekent onderling niet significant verschillend

² geen goede afleiding van de NWC mogelijk

³ verschil bijna significant (p=0,08)

4 Discussie

Stikstofrespons

In drie van de vier proeven was er sprake van een duidelijke respons van de stikstofbemesting op zowel de marktbaar opbrengst, droge-stofopbrengst als de N-opname in de knollen. Alleen bij de proef te Rolde in 2010 was de respons op marktbaar opbrengst en droge-stofopbrengst zwak. De N-opname reageerde echter nog wel duidelijk op de N-bemesting. In het algemeen was de stikstofrespons op beide locaties in 2009 sterker dan in 2010. Echter, ook in 2010 was de respons van de stikstofbemesting op de N-opname nog sterk genoeg om een N-werkingscoëfficiënt te kunnen afleiden.

NWC concentraten

Basisbemesting

Op basis van de N-opname in de knollen bedroeg de afgeleide NWC gemiddeld over de concentraten bij toepassing als basisbemesting in de zandproeven 86% (2009) en 78% (2010). Gemiddeld is dat 82%. In de kleiproeven bedroeg de NWC gemiddeld over de concentraten 78% (2009) en 81% (2010). Gemiddeld is dat 80%. De gevonden NWC is wat lager dan de verwachte NWC van ruim 90% (tabel 3).

De NWC's waren hoger dan die gevonden in het onderzoek op grasland (Van Middelkoop & Holshof, 2011). In 2011 en 2012 wordt nog aanvullend onderzoek verricht ter verklaring van de gevonden lagere NWC's op grasland.

Schröder et al. (2012) vergeleken in 2010 en 2011 op zandgrond bij het toetsgewas snijmaïs verschillende organische-mestproducten met elkaar die sterk uiteenliepen in N-mineraal/N-totaal-verhouding. Voor mineralenconcentraat vonden zij op basis van N-opname door het gewas een NWC van 72% in 2010 en van 84% in 2011.

Aanvullend op het veldonderzoek in de onderhavige pilot zijn er in de periode 2009 t/m 2011 veldproeven uitgevoerd waarin de toepassing van het mineralenconcentraat met praktijkmachines is onderzocht (Van Geel et al., 2012). Bij toediening als basisbemesting vóór het poten/zaaien via injectie op zandgrond werd in de meeste proeven een vergelijkbaar resultaat als met kunstmest (KAS) gevonden. De berekende NWC was in vier van de zeven betreffende proeven >1 (maar niet significant verschillend van 1 c.q. van KAS). In één proef bedroeg deze 0,96 (niet significant verschillend van KAS). In twee proeven (beide op noordoostelijk zand) was de NWC, door onbekende reden, slechts $\leq 40\%$. Er moet worden benadrukt dat in deze proeven het concentraat maar bij één N-niveau was toegediend, waardoor de NWC minder nauwkeurig is vast te stellen als in het onderhavige onderzoek en dat van Schröder et al. (2012), waarin het concentraat bij meerdere N-niveaus was toegediend.

Van structuurschade was in het onderhavige onderzoek geen sprake. Er was immers geen significant verschil tussen de nulobjecten met en zonder berijding met de machine.

De wat lagere N-werking dan verwacht, hangt mogelijk samen met ammoniakemissie en/of lachgasemissie. De concentraten zijn met kouters in de grond gebracht en bij de toediening bleef het concentraat over het algemeen vrij goed in de grond. In het geval het soms wel naar de oppervlakte kwam, trok het zeer snel de grond in. Een hoog ammoniakvervluchtigingsverlies ligt daarom niet direct voor de hand. Dit wordt bevestigd door laboratoriumproeven (Velthof & Hummelink, 2011) en veldproeven (Huijsmans & Hol, 2011) die eveneens in het kader van onderhavige pilot zijn uitgevoerd.

Mogelijk hebben de weersomstandigheden tijdens en na toediening een rol gespeeld. Op beide locaties en in beide jaren was er sprake van zonnig weer, omstandigheden die gunstig zijn voor ammoniakemissie. Daardoor kan de emissie wat hoger zijn geweest dan is geschat voor de theoretisch berekend NWC. Daarbij is uitgegaan van 5% verlies van de ammoniumstikstof door ammoniakemissie in geval van bouwlandinjectie. In 2010 is er ook een aangezuurd concentraat meegenomen. Het aanzuren leidde op kleigrond niet tot een hogere N-opname. Op zandgrond was dit echter wel het geval. Dit duidt erop dat ondanks de emissie-arme toediening er mogelijk wel enig risico is van ammoniakverlies. Dat aanzuren op klei geen effect had, komt mogelijk omdat de pH van het concentraat onvoldoende werd verlaagd om ammoniakemissie volledig te voorkomen en/of hangt mogelijk samen met de hoge pH van de grond (>7). Op kalkrijke grond met pH >7 wordt zuur snel geneutraliseerd in de bodem.

Uit de laboratoriumproeven van Velthof & Hummelink (2011) blijkt voorts dat inwerken van het concentraat (zoals in de bouwlandproeven is gebeurd) om ammoniakemissie te beperken, juist tot een relatief hoge lachgasemissie kan leiden, hoger dan bij toepassing van onbehandelde drijfmest. Behalve ammoniakvervluchtiging en denitrificatie hebben mogelijk ook de stikstofhuishouding in de bodem invloed op de N-werking. Bij de kleiproef in 2009 bleek dat de hoeveelheid minerale bodem-N na oogst bij bemesting met concentraten hoger was dan bij bemesting met KAS. Hoewel dit effect relatief gering was (5-10 kg N per ha), was het effect wel significant. Het is onwaarschijnlijk dat dit late mineralisatie van organische N uit de concentraten betrof. Het aandeel organische N in de concentraten was laag (5-10%), waardoor dat effect gering zal zijn. Bovendien zijn de organische deeltjes in het concentraat zeer klein (colloïdaal) en worden waarschijnlijk snel afgebroken in de bodem. Daarnaast had een late N-mineralisatie zich dan ook in de zandproef moeten manifesteren, maar werd daar echter niet waargenomen. Mogelijk is in de kleiproef in het voorjaar tijdelijke immobilisatie van (ammonium)stikstof opgetreden, die later in de zomer weer vrij kwam en niet (helemaal) meer door het gewas is opgenomen (vergelijkbaar met laat mineraliserende stikstof). De afgeleide NWC in de kleiproef van 2009 op basis van N-opname in de knollen plus N_{min} na oogst komt wel overeen met de verwachte NWC. Of dit effect in 2010 ook optrad, kan niet worden beoordeeld. Weliswaar werden in 2010 in geen van beide proeven verschillen gevonden in hoeveelheid minerale bodem-N na de oogst, maar in dat jaar is er door de grote hoeveelheid neerslag aan het eind van het groeiseizoen waarschijnlijk al een deel van de stikstof uitgespoeld en/of gedenitrificeerd, waardoor eventueel aanwezige verschillen vroegtijdig zijn genivelleerd.

In 2010 is ook nagegaan of de vorm van de meststof, vast of vloeibaar, een rol speelt bij het verschil in NWC tussen concentraten en KAS door naast KAS ook vloeibare ammoniumnitraat mee te nemen. Op de kleigrond was de benutting van N uit vloeibare ammoniumnitraat minder goed dan die van KAS. Op zandgrond werd geen verschil (op basis van één N-trap) geconstateerd. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is van de slechtere werking op klei. Bij zowel KAS als vloeibare ammoniumnitraat gaat het om dezelfde stikstofvormen (ammonium en nitraat) toegediend in dezelfde verhouding. Het enige verschil is dat alle ammonium bij vloeibare ammoniumnitraat in één keer opgelost wordt toegediend aan de bodem terwijl bij de vaste meststof de ammonium wat geleidelijker vrijkomt omdat deze eerst moet oplossen. Mogelijk dat de kans op enige verlies (ammoniakvervluchtiging en/of vastlegging) in het laatste geval wat geringer is. Als de meststofvorm (vast of vloeibaar) van invloed is op de N-werking, dan geldt dat ook voor mineralenconcentraten. Verder is opmerkelijk dat bij toediening van vloeibaar ammoniumnitraat te Lelystad de N-opname en droge-stofproductie lager waren, maar de verse-knolopbrengst niet. Hiervoor is geen verklaring.

Bijbemesting

Bij de bijbemesting waren de resultaten wisselend tussen de jaren. In 2009 werd op basis van de N-opname in de knollen een lage NWC gevonden (58% bij rugopbouw en 40-44% bij knolzetting) terwijl in 2010 de werking minstens zo goed was als die van KAS. De lagere werking van de bijmestgift bij knolzetting in 2009 is misschien een gevolg van de ondiepere toediening (5-6 cm) dan in 2010 (10 cm) in combinatie met het open blijven staan van de snedes die door de kouters werden gemaakt in de vochtige grond (op beide locaties). Dat heeft mogelijk tot meer ammoniakvervluchtigingsverlies geleid dan in 2010, toen het concentraat wat dieper in de grond is gebracht en de koutersneden dicht vielen. Het is echter de vraag of verschil in ammoniakvervluchtigingsverlies de enige verklaring is. Daarvoor is het verschil tussen beide jaren wel erg groot.

Na toediening voor rugopbouw te Lelystad was de grond in beide jaren droog en vielen de koutersneden na toediening meteen dicht met losse grond. Enkel is er in 2009 iets ondieper toegediend (7-8 cm) dan in 2010 (10 cm). Verder stond er in 2009 een tamelijk harde wind en in 2010 een matige wind, in beide jaren met zon. De ammoniakvervluchtiging kan daardoor misschien in 2009 wat hoger zijn geweest dan in 2010, maar lijkt geen afdoende verklaring te geven voor het grote verschil in N-werking tussen beide jaren. Droge of natte weersomstandigheden lijken geen rol van betekenis te hebben gespeeld. In de meeste gevallen was het tijdens en (de dag) na toediening droog. Enkel na de bijbemesting in 2010 te Rolde viel een lichte hoeveelheid neerslag. Na de bijbemesting in 2010 te Lelystad was het echter droog en was de N-werking ook hoog.

Benadrukt moet worden dat bij de bijbemesting maar bij één bemestingsniveau is toegediend. Dat betekent

dat in vergelijking met de basisbemesting, waarbij drie N-niveaus aanwezig waren en een responscurve kan worden opgesteld, de veldvariatie minder wordt gedempt. Ook is de werking bepaald bij een hoger N-bemestingsniveau van 150 kg N per ha. Daardoor is de NWC bij de bijbemesting minder nauwkeurig is te bepalen dan bij de basisbemesting.

NWC vaste fractie

De NWC van de vaste fractie bleef te Lelystad in beide jaren achter bij de verwachting (ca. 60%). Enkel te Rolde in 2009 voldeed de NWC bijna aan de verwachting. In het eerder genoemde onderzoek van Schröder et al. (2012) werd voor de vaste fractie (zelfde product als gebruikt in onderhavig onderzoek) een hogere NWC gevonden, namelijk van 60% in 2010 en 53% in 2011 op basis van N-opname door het gewas.

De oorzaak van de lage N-werking in drie van de vier aardappelproeven is onduidelijk. Mogelijk heeft ammoniakvervluchtiging na toediening een rol gespeeld, omdat het product eerst bovenop de grond is gestrooid en daarna via een aparte werkgang (tamelijk oppervlakkig) is ingewerkt door eggen. In de vaste fractie van 2009 was ruim 40% van de stikstof aanwezig in minerale vorm en in 2010 ruim 50%. Bij de zandproeven is er in tegenstelling tot de kleiproeven enkele dagen later gespit, waardoor de vaste fractie goed in de grond is gekomen, maar dan is de meeste ammoniak al vervluchtigd. Deze is namelijk het hoogst in de eerste uren na toediening (Huijsmans et al., 2003).

Het is denkbaar dat de onregelmatige verdeling van de vaste fractie over de veldoppervlakte de werking nadelig heeft beïnvloed, maar dan is het vreemd dat dit effect niet in alle proeven optrad.

5 Conclusies

Effecten op marktbaar opbrengst en N-opname

Basisbemesting met concentraat

- Bij de basisbemesting was in alle proeven de marktbaar opbrengst en knoldrogestofopbrengst bij de concentraten lager dan bij KAS. Alleen bij de proef in Lelystad in 2009 was dit effect significant.
- De N-opname in de knollen was bij de concentraten ook lager dan bij KAS. Dit effect was in drie van de vier proeven significant.
- De verschillen tussen de beproefde concentraten onderling waren klein en niet significant.

Aanzuren van concentraat

- Het aanzuren van het concentraat leidde in Lelystad niet tot significante effecten op de opbrengst en de N-opname. Te Rolde resulteerde aanzuren in een significant hogere knolopbrengst, droge-stofopbrengst en N-opname (geen significant effect op uitbetalingsgewicht).
- Door het aanzuren werd de pH verlaagd van 8,3 naar 7,2 (Lelystad) en 6,7 (Rolde). De pH-verlaging was minder sterk dan verwacht.

Vloeibare ammoniumnitraat

- In Lelystad was bij de basisbemesting de N-opname bij gebruik van vloeibare ammoniumnitraat significant lager dan bij KAS en vergelijkbaar met die van de concentraten. Te Rolde kon slechts bij één N-niveau een vergelijking worden gemaakt. Daarbij kwamen geen verschillen tussen vloeibare ammoniumnitraat en KAS naar voren.

