



# Verkenning gedifferentieerde N-gebruiksnorm in consumptieaardappel

Experimenten