Bijbemesting met concentraat

- Bij de bijbemesting was de marktbaar en knoldrogestofopbrengst in 2009 bij de concentraten lager dan bij KAS. Alleen in Lelystad was dit effect significant. De N-opname in de knollen was op beide locaties bij de concentraten significant lager dan bij KAS.
- In 2010 werden geen significante verschillen in opbrengst (zowel marktbaar als drogestof) en N-opname in de knollen tussen concentraten en KAS waargenomen.

Basisbemesting met vaste fractie

- Bij de vaste fractie was in alle proeven zowel de opbrengst als de N-opname in de knollen lager dan bij KAS. Voor de opbrengst was dit effect alleen bij de proeven in Lelystad significant. Voor de N-opname was dit voor alle vier de proeven het geval.

Minerale bodem-N na de oogst

- In Lelystad in 2009 werd na de oogst bij de concentraatobjecten een significant hogere hoeveelheid minerale bodem-N (circa 10 kg N per ha) gemeten. In de andere drie proeven is dit effect niet waargenomen. In 2010 kunnen door de natte nazomer verschillen mogelijk wel vroegtijdig zijn genivelleerd.

N-werkingscoëfficiënt

- De NWC op klei varieerde van 0,78 (2009) tot 0,81 (2010), op zand bedroeg de NWC 0,86 (2009) en 0,78 (2010). Gemiddelde over vier proeven bedroeg de NWC 0,81. Gebaseerd op de samenstelling van de concentraten was een NWC van ruim 0,9 verwacht. De gevonden waarde is dus wat lager.
- Bij de bijbemesting waren de resultaten wisselend tussen de jaren. In 2009 werd een lage NWC gevonden (0,40-0,58) en in 2010 hoge waarden (> 1). Doordat de NWC op slechts één meetpunt is gebaseerd is, in vergelijking met de basisbemesting, het lastiger deze betrouwbaar te kunnen bepalen.
- Bij de vaste fractie werd in drie van de vier proeven een relatief lage NWC gevonden van 0,32-0,34. Alleen te Rolde in 2009 werd een hogere NWC gevonden van 0,55. Gebaseerd op de samenstelling van de vaste fractie was een NWC van 0,60-0,65 verwacht.

- Indien voor de proef te Lelystad in 2009 de N-opname in de knollen en de Nmin 0-60 cm na oogst worden opgeteld, komt de NWC voor mineralenconcentraat gemiddeld uit op 0,89 en voor de vaste fractie op 0,34.
- De NWC van het aangezuurde concentraat verschilde in de proef te Lelystad in 2010 niet significant van de NWC van het niet-aangezuurde concentraat (voor geen van de drie variabelen). In de proef van 2010 te Rolde, was de NWC van het aangezuurde concentraat hoger dan van het niet-aangezuurde concentraat; het verschil was bijna significant.

Referenties

- 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)
- Geel, W.C.A. van, W. van den Berg, W. van Dijk & R. Wustman (2012). Aanvullend onderzoek mineralenconcentraten 2009-2011 op bouwland en grasland. PPO nr. 476, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, 42 pp.
- Ehlert, P.A.I. & P. Hoeksma (2011). Landbouwkundige en milieukundige perspectieven van mineralenconcentraten. Deskstudie in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten. Rapport 2185, Alterra, Wageningen, 76 pp.
- Huijsmans, J.F.M. & J.M.G. Hol (2011). Ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraat op beteeld bouwland en grasland. Rapport 398, Plant Research International, Wageningen, 26 pp. + bijlagen
- Middelkoop J.C. van & G. Holshof (2011). Stikstofwerking van mineralenconcentraten op grasland. Veldproeven 2009 en 2010. Rapport 475. Wageningen UR Livestock Research, 41 pp. + bijlagen.
- Schröder, J.J., D. Uenk, W. de Visser, F. de Ruijter, F. Assinck, G.L. Velthof & W. van Dijk (2012). Stikstofwerking van organische meststoffen op bouwland. Resultaten van veldonderzoek Wageningen 2010-2011. Plant Research International, Wageningen. In voorbereiding .
- Veerman, A. (2003). Teelt van consumptieaardappelen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 88 pp. Website Kennisakker (www.kennisakker.nl)
- Velthof, G.L. & E. Hummelink (2011).) Ammoniak- en lachgasemissie na toediening van mineralenconcentraten. Resultaten van laboratoriumproeven in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten. Rapport 2180, Alterra, Wageningen. 46 pp.

Bijlage 1. N- en K-gehalten van de mineralenconcentraten

In de tabellen 1-1 en 1-2 is per proef en toedieningsmoment het gemeten stikstof- en kaligehalte weergegeven in de MC-monsters die op elk toedieningsmoment uit de tank van de mestmachine zijn genomen. Aan de hand van deze gehalten is achteraf berekend hoeveel stikstof en kali er is gedoseerd bij de MC-objecten. De overige gegevens over de samenstelling zijn vermeld in tabel 3 in paragraaf 2.3.

Tabel 1-1. **Stikstof- en kaligehalten (g/kg) van de mineralenconcentraten (A, C en D) per toedieningsmoment te Lelystad en Rolde in 2009**

	N-totaal			N-ammonium			N-org			N-ammonium%			K ₂ O		
	A	C	D	A	C	D	A	C	D	A	C	D	A	C	D
Ontvangst 13/3	6,7	8,9	5,4	6,4	7,9	4,9	0,3	1,1	0,4	96%	88%	92%	9,6	9,9	7,3
Lelystad 20/4	6,9	8,8	5,2	6,3	7,8	4,8	0,6	1,0	0,4	91%	89%	92%	-	-	-
Rolde 29/4	6,8	8,8	5,2	6,1	7,8	4,7	0,7	1,0	0,5	90%	89%	91%	-	-	-
Lelystad 13/5	6,6	8,8	5,4	6,0	7,8	4,7	0,5	1,0	0,6	92%	89%	88%	-	-	-
Lelystad 5/6	6,4	8,6	5,1	6,1	7,8	4,8	0,3	0,8	0,3	96%	91%	94%	9,9	10,4	7,6
Rolde 17/6	6,6	8,7	5,0	6,3	7,8	4,7	0,3	0,8	0,3	95%	90%	95%	10,1	10,4	7,6

Tabel 1-2. **Stikstof- en kaligehalten (g/kg) van de mineralenconcentraten (A, Az, B en E) per toedieningsmoment te Lelystad en Rolde in 2010**

	N-totaal				N-ammonium				N-org			
	A	Az	B	E	A	Az	B	E	A	Az	B	E
Ontvangst 15/3	6,7	-	7,2	4,4	6,6	-	6,9	3,9	0,1	-	0,2	0,4
Lelystad 22/4	6,5	6,6	6,5	4,2	6,1	6,2	6,2	3,8	0,4	0,5	0,3	0,4
Rolde 28/4	6,6	6,6	7,3	4,2	6,2	6,0	6,7	3,8	0,4	0,6	0,6	0,4
Lelystad 21/5	6,7	-	6,5	4,3	6,4	-	6,3	3,9	0,3	-	0,2	0,4
Lelystad 21/6	6,5	-	7,0	4,3	5,9	-	6,7	3,9	0,6	-	0,3	0,3
Rolde 29/6	6,6	-	7,1	4,3	6,0	-	6,7	4,0	0,6	-	0,4	0,2

	N-ammonium%				K ₂ O			pH			
	A	Az	B	E	A	B	E	A	Az	B	E
Ontvangst 15/3	98%	-	97%	90%	7,1	7,0	5,4	-	-	-	-
Lelystad 22/4	94%	93%	95%	90%	-	-	-	8,3	7,2	7,8	8,0
Rolde 28/4	94%	90%	92%	90%	-	-	-	8,3	6,7	7,9	8,0
Lelystad 21/5	96%	-	97%	91%	8,7	7,8	6,5	-	-	-	-
Lelystad 21/6	91%	-	96%	92%	8,3	8,2	6,5	-	-	-	-
Rolde 29/6	92%	-	94%	94%	8,4	8,3	6,4	-	-	-	-

Bijlage 2. Toegediende hoeveelheden mineralen

In de tabellen 2-1 t/m 2-4 is per proef en object aangegeven hoeveel mineralen er per object zijn toegediend. Het betreft de achteraf berekende hoeveelheden op basis van de gemeten samenstelling van de mineralenconcentraten plus de vooraf toegediende aanvullende kunstmestgiften per object. In de consumptieaardappelproeven te Lelystad is aangevuld met tripelsuperfosfaat, kalizout 60 en kieseriet. In de zetmeelaardappelproeven te Rolde is aangevuld met tripelsuperfosfaat, kaliumsulfaat en kieseriet. De achteraf berekende kaligift week in 2010 bij een aantal objecten behoorlijk af van de geplande gift, die was berekend op basis van de meest actuele informatie die op dat moment bekend was over de samenstelling van de verschillende concentraten.

De totale fosfaatgift zat in alle vier de proeven ruim boven het bemestingsadvies. De totale kaligift zat in de beide proeven van 2009 tegen het adviesniveau aan (respectievelijk 220 kg K_2O per ha te Lelystad en 225 kg K_2O per ha te Rolde). In 2010 varieerde de kali-aanvoer behoorlijk per object en zat te Rolde bij alle objecten boven het advies (220 kg K_2O per ha) en te Lelystad bij de meeste objecten erboven (180 kg K_2O per ha) en bij een paar objecten eronder. De totale magnesiumgift zat in alle vier de proeven op of boven advies. Er was geen zwavelbemesting nodig te Lelystad, maar wel te Rolde. Zwavel is op beide locaties bij alle objecten in overmaat aangevoerd.

De totale chloridegift was voor consumptieaardappel op klei geen bezwaar. Chloride kan het onderwatergewicht (OWG; een kwaliteitseigenschap) verlagen, maar daarvan was in de proeven geen sprake (zie bijlage 5). Vaak zijn consumptieaardappelen op klei bestemd als tafelaardappel en daarbij wordt de teler niet naar OWG uitbetaald. Chloride verlaagt ook de blauwgevoeligheid van aardappelen (Veerman, 2003) en dat is voor consumptieaardappel gunstig.

Voor zetmeelaardappel is chloride wel een bezwaar. Een gift van meer dan 50 kg Cl per ha kan het onderwatergewicht en daarmee de uitbetalingsprijs verlagen. Daarom zijn te Rolde geen Cl-houdende kunstmeststoffen gebruikt. Bij de hoge giften van de concentraten A en D in 2009 en A en B in 2010 werd meer dan 50 kg Cl per ha aangevoerd. Dit had echter geen duidelijk effect op het OWG.

Met de mineralenconcentraten en de vaste fractie werd ook een kleine hoeveelheid natrium aangevoerd. Bij de nulobjecten de kunstmestobjecten (KAS) werd geen natrium aangevoerd.

In tabel 2-5 is de pH weergegeven die is gemeten in monsters van de toegediende concentraten vóór poten in 2010.

Tabel 2-1. **Toegediende hoeveelheid mineralen bij de verschillende objecten (kg per ha) te Lelystad in 2009**

Proefobject	N-gift (kg N per ha)				P ₂ O ₅ -gift			K ₂ O-gift		
	vóór poten	rug- opbouw	knol- zetting	totaal	MC /VF	TSP	totaal	MC /VF	K60	totaal
Nulobjecten en KAS-objecten	<i>zie tabellen 1 en 2 in paragraaf 2.2</i>				-	160	160	-	210	210
Concentraat A basis	51	0	0	51	3	160	163	73	140	213
Concentraat A basis	104	0	0	104	7	160	167	148	70	218
Concentraat A basis	156	0	0	156	10	160	170	222	0	222
Concentraat C basis	50	0	0	50	4	160	164	55	155	210
Concentraat C basis	100	0	0	100	8	160	168	111	100	211
Concentraat C basis	148	0	0	148	12	160	172	164	45	209
Concentraat D basis	48	0	0	48	2	160	162	66	145	211
Concentraat D basis	97	0	0	97	4	160	164	131	75	206
Concentraat D basis	149	0	0	149	6	160	166	203	0	203
Vaste fractie C basis	50	0	0	50	61	105	166	17	195	212
Vaste fractie C basis	100	0	0	100	122	45	167	33	180	213
Vaste fractie C basis	150	0	0	150	183	0	183	50	165	215
KAS basis + conc. A bij rugopbouw	50	98	0	148	7	160	167	140	70	210
KAS basis + conc. C bij rugopbouw	50	104	0	154	8	160	168	115	100	215
KAS basis + conc. D bij rugopbouw	50	98	0	148	4	160	164	133	75	208
KAS basis + conc. A bij knolzetting	100	0	49	149	3	160	163	75	140	215
KAS basis + conc. C bij knolzetting	100	0	50	150	4	160	164	61	155	216
KAS basis + conc. D bij knolzetting	100	0	48	148	2	160	162	72	145	217
Laagste gift							160			203
Hoogste gift							183			222

Tabel 2-1. **Vervolg**

Proefobject	MgO-gift			S-gift			Na ₂ O-gift	Cl-gift		
	MC /VF	kiese- riet	totaal	MC /VF	kunst- mest	totaal	MC /VF	MC /VF	kunst- mest	totaal
Nulobjecten en KAS-objecten	-	90	90	-	77	77	-	-	158	158
Concentraat A basis	0	90	90	2	77	79	21	24	105	129
Concentraat A basis	0	90	90	4	77	81	42	48	53	101
Concentraat A basis	0	90	90	6	77	83	63	73	0	73
Concentraat C basis	0	90	90	2	77	79	14	16	116	132
Concentraat C basis	0	90	90	5	77	81	28	32	75	107
Concentraat C basis	1	90	91	7	77	84	42	48	34	81
Concentraat D basis	1	90	91	2	77	79	19	25	109	134
Concentraat D basis	1	90	91	5	77	81	37	50	56	106
Concentraat D basis	2	90	92	7	77	84	58	77	0	77
Vaste fractie C basis	31	60	91	11	51	62	4	3	146	150
Vaste fractie C basis	61	30	91	22	25	47	8	7	135	142
Vaste fractie C basis	92	0	92	32	0	32	12	10	124	134
KAS basis + conc. A bij rugopbouw	0	90	90	4	77	81	42	48	53	101
KAS basis + conc. C bij rugopbouw	0	90	90	5	77	81	28	32	75	107
KAS basis + conc. D bij rugopbouw	1	90	91	5	77	81	37	50	56	106
KAS basis + conc. A bij knolzetting	0	90	90	2	77	79	21	24	105	129
KAS basis + conc. C bij knolzetting	0	90	90	2	77	79	14	16	116	132
KAS basis + conc. D bij knolzetting	1	90	91	2	77	79	19	25	109	134
Laagste gift			90			32	0			73
Hoogste gift			92			84	63			158

Tabel 2-2. **Toegediende hoeveelheid mineralen bij de verschillende objecten (kg per ha) te Rolde in 2009**

Proefobject	N-gift (kg N per ha)				P ₂ O ₅ -gift			K ₂ O-gift		
	vóór poten	rug- opbouw	knol- zetting	totaal	MC /VF	TSP	totaal	MC /VF	K50	totaal
Nulobjecten en KAS-objecten	<i>zie tabellen 1 en 2 in paragraaf 2.2</i>				-	160	160	-	210	210
Concentraat A basis	51	0	0	101 ¹	3	160	163	73	140	213
Concentraat A basis	103	0	0	103	7	160	167	147	70	217
Concentraat A basis	155	0	0	155	10	160	170	220	0	220
Concentraat C basis	49	0	0	99 ¹	4	160	164	55	155	210
Concentraat C basis	100	0	0	100	8	160	168	110	100	210
Concentraat C basis	147	0	0	147	12	160	172	163	45	208
Concentraat D basis	48	0	0	98 ¹	2	160	162	65	145	210
Concentraat D basis	96	0	0	96	4	160	164	131	75	206
Concentraat D basis	149	0	0	149	6	160	166	202	0	202
Vaste fractie C basis	50	0	0	100 ¹	61	105	166	17	195	212
Vaste fractie C basis	100	0	0	100	122	45	167	33	180	213
Vaste fractie C basis	150	0	0	150	183	0	183	50	165	215
KAS basis + conc. A bij knolzetting	100	0	50	150	3	160	163	76	140	216
KAS basis + conc. C bij knolzetting	100	0	51	151	4	160	164	61	155	216
KAS basis + conc. D bij knolzetting	100	0	47	147	2	160	162	72	145	217
Laagste gift							160			202
Hoogste gift							183			220

¹ N-gift uit MC/VF plus 50 kg N per ha uit KAS

Tabel 2-2. **Vervolg**

Proefobject	MgO-gift			S-gift			Na ₂ O-gift	Cl-gift		
	MC /VF	kiese- riet	totaal	MC /VF	kunst- mest	totaal	MC /VF	MC /VF	kunst- mest	totaal
Nulobjecten en KAS-objecten	-	90	90	-	152	152	-	-	-	-
Concentraat A basis	0	90	90	2	127	129	21	24	-	24
Concentraat A basis	0	90	90	4	102	106	42	48	-	48
Concentraat A basis	0	90	90	6	77	83	63	72	-	72
Concentraat C basis	0	90	90	2	133	135	14	16	-	16
Concentraat C basis	0	90	90	5	113	117	28	32	-	32
Concentraat C basis	1	90	91	7	93	100	41	47	-	47
Concentraat D basis	1	90	91	2	129	131	19	25	-	25
Concentraat D basis	1	90	91	4	104	108	37	49	-	49
Concentraat D basis	2	90	92	7	77	84	57	76	-	76
Vaste fractie C basis	31	60	91	11	121	132	4	3	-	3
Vaste fractie C basis	61	30	91	22	90	112	8	7	-	7
Vaste fractie C basis	92	0	92	32	59	92	12	10	-	10
KAS basis + conc. A bij knolzetting	0	90	90	2	127	129	21	24	-	24
KAS basis + conc. C bij knolzetting	0	90	90	2	133	135	14	16	-	16
KAS basis + conc. D bij knolzetting	1	90	91	2	129	131	19	25	-	25
Laagste gift			90			83	0			0
Hoogste gift			92			152	63			76

Tabel 2-3. **Toegediende hoeveelheid mineralen bij de verschillende objecten (kg per ha) te Lelystad in 2010**

Proefobject	N-gift (kg N per ha)				P ₂ O ₅ -gift			K ₂ O-gift		
	vóór poten	rug- opbouw	knol- zetting	totaal	MC /VF	TSP	totaal	MC /VF	K60	totaal
Nulobjecten, KAS- vlb. AN-objecten	<i>zie tabellen 1 en 2 in paragraaf 2.2</i>				-	150	150	-	235	235
Concentraat A basis	54	0	0	54	2	150	152	57	170	227
Concentraat A basis	109	0	0	109	4	150	154	115	105	220
Concentraat A basis	159	0	0	159	6	150	156	168	40	208
Concentraat Az basis	55	0	0	55	2	150	152	56	170	226
Concentraat Az basis	112	0	0	112	4	150	154	114	105	219
Concentraat Az basis	163	0	0	163	6	150	156	167	40	207
Concentraat B basis	51	0	0	51	0	150	150	50	170	220
Concentraat B basis	100	0	0	100	1	150	151	97	105	202
Concentraat B basis	149	0	0	149	1	150	151	146	40	186
Concentraat E basis	46	0	0	46	1	150	151	57	160	217
Concentraat E basis	96	0	0	96	2	150	152	118	80	198
Concentraat E basis	134	0	0	134	3	150	153	165	0	165
Vaste fractie B basis	57	0	0	57	62	100	162	21	215	236
Vaste fractie B basis	114	0	0	114	124	45	169	42	200	242
Vaste fractie B basis	170	0	0	170	186	0	186	63	185	248
KAS basis + conc. A bij rugopbouw	50	114	0	164	4	150	154	147	105	252
KAS basis + conc. B bij rugopbouw	50	101	0	151	1	150	151	121	105	226
KAS basis + conc. E bij rugopbouw	50	89	0	139	2	150	152	135	80	215
KAS basis + conc. A bij knolzetting	100	0	53	153	2	150	152	68	170	238
KAS basis + conc. B bij knolzetting	100	0	54	154	0	150	150	63	170	233
KAS basis + conc. E bij knolzetting	100	0	46	146	1	150	151	71	160	231
Laagste gift							150			165
Hoogste gift							186			252

Tabel 2-3. **Vervolg**

Proefobject	MgO-gift			S-gift			Na ₂ O-gift	Cl-gift		
	MC /VF	kiese- riet	totaal	MC /VF	kunst- mest	totaal	MC /VF	MC /VF	kunst- mest	totaal
Nulobjecten, KAS- vlb. AN-objecten	-	65	65	-	57	57	-	-	176	176
Concentraat A basis	0	65	65	4	57	60	17	24	128	151
Concentraat A basis	0	65	65	8	57	64	34	48	79	127
Concentraat A basis	0	65	65	11	57	68	50	71	30	101
Concentraat Az basis	0	65	65	4	57	60	17	25	128	152
Concentraat Az basis	0	65	65	8	57	65	35	50	79	128
Concentraat Az basis	0	65	65	12	57	68	52	73	30	103
Concentraat B basis	5	65	70	36	57	92	15	32	128	159
Concentraat B basis	9	65	74	70	57	126	30	62	79	140
Concentraat B basis	14	65	79	105	57	161	45	92	30	122
Concentraat E basis	1	65	66	4	57	61	13	18	120	138
Concentraat E basis	2	65	67	9	57	65	27	37	60	97
Concentraat E basis	2	65	67	12	57	68	37	52	0	52
Vaste fractie B basis	27	50	77	22	43	65	5	4	161	165
Vaste fractie B basis	54	25	79	45	21	66	9	7	150	157
Vaste fractie B basis	80	0	80	67	0	67	14	11	139	150
KAS basis + conc. A bij rugopbouw	0	65	65	8	57	64	34	48	79	127
KAS basis + conc. B bij rugopbouw	9	65	74	70	57	126	30	62	79	140
KAS basis + conc. E bij rugopbouw	2	65	67	9	57	65	27	37	60	97
KAS basis + conc. A bij knolzetting	0	65	65	4	57	60	17	24	128	151
KAS basis + conc. B bij knolzetting	5	65	70	36	57	92	15	32	128	159
KAS basis + conc. E bij knolzetting	1	65	66	4	57	61	13	18	120	138
Laagste gift			65			57	0			52
Hoogste gift			80			161	52			176

Tabel 2-4. **Toegediende hoeveelheid mineralen bij de verschillende objecten (kg per ha) te Rolde in 2010**

Proefobjecten	N-gift (kg N per ha)				P ₂ O ₅ -gift			K ₂ O-gift		
	vóór poten	rug- opbouw	knol- zetting	totaal	MC /VF	TSP	totaal	MC /VF	K50	totaal
Nulobjecten, KAS- vlb. AN-objecten	<i>zie tabellen 1 en 2 in paragraaf 2.2</i>				-	150	150	-	235	235
Concentraat A basis	55	0	0	55	2	150	152	58	170	228
Concentraat A basis	111	0	0	111	4	150	154	117	105	222
Concentraat A basis	162	0	0	162	6	150	156	171	40	211
Concentraat Az basis	55	0	0	55	2	150	152	56	170	226
Concentraat Az basis	111	0	0	111	4	150	154	114	105	219
Concentraat Az basis	162	0	0	162	6	150	156	166	40	206
Concentraat B basis	57	0	0	57	0	150	150	56	170	226
Concentraat B basis	90	0	0	90	1	150	151	88	105	193
Concentraat B basis	167	0	0	167	1	150	151	163	40	203
Concentraat E basis	46	0	0	46	1	150	151	57	160	217
Concentraat E basis	95	0	0	95	2	150	152	117	80	197
Concentraat E basis	133	0	0	133	3	150	153	164	0	164
Vaste fractie B basis	57	0	0	56,7	62	100	162	21	215	236
Vaste fractie B basis	114	0	0	114	124	45	169	42	200	242
Vaste fractie B basis	170	0	0	170	186	0	186	63	185	248
KAS basis + KAS bij knolzetting	100	0	50	150	-	150	150	-	235	235
KAS basis + conc. A bij knolzetting	100	0	53	153	2	150	152	68	170	238
KAS basis + conc. B bij knolzetting	100	0	54	154	0	150	150	63	170	233
KAS basis + conc. E bij knolzetting	100	0	46	146	1	150	151	92	160	252
Laagste gift							150			164
Hoogste gift							186			252

Tabel 2-4. **Vervolg**

Proefobjecten	MgO-gift			S-gift			Na ₂ O-gift		Cl-gift	
	MC /VF	kiese- riet	totaal	MC /VF	kunst- mest	totaal	MC /VF	MC /VF	kunst- mest	totaal
Nulobjecten, KAS- vlb. AN-objecten	-	65	65	-	141	141	-	-	-	-
Concentraat A basis	0	65	65	4	118	122	17	24	-	24
Concentraat A basis	0	65	65	8	94	102	35	50	-	50
Concentraat A basis	0	65	65	12	71	83	51	72	-	72
Concentraat Az basis	0	65	65	4	118	122	17	24	-	24
Concentraat Az basis	0	65	65	8	94	102	35	49	-	49
Concentraat Az basis	0	65	65	12	71	83	51	72	-	72
Concentraat B basis	5	65	70	40	118	158	17	35	-	35
Concentraat B basis	9	65	74	63	94	157	27	55	-	55
Concentraat B basis	16	65	81	117	71	188	50	103	-	103
Concentraat E basis	1	65	66	4	114	118	13	18	-	18
Concentraat E basis	2	65	67	8	85	94	26	37	-	37
Concentraat E basis	2	65	67	12	57	68	37	51	-	51
Vaste fractie B basis	27	50	77	22	120	143	5	4	-	4
Vaste fractie B basis	54	25	79	45	93	138	9	7	-	7
Vaste fractie B basis	80	0	80	67	67	134	14	11	-	11
KAS basis + KAS bij knolzetting	-	65	65	-	141	141	-	-	-	-
KAS basis + conc. A bij knolzetting	0	65	65	4	118	122	17	24	-	24
KAS basis + conc. B bij knolzetting	5	65	70	40	118	158	17	35	-	35
KAS basis + conc. E bij knolzetting	1	65	66	4	114	118	13	18	-	18
Laagste gift			65			68	0			0
Hoogste gift			81			188	51			103

Tabel 2-5. **pH gemeten in monsters van de toegediende concentraten vóór poten in 2010**

	pH			
	Conc. A	Conc. Az	Conc. B	Conc. E
Lelystad	8,3	7,2	7,8	8,0
Rolde	8,3	6,7	7,9	8,0

Bijlage 3. Bodemvruchtbaarheidsgegevens

In de tabellen 3-1 en 3-2 zijn de bodemvruchtbaarheidsgegevens van de proefvelden van de mineralenconcentratenproeven met aardappel weergegeven, die zijn gemeten door Blgg te Oosterbeek via de PAE-analyse (plant available elements). De data waarop de grondmonsters voor het bodemvruchtbaarheidsonderzoek zijn genomen, zijn:

- Lelystad: 6 april 2009 en 9 maart 2010
- Rolde: 27 april 2009 en 9 maart 2010

Tabel 3-1. **Bodemvruchtbaarheidsgegevens van de bouwvoor van de proefvelden te Lelystad en Rolde in 2009**

Parameter	Eenheid	Lelystad (zavel)		Rolde (zand)	
		Analyse- resultaat	Waardering (volgens Blgg)	Analyse- resultaat	Waardering (volgens Blgg)
Lutum	%	14	-	-	-
Organische stof	%	2,0	vrij laag	4,4	goed
Koolzure kalk	% CaCO ₃	5,2	-	-	-
pH-KCl	-	7,3	goed	5,1	vrij laag
CEC	mmol ⁺ /kg	119	-	39	-
N-totaal	mg N/kg	900	-	1220	-
C/N-verhouding	-	11	vrij laag	21	vrij hoog
N-leverend vermogen	kg N/ha	51	vrij laag	32	laag
Fosfor	mg P/kg	1,0	goed	1,4	goed
P-Al	mg P ₂ O ₅ /100 g	37	goed	59	vrij hoog
Pw (berekende waarde)	mg P ₂ O ₅ /l	31	ruim voldoende ¹	45	ruim voldoende ¹
Kalium	mg K/kg	90	-	48	-
Kaligetal	-	22	goed	11	vrij laag
S-totaal	mg S/kg	530	-	200	-
S-leverend vermogen (SLV)	kg S/kg	41	-	3	-
S-aanvoer (incl. SLV)	kg S/kg	69	hoog	11	vrij laag
Magnesium	mg Mg/kg	30	vrij laag	48	vrij laag
Natrium	mg Na/kg	8	laag	<6	laag
Mangaan	µg Mn/kg	<250	laag	3600	vrij laag
Koper	µg Cu/kg	23	vrij laag	22	goed
Borium	µg B/kg	237	vrij hoog	92	vrij laag
Zink	µg Zn/kg	<100	-	2000	-
Zinkgetal	-	39	goed	39	goed

¹ Waardering volgens de adviesbasis bemesting (Van Dijk & van Geel, 2010)

Tabel 3-2. **Bodemvruchtbaarheidsgegevens van de bouwvoor van de proefvelden te Lelystad en Rolde in 2010**

Parameter	Eenheid	Lelystad (zavel)		Rolde (zand)	
		Analyse- resultaat	Waardering (volgens Blgg)	Analyse- resultaat	Waardering (volgens Blgg)
Lutum	%	15	-	-	-
Organische stof	%	1,9	vrij laag	3,1	vrij laag
Koolzure kalk	% CaCO ₃	5,7	-	-	-
pH-KCl	-	7,4	goed	5,2	vrij laag
CEC	mmol ⁺ /kg	126	-	27	-
N-totaal	mg N/kg	960	-	1010	-
C/N-verhouding	-	9	vrij laag	18	vrij hoog
N-leverend vermogen	kg N/ha	74	vrij laag	44	vrij laag
Fosfor	mg P/kg	1,1	goed	1,7	goed
P-Al	mg P ₂ O ₅ /100 g	43	goed	50	vrij hoog
Pw (berekende waarde)	mg P ₂ O ₅ /l	34	ruim voldoende ¹	43	ruim voldoende ¹
Kalium	mg K/kg	94	-	51	-
Kaligetal	-	22	goed	14	goed
S-totaal	mg S/kg	520	-	190	-
S-leverend vermogen (SLV)	kg S/kg	45	-	8	-
S-aanvoer (incl. SLV)	kg S/kg	73	hoog	16	vrij laag
Magnesium	mg Mg/kg	38	vrij laag	47	vrij laag
Natrium	mg Na/kg	9	laag	10	laag

¹ Waardering volgens de adviesbasis bemesting (Van Dijk & van Geel, 2010)

Bijlage 4. Registratie teelt en uitvoering per proef

Teelt en uitvoering te Lelystad

	2009	2010
Voorvrucht:	wintertarwe + gele mosterd ¹	wintertarwe + bladrammenas ¹
Aardappelras:	Maritiema	Maritiema
Nmin vóór de teelt:	12 kg N/ha in 0-30 cm 15 kg N/ha in 30-60 cm gemeten op 2 april	27 kg N/ha in 0-30 cm 25 kg N/ha in 30-60 cm gemeten op 21 april
Basisbemesting fosfaat, kali en magnesium:	op 15 april	op 21 april
Basisbemesting stikstof (KAS):	op 15 april	op 22 april
Toediening vaste fractie vóór poten:	op 20 april ²	op 22 april
Toediening mineralenconc. vóór poten:	op 20 april	op 22 april
Poten:	op 20 april	op 22 april
Toediening kunstmest-N en –kali rugopbouw:	op 13 mei	op 20 mei ³
Toediening mineralenconc. rugopbouw:	op 13 mei	op 21 mei
Rugopbouw d.m.v. frezen	op 13 mei	op 21 mei
Bijbemesting kunstmest-N en –kali knolzetting:	op 5 juni	op 21 juni
Bijbemesting mineralenconc. knolzetting:	op 5 juni	op 21 juni
Gewasbescherming:	volgens praktijk	volgens praktijk
Berekening:	geen	geen
Oogst:	op 15 september	op 29 september
Nmin-bemonstering einde teelt:	op 15 september	op 4 oktober ⁴

¹ als groenbemester na het hoofdgewas

² tussen 15 en 20 april viel 0,6 mm neerslag

³ tussen 20 en 21 mei viel geen neerslag

⁴ tussen 29 september en 4 oktober viel 16 mm neerslag

Teelt en uitvoering te Rolde

	2009	2010
Voorvrucht:	wintertarwe + gele mosterd ¹	zomergerst + bladrammenas ¹
Aardappelras:	Seresta	Seresta
Nmin vóór de teelt:	36 kg N/ha in 0-30 cm 22 kg N/ha in 30-60 cm gemeten op 27 april	32 kg N/ha in 0-30 cm 42 kg N/ha in 30-60 cm gemeten op 28 april
Basisbemesting fosfaat, kali en magnesium:	op 28 en 29 april	op 4 en 6 mei
Basisbemesting stikstof (KAS):	op 1 mei	op 28 april
Toediening vaste fractie vóór poten:	op 1 mei	op 28 april
Toediening mineralenconc. vóór poten:	op 1 mei	op 28 april
Hoofdgrondbewerking:	spitten op 4 mei	spitten op 10 mei
Poten:	op 4 mei	op 10 mei
Bijbemesting kunstmest-N en –kali knolzetting:	op 15 juni	op 30 juni ³
Bijbemesting mineralenconc. knolzetting:	op 17 juni ²	op 29 juni
Ruggen aanaarden:	op 22 juni	op 30 juni
Gewasbescherming:	volgens praktijk	volgens praktijk
Beregening:	geen	in de 1 ^e helft van juli is twee keer 25 mm beregend
Oogst:	op 1 oktober	op 25 oktober
Nmin-bemonstering einde teelt:	op 12 oktober ⁴ en 2 november ⁵	op 3 november ⁶

¹ als groenbemester na het hoofdgewas

² op 16 juni viel 16 mm neerslag

³ op 29 juni viel 0,4 mm regen (na toediening van de concentraten)

⁴ op 12 oktober, mengmonsters per object (per vergissing)

tussen 1 oktober en 12 oktober viel 38 mm neerslag

⁵ herbemonstering per veldje

tussen 1 oktober en 2 november viel 60 mm neerslag

⁶ tussen 25 oktober en 3 november viel 12 mm neerslag

Bijlage 5. Resultaten per object per proef

In de tabellen 5-1 t/m 5-4 zijn per proef zijn de meetresultaten gemiddeld per object weergegeven. In geval van ontbrekende waarden, is het gemiddelde berekend op basis van de resterende herhalingen, gecorrigeerd voor het blokeffect.

Tabel 5-1. **Resultaten per object consumptieaardappelproef te Lelystad in 2009**

Proefobject	Totale N-gift (kg N per ha)	Totale knol-opbr. (ton/ha)	OWG (g)	Sortering (%)				Droge-stof-opbr. (ton/ha)	N-opname knollen (kg N per ha)	Nmin 0-60 na oogst
				<40 mm	40-50 mm	50-70 mm	>70 mm			
Nulobject	0	32,0	444	16%	48%	36%	0%	7,0	72	49
Nulobject + kouter	0	34,4	457	11%	41%	47%	1%	7,6	76	41
KAS basis	50	42,6	433	10%	37%	53%	0%	9,0	97	51
KAS basis	100	50,6	451	6%	27%	65%	3%	10,8	130	55
KAS basis	150	54,6	450	5%	22%	71%	3%	11,7	152	50
KAS basis	200	61,6	439	4%	18%	71%	6%	13,3	188	62
Concentraat A basis	51	43,4	443	10%	36%	53%	0%	9,3	97	46
Concentraat A basis	104	44,6	436	8%	30%	62%	0%	9,3	108	67
Concentraat A basis	156	51,7	432	6%	26%	66%	1%	10,9	137	58
Concentraat C basis	50	36,6	426	13%	45%	43%	0%	7,8	85	62
Concentraat C basis	100	45,7	444	7%	33%	59%	1%	9,8	111	59
Concentraat C basis	148	51,2	442	6%	26%	67%	1%	11,1	140	67
Concentraat D basis	48	41,2	444	11%	37%	51%	0%	8,8	95	56
Concentraat D basis	97	44,8	433	8%	35%	56%	1%	9,6	115	61
Concentraat D basis	149	50,4	430	7%	26%	66%	2%	10,6	136	66
Vaste fractie C basis	50	39,3	439	11%	40%	48%	1%	8,5	84	45
Vaste fractie C basis	100	40,7	435	12%	38%	49%	1%	8,9	90	47
Vaste fractie C basis	150	43,5	442	9%	34%	55%	1%	9,4	100	50
KAS basis + KAS bij rugopbouw	50+100	56,4	441	5%	20%	72%	4%	12,1	161	-
KAS basis + conc. A bij rugopbouw	50+98	49,3	445	6%	27%	66%	2%	10,5	130	-
KAS basis + conc. C bij rugopbouw	50+104	49,5	439	6%	30%	63%	1%	10,5	134	-
KAS basis + conc. D bij rugopbouw	50+98	50,9	422	6%	26%	66%	1%	10,7	138	-
KAS basis + KAS bij knolzetting	100+50	52,8	429	5%	24%	68%	3%	11,2	145	-
idem + kouter	100+50	56,1	432	5%	21%	71%	3%	11,9	162	-
KAS basis + conc. A bij knolzetting	100+49	48,5	448	7%	28%	63%	2%	10,5	133	-
KAS basis + conc. C bij knolzetting	100+50	48,6	422	7%	26%	65%	2%	10,3	129	-
KAS basis + conc. D bij knolzetting	100+48	55,2	421	5%	25%	67%	3%	11,6	153	-

Tabel 5-2. Resultaten per object consumptieaardappelproef te Lelystad in 2010

Proefobject	Totale N-gift (kg N per ha)	Totale knol-opbr. (ton/ha)	OWG (g)	Sortering (%)				Droge-stof-opbr. (ton/ha)	N-opname knollen (kg N per ha)	Nmin 0-60 na oogst
				<40 mm	40-50 mm	50-70 mm	>70 mm			
Nulobject	0	54,1	400	10%	36%	51%	2%	11,3	119	24
Nulobject + kouter	0	53,9	401	10%	37%	51%	1%	11,5	112	22
KAS basis	50	58,7	389	8%	29%	61%	2%	11,8	138	25
KAS basis	100	66,6	407	6%	26%	66%	2%	13,5	170	21
KAS basis	150	68,4	383	5%	19%	71%	5%	13,8	200	32
KAS basis	200	68,5	381	5%	19%	71%	5%	13,8	216	27
Vlb. AN basis	50	60,7	411	8%	31%	58%	2%	12,3	138	26
Vlb. AN basis	100	68,1	392	6%	24%	67%	3%	13,3	166	25
Vlb. AN basis	150	67,8	394	5%	21%	70%	3%	13,1	165	19
Concentraat A basis	54	57,8	413	10%	32%	58%	1%	11,1	115	26
Concentraat A basis	109	71,1	403	6%	26%	66%	2%	13,3	152	23
Concentraat A basis	159	69,6	385	5%	21%	72%	3%	14,0	184	28
Concentraat Az basis	55	56,3	386	9%	30%	57%	3%	11,5	139	29
Concentraat Az basis	112	62,5	387	7%	26%	65%	2%	13,6	168	29
Concentraat Az basis	163	65,9	348	6%	24%	68%	2%	13,3	171	32
Concentraat B basis	51	57,7	392	9%	36%	53%	2%	11,7	139	29
Concentraat B basis	100	61,4	408	7%	28%	63%	2%	13,0	162	33
Concentraat B basis	149	70,3	401	6%	24%	66%	4%	13,3	177	27
Concentraat E basis	46	57,2	405	9%	35%	54%	2%	12,6	140	23
Concentraat E basis	96	62,7	388	4%	24%	70%	2%	12,7	153	23
Concentraat E basis	134	64,3	394	7%	26%	65%	1%	13,3	179	31
Vaste fractie B basis	57	55,7	394	11%	35%	53%	1%	11,3	117	31
Vaste fractie B basis	114	60,7	406	9%	31%	59%	2%	12,8	142	31
Vaste fractie B basis	170	61,3	400	8%	29%	61%	2%	12,5	143	24
KAS basis + KAS bij rugopbouw	50+100	73,1	401	5%	21%	70%	4%	14,2	180	-
KAS basis + conc. A bij rugopbouw	50+114	70,8	395	5%	20%	71%	4%	14,9	204	-
KAS basis + conc. B bij rugopbouw	50+101	68,0	397	7%	24%	66%	3%	14,6	196	-
KAS basis + conc. E bij rugopbouw	50+80	63,9	410	6%	24%	67%	3%	12,6	168	-
KAS basis + KAS bij knolzetting	100+50	69,9	394	6%	22%	67%	5%	13,9	198	-
idem + kouter	100+50	68,2	400	6%	21%	68%	5%	13,5	190	-
KAS basis + conc. A bij knolzetting	100+53	68,2	419	5%	22%	70%	3%	13,8	193	-
KAS basis + conc. B bij knolzetting	100+54	66,3	402	6%	22%	68%	4%	14,1	194	-
KAS basis + conc. E bij knolzetting	100+46	71,7	405	6%	19%	69%	6%	15,0	201	-

Tabel 5-3. Resultaten per object zetmeelaardappelproef te Rolde in 2009

Proefobject	Totale N-gift (kg N/ha)	Veld- gewicht (ton/ha)	OWG (g)	Uitbe- talings- gewicht	Drogestof- opbrengst (ton/ha)	N-opname knollen (kg N/ha)	Nmin 0-60 cm na oogst (kg N/ha)	
							12 okt ¹	2 nov ²
Nulobject	0	41,2	541	60,6	11,4	114	34	41
Nulobject + kouter	0	40,5	543	59,9	11,4	113	44	42
KAS basis	50	46,4	550	69,7	13,0	136	38	51
KAS basis	100	47,6	562	73,4	13,6	159	43	49
KAS basis	150	51,4	559	78,6	14,5	190	56	51
KAS basis	200	51,2	554	77,5	14,6	208	36	68
KAS + Concentraat A basis	50+51	50,1	552	75,6	14,0	169	44	60
Concentraat A basis	103	45,0	553	67,8	12,7	136	40	43
Concentraat A basis	155	48,2	545	71,5	13,6	170	47	49
KAS + Concentraat C basis	50+49	48,2	549	72,1	13,5	167	47	59
Concentraat C basis	100	49,6	546	73,8	13,9	163	48	45
Concentraat C basis	147	48,0	543	70,7	13,4	164	49	48
KAS + Concentraat D basis	50+48	49,3	557	75,1	13,8	165	38	60
Concentraat D basis	96	47,6	560	73,0	13,6	161	46	62
Concentraat D basis	149	50,9	560	78,1	14,6	188	57	54
KAS + Vaste fractie C basis	50+50	44,9	559	68,6	12,8	143	41	54
Vaste fractie C basis	100	47,2	538	68,9	13,2	147	48	57
Vaste fractie C basis	150	45,6	550	68,4	12,9	148	47	69
KAS basis + KAS bij knolzetting	100+50	51,1	555	77,4	14,4	199	-	-
idem + kouter	100+50	50,0	549	75,0	14,0	194	-	-
KAS basis + conc. A bij knolzetting	100+50	50,3	550	75,6	14,2	171	-	-
KAS basis + conc. C bij knolzetting	100+51	53,1	563	81,9	15,3	184	-	-
KAS basis + conc. D bij knolzetting	100+47	47,4	558	72,5	13,4	169	-	-

¹ mengmonsters per object² meting per veldje

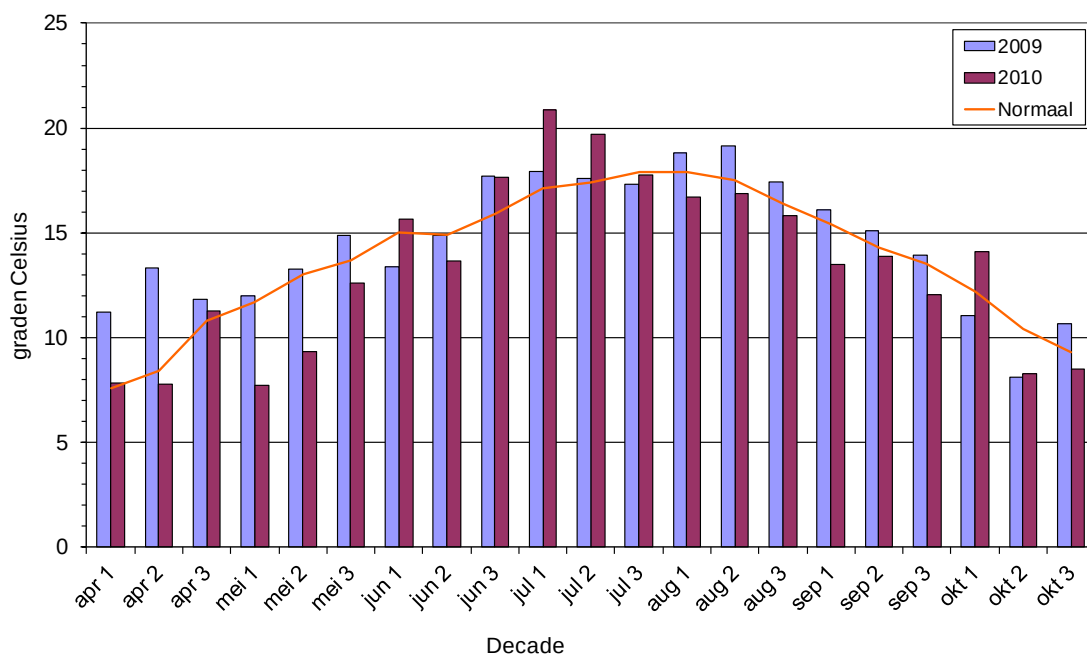
Tabel 5-4. Resultaten per object zetmeelaardappelproef te Rolde in 2010

Proefobject	Totale N-gift (kg N/ha)	Veldgewicht (ton/ha)	OWG (g)	Uitbetalingsgewicht	Drogestofopbrengst (ton/ha)	N-opname knollen (kg N/ha)	Nmin 0-60 cm na oogst
Nulobject	0	51,4	520	71,8	14,0	130	14
Nulobject + kouter	0	48,1	527	68,4	13,5	120	10
KAS basis	50	53,3	521	74,9	14,7	158	14
KAS basis	100	59,2	511	81,1	15,9	201	14
KAS basis	150	55,9	495	73,6	14,7	205	15
KAS basis	200	56,8	490	73,9	14,8	224	26
Vlb. AN basis	50	56,0	519	78,2	15,3	168	15
Vlb. AN basis	* ¹	52,7	521	73,9	14,4	161	15
Vlb. AN basis	* ¹	54,0	525	76,6	14,9	180	14
Concentraat A basis	55	48,6	523	68,2	13,2	149	17
Concentraat A basis	111	59,5	510	81,4	15,9	196	13
Concentraat A basis	162	55,9	488	72,3	14,3	207	20
Concentraat Az basis	55	52,8	523	74,4	14,5	151	11
Concentraat Az basis	111	62,7	509	85,6	16,7	212	15
Concentraat Az basis	162	62,3	498	82,7	16,4	232	23
Concentraat B basis	57	52,3	529	74,8	14,6	150	9
Concentraat B basis	90	59,3	506	80,3	15,6	191	14
Concentraat B basis	167	54,0	499	71,7	14,2	196	20
Concentraat E basis	46	51,6	524	73,0	14,2	153	10
Concentraat E basis	95	53,5	521	75,0	14,7	168	14
Concentraat E basis	133	52,6	506	71,0	14,0	189	12
Vaste fractie B basis	57	50,9	522	71,6	14,0	148	12
Vaste fractie B basis	114	54,1	530	77,4	15,0	162	13
Vaste fractie B basis	170	56,4	524	79,8	15,5	167	15
KAS basis + KAS bij knolzetting	100+50	58,5	514	80,8	15,8	210	-
idem + kouter	100+50	59,0	508	80,2	15,8	214	-
KAS basis + conc. A bij knolzetting	100+53	59,2	506	80,1	15,9	229	-
KAS basis + conc. B bij knolzetting	100+54	61,9	513	85,1	16,5	221	-
KAS basis + conc. E bij knolzetting	100+46	60,5	516	83,8	16,5	198	-

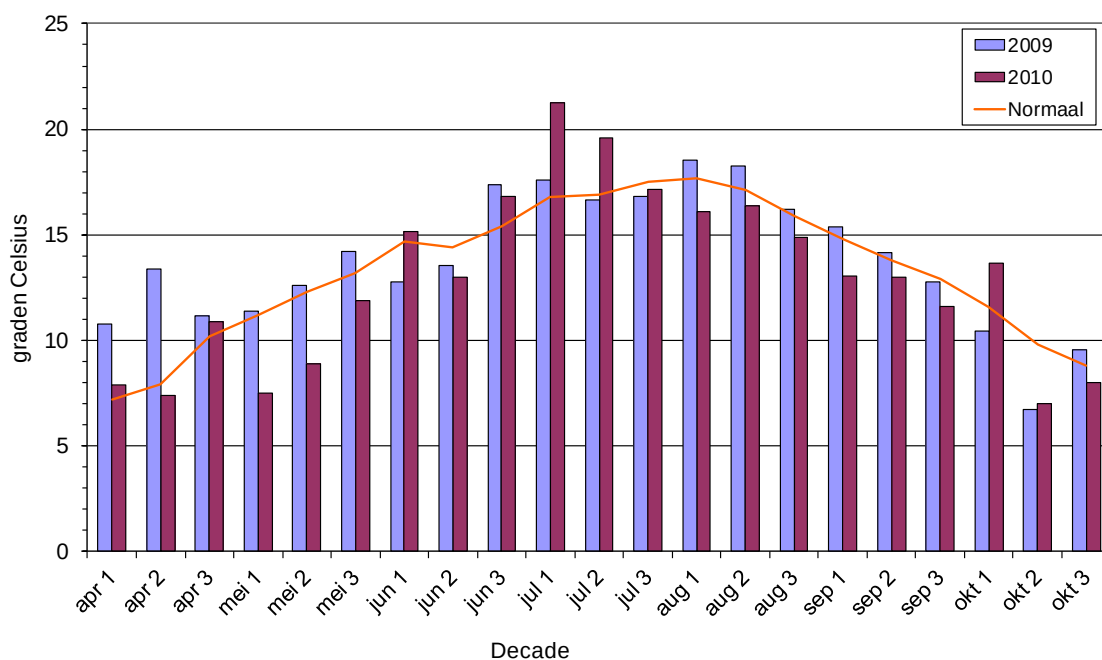
¹ onzekerheid over de dosering

Bijlage 6. Weersgegevens

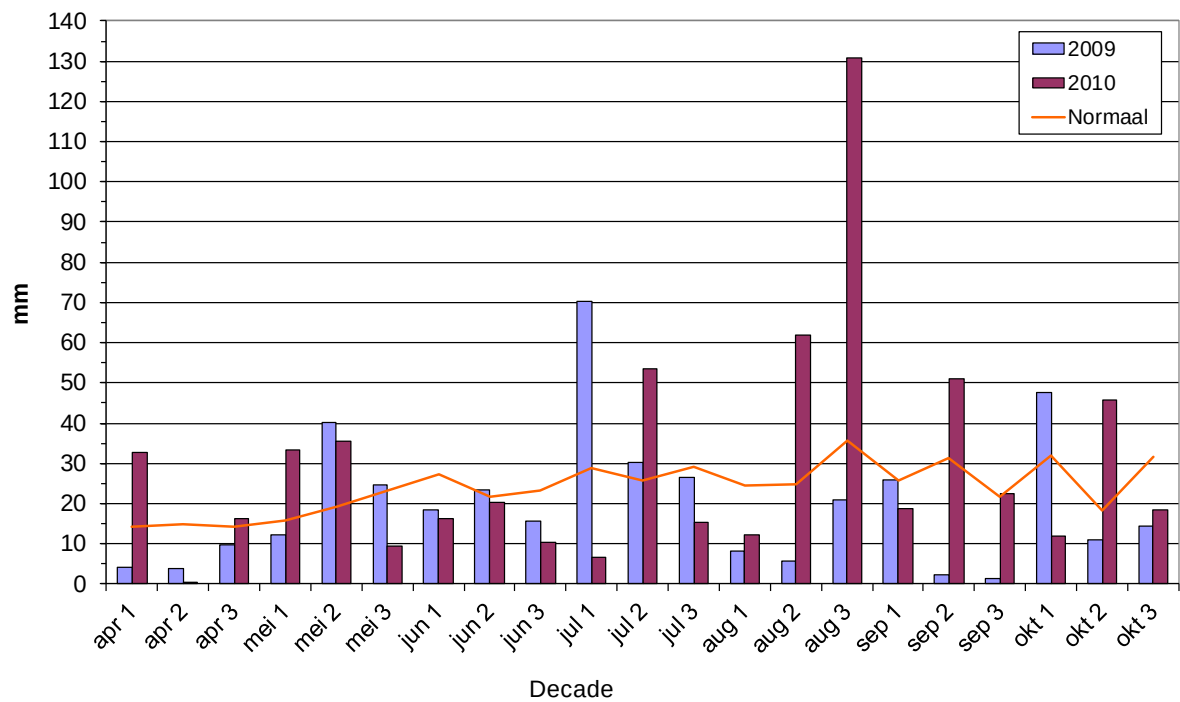
In de onderstaande figuren zijn de gemiddelde dagtemperatuur en neerslagsom op de proeflocaties per decade weergegeven. Decade 1 = dag 1 t/m 10, decade 2 = dag 11 t/m 20 en decade 3 = dag 21 t/m 30 of 31. In de figuren is tevens de normale temperatuur en normale hoeveelheid neerslag weergegeven. Dit betreft het gemiddelde van de jaren 1989-2011 (de normaalperiode). De normalen zijn genomen van het dichtstbijzijnde meetpunt van het KNMI. Voor de temperatuur betrof dit Lelystad en Eelde en voor de neerslag Swifterbant en Assen.



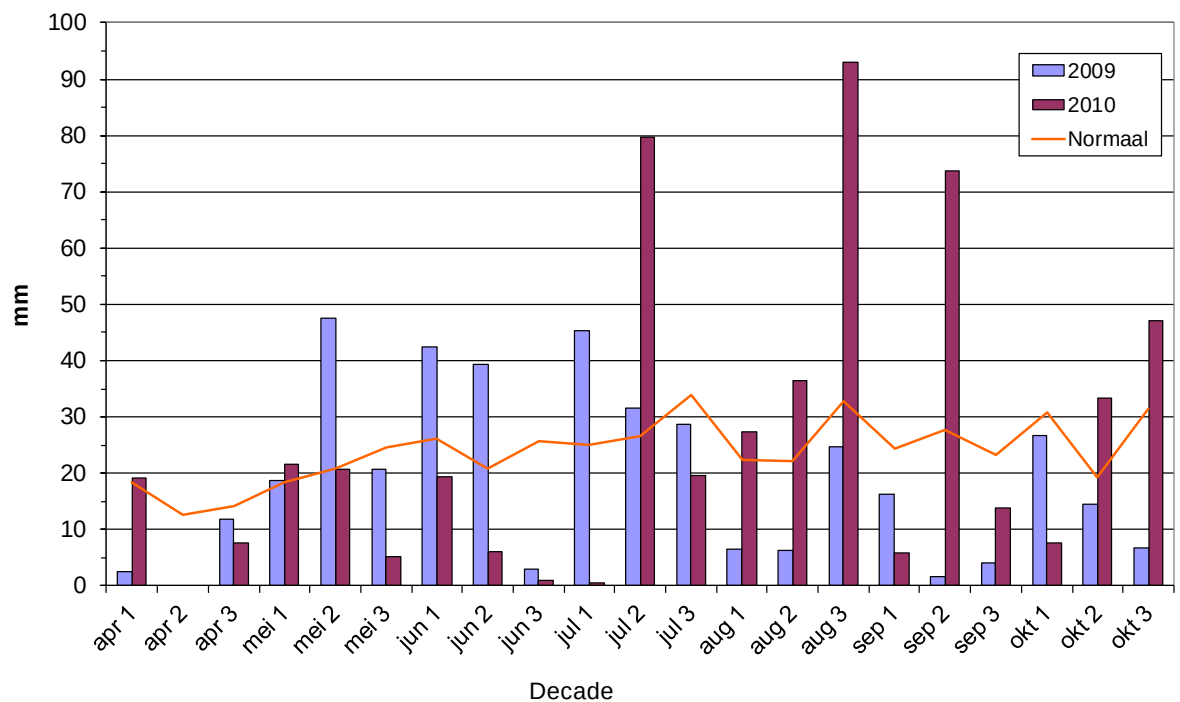
Figuur 6-1. Gemiddelde dagtemperatuur per decade te Lelystad in 2009 en 2010



Figuur 6-2. Gemiddelde dagtemperatuur per decade te Rolde in 2009 en 2010



Figuur 6-3. Neerslag per decade te Lelystad in 2009 en 2010

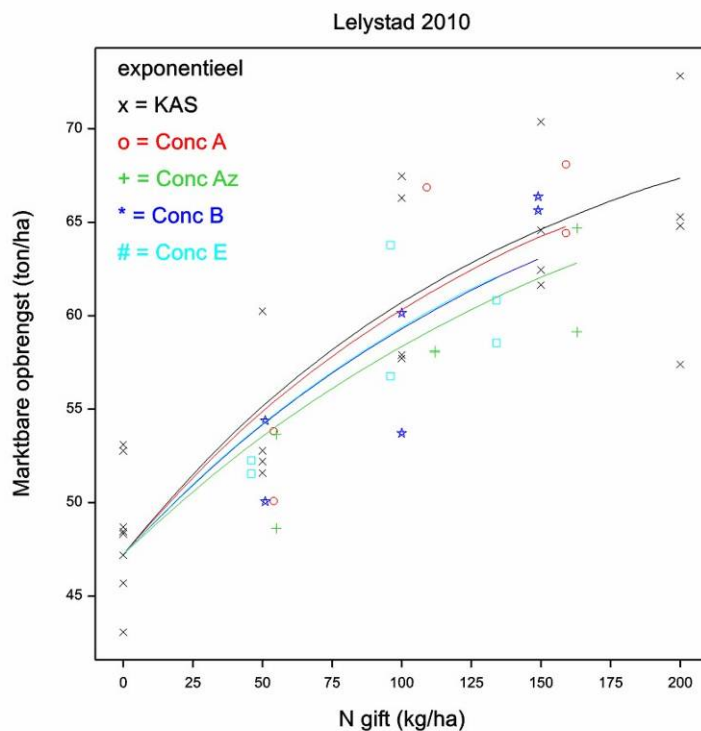


Figuur 6-4. Neerslag per decade te Rolde in 2009 en 2010

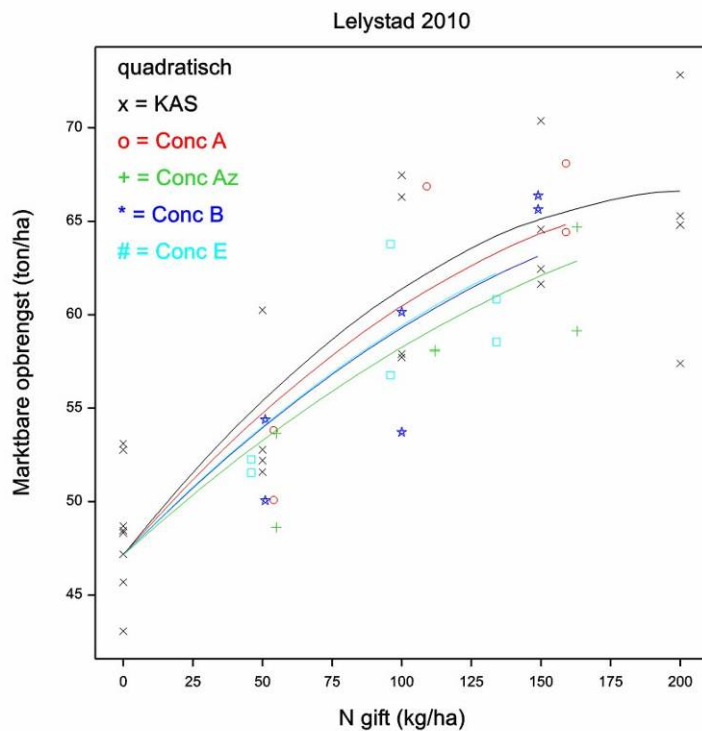
Bijlage 7. Gefitte curves voor afleiding N-werkings-coëfficiënt proef Lelystad 2010

In deze bijlage zijn voor de basisbemesting met mineralenconcentraten in de proef te Lelystad in 2010 alle gefitte curves weergegeven volgens de drie gehanteerde regressiemodellen die zijn beschreven in paragraaf 2.4 onder “Basisbemesting”.

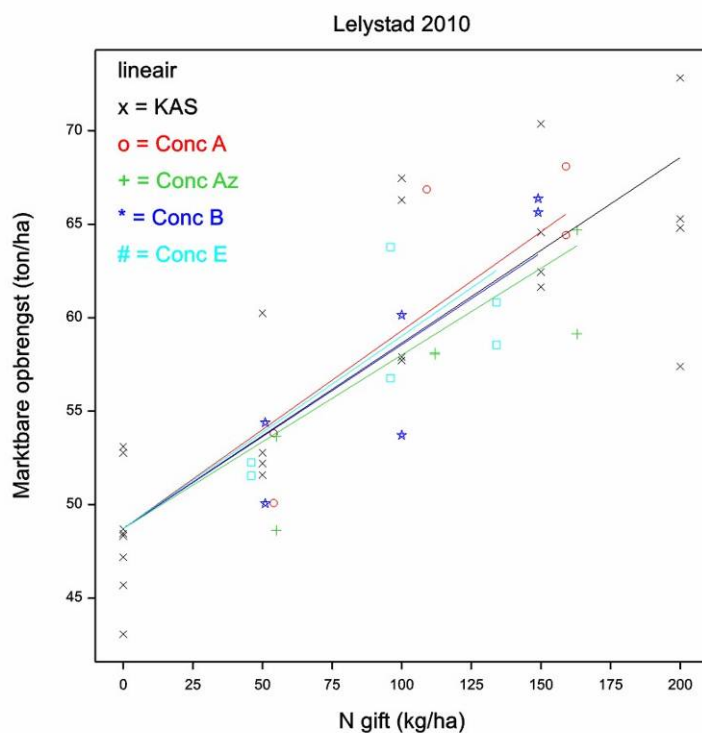
Omdat het door de grond trekken van het kouter vrijwel nooit een significant effect had op de knolopbrengst en de droge-stofopbrengst en geheel nooit op de N-opname in de knollen, is geen onderscheid gemaakt tussen de nulobjecten zonder kouter en de nulobjecten met kouter en zijn de responscurves van de verschillende mestsoorten door een gezamenlijk nulpunt gefit.



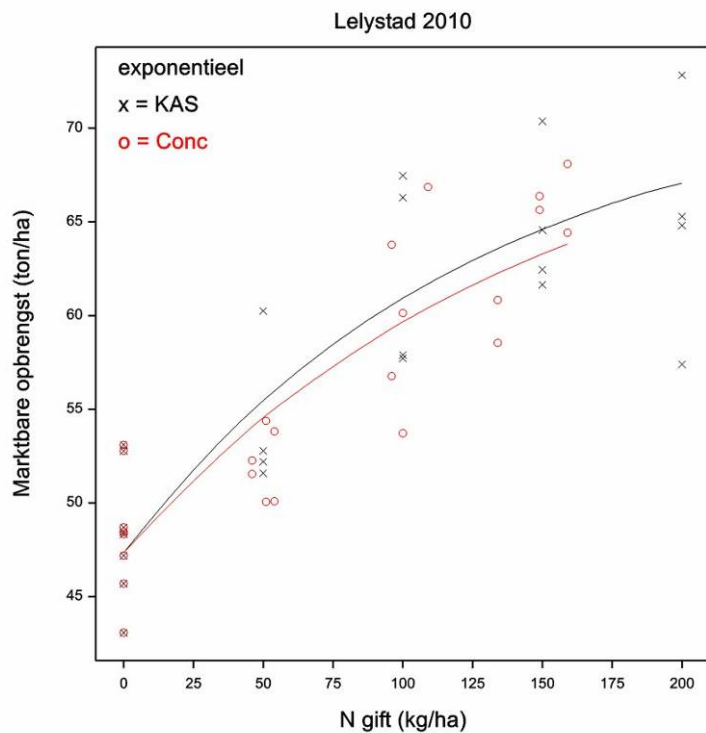
Figuur 7-1a. **Marktbare opbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de afzonderlijke mineralenconcentraten, gefit met een exponentieel model**



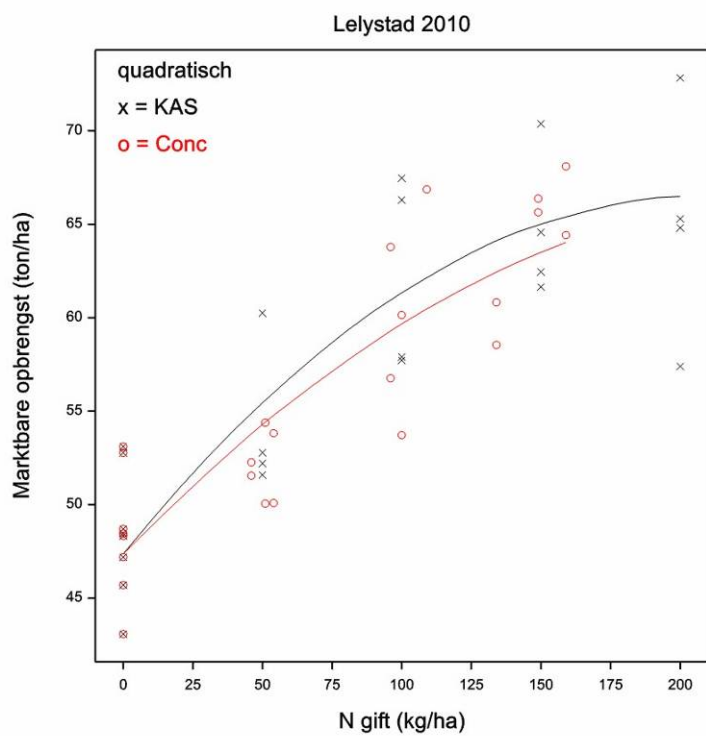
Figuur 7-1b. **Marktbare opbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de afzonderlijke mineralenconcentraten, gefit met een 2^e graads polynoom**



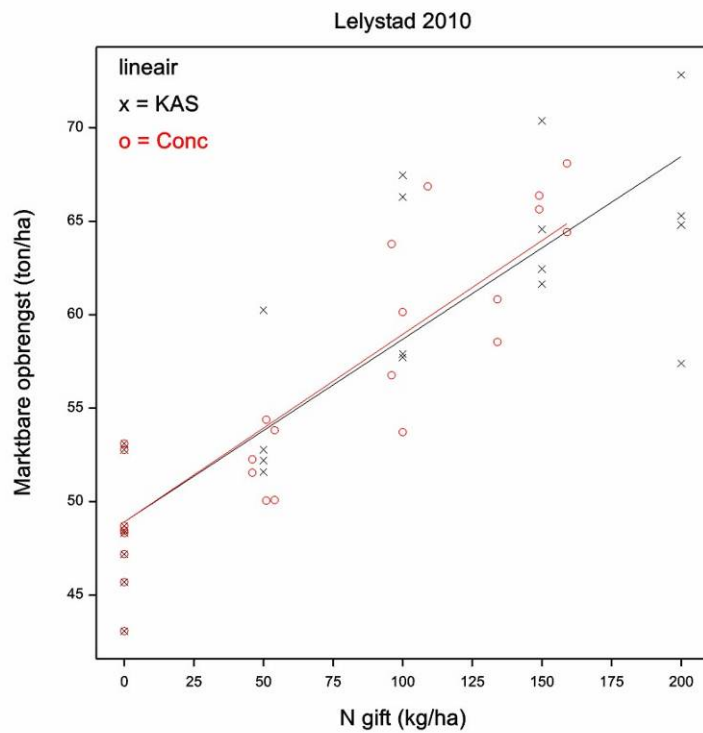
Figuur 7-1c. **Marktbare opbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de afzonderlijke mineralenconcentraten, gefit met een 1^e graads polynoom**



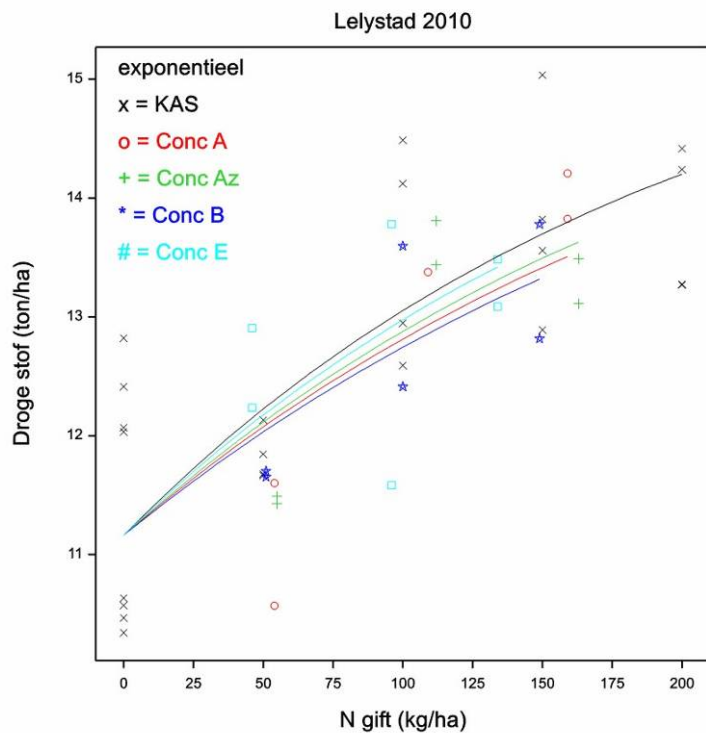
Figuur 7-1d. **Marktbare opbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de mineralenconcentraten A, B en E gemiddeld, gefit met een exponentieel model**



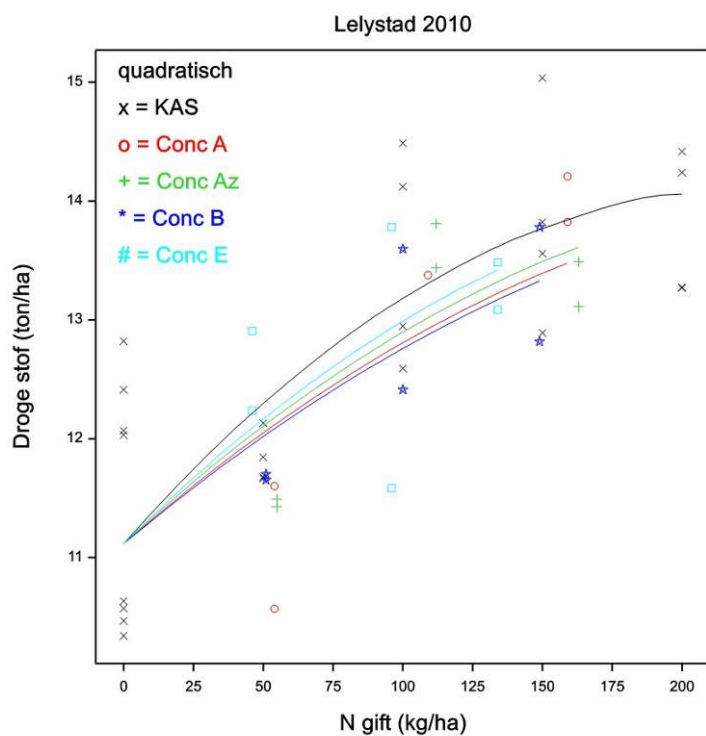
Figuur 7-1e. **Marktbare opbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de mineralenconcentraten A, B en E gemiddeld, gefit met een 2^e graads polynoom**



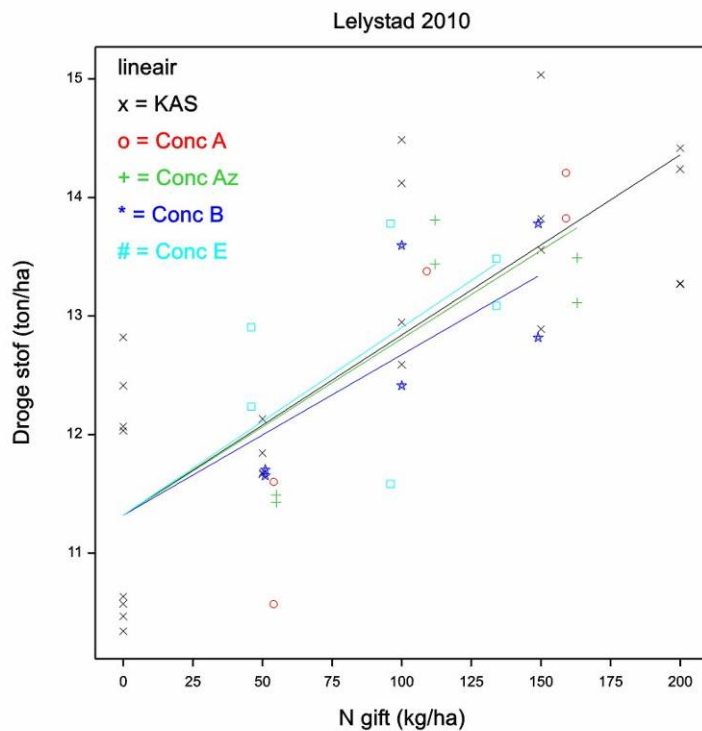
Figuur 7-1f. **Marktbare opbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de mineralenconcentraten A, B en E gemiddeld, gefit met een 1^e graads polynoom**



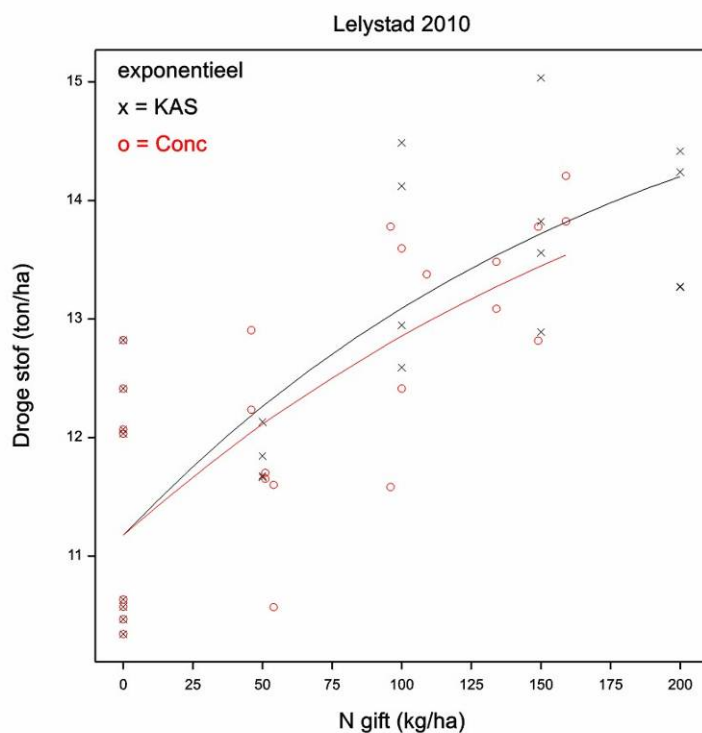
Figuur 7-2a. **Droge-stofopbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de afzonderlijke mineralenconcentraten, gefit met een exponentieel model**



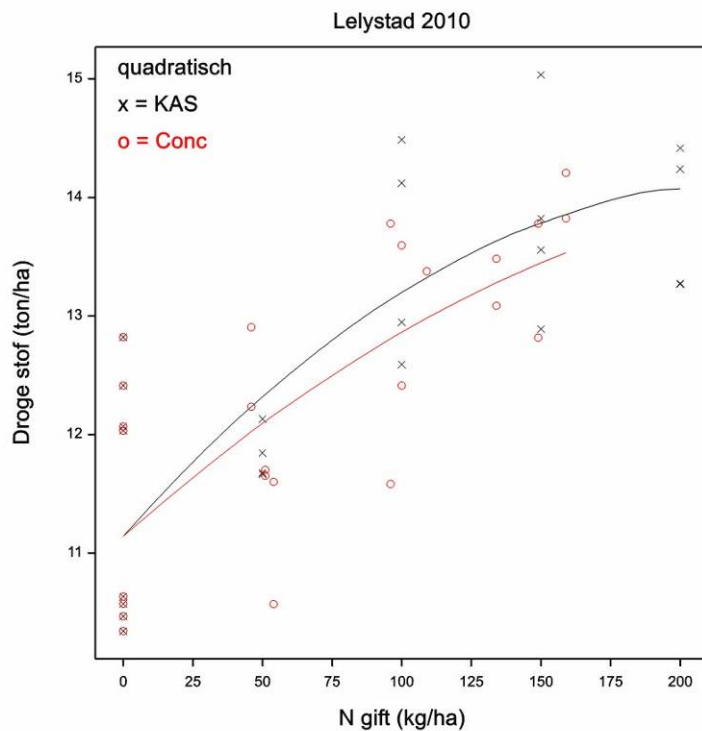
Figuur 7-2b. **Droge-stofopbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de afzonderlijke mineralenconcentraten, gefit met een 2^e graads polynoom**



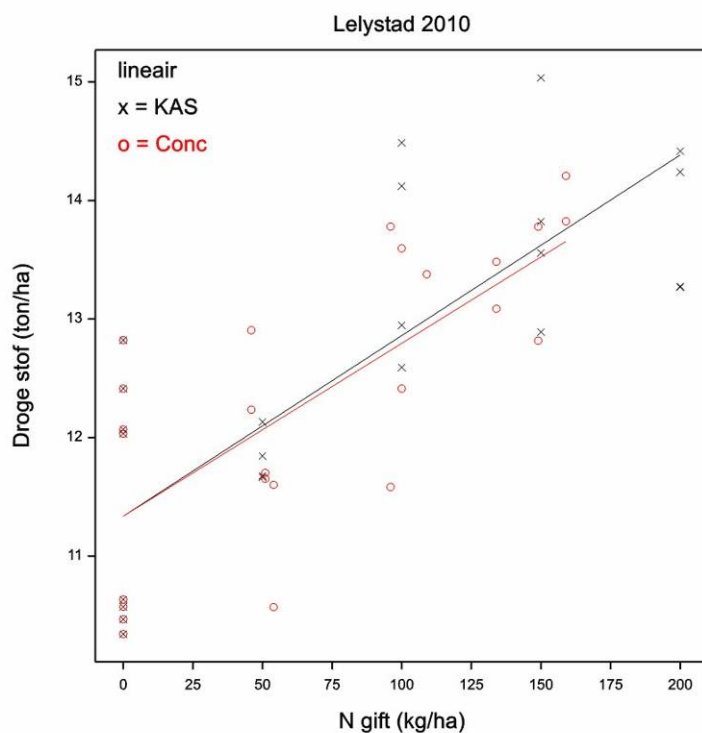
Figuur 7-2c. **Droge-stofopbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de afzonderlijke mineralenconcentraten, gefit met een 1^e graads polynoom (de lijnen van A en Az vallen samen)**



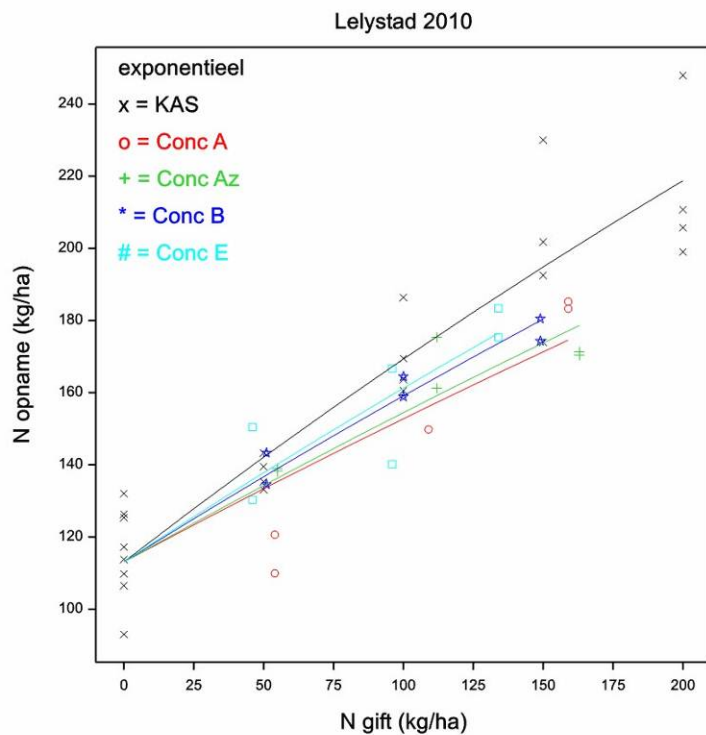
Figuur 7-2d. **Droge-stofopbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de mineralenconcentraten A, B en E gemiddeld, gefit met een exponentieel model**



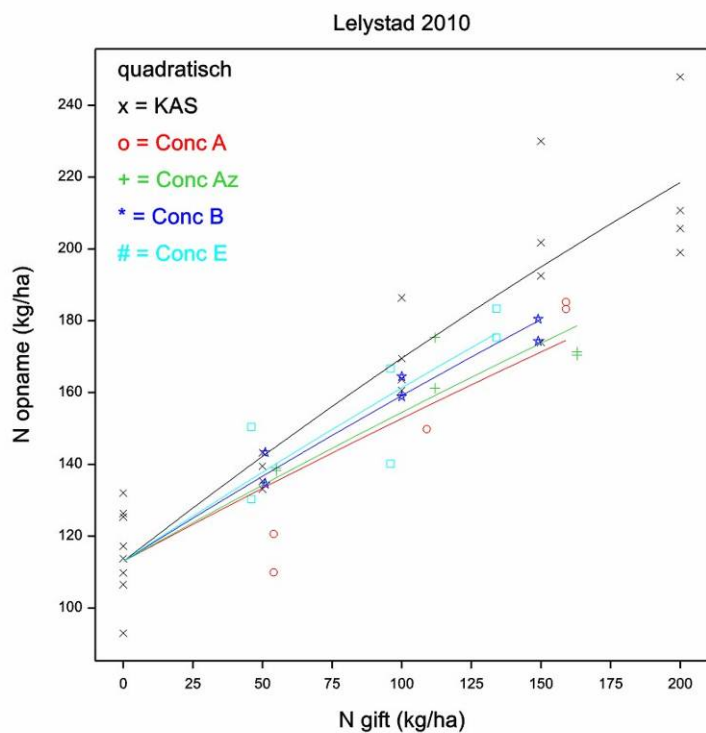
Figuur 7-2e. **Droge-stofopbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de mineralenconcentraten A, B en E gemiddeld, gefit met een 2^e graads polynoom**



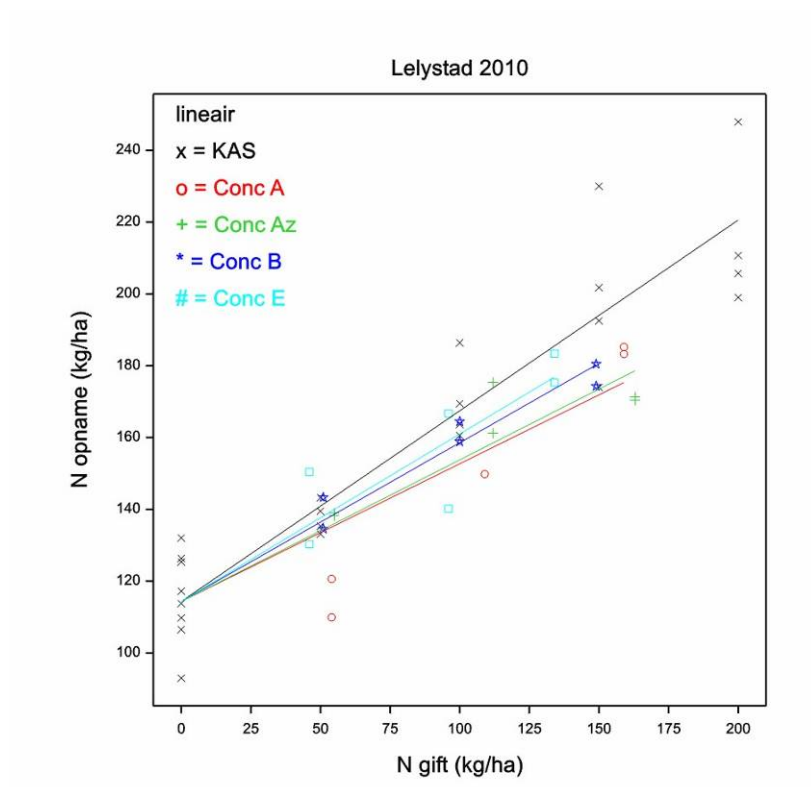
Figuur 7-2f. **Droge-stofopbrengst (ton per ha) na basisbemesting met KAS en de mineralenconcentraten A, B en E gemiddeld, gefit met een 1^e graads polynoom**



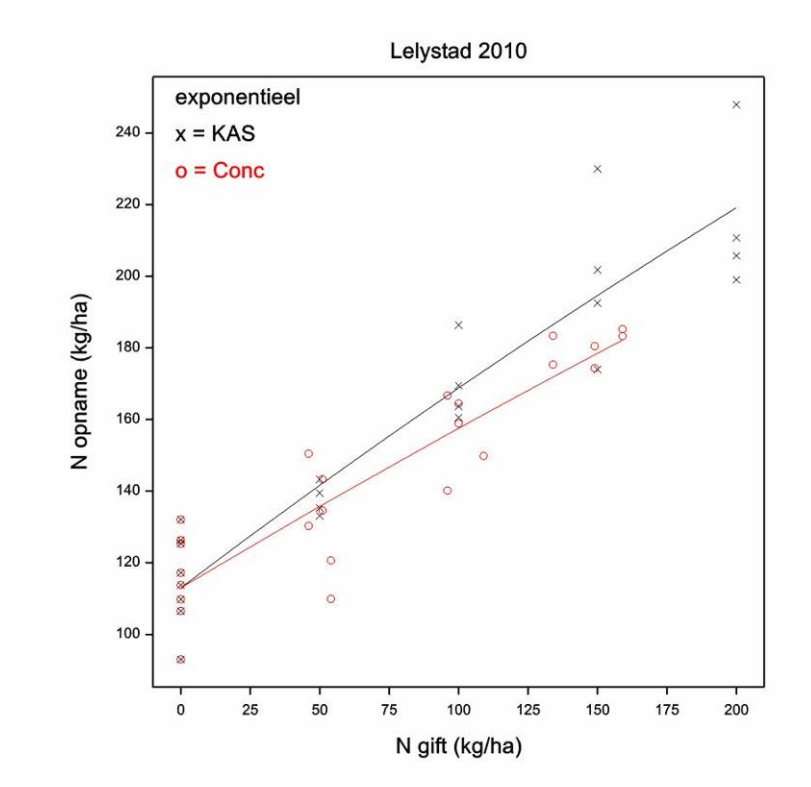
Figuur 7-3a. **Stikstofopname in de knollen (kg per ha) na basisbemesting met KAS en de afzonderlijke mineralenconcentraten, gefit met een exponentieel model**



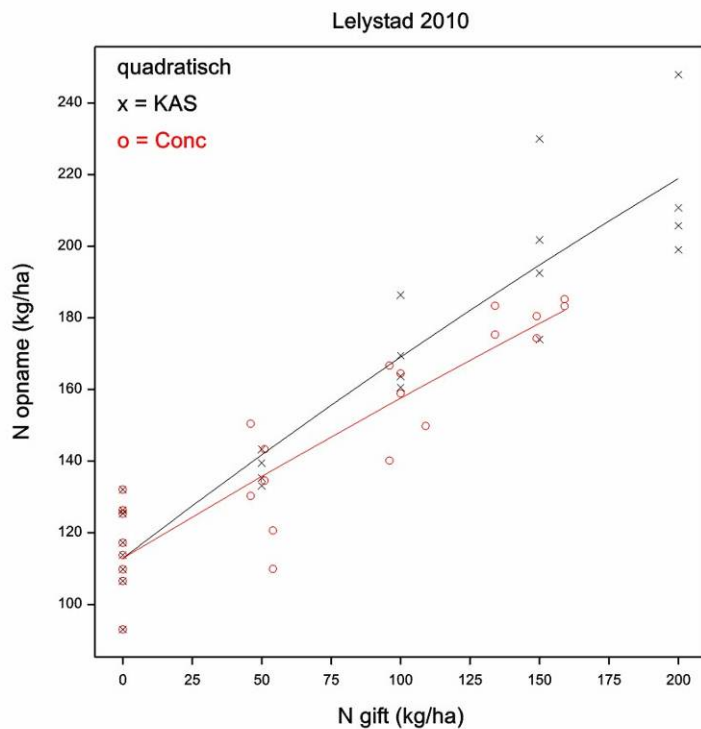
Figuur 7-3b. **Stikstofopname in de knollen (kg per ha) na basisbemesting met KAS en de afzonderlijke mineralenconcentraten, gefit met een 2^e graads polynoom**



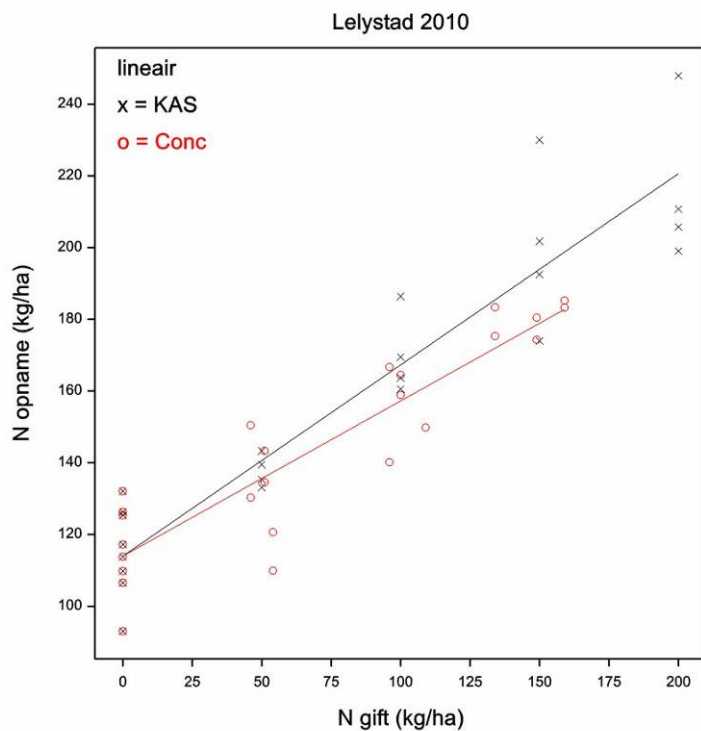
Figuur 7-3c. Stikstofopname in de knollen (kg per ha) na basisbemesting met KAS en de afzonderlijke mineralenconcentraten, gefit met een 1^e graads polynoom



Figuur 7-3d. Stikstofopname in de knollen (kg per ha) na basisbemesting met KAS en de mineralenconcentraten A, B en E gemiddeld, gefit met een exponentieel model



Figuur 7-3e. **Stikstofopname in de knollen (kg per ha) na basisbemesting met KAS en de mineralenconcentraten A, B en E gemiddeld, gefit met een 2^e graads polynoom**



Figuur 7-3f. **Stikstofopname in de knollen (kg per ha) na basisbemesting met KAS en de mineralenconcentraten A, B en E gemiddeld, gefit met een 1^e graads polynoom**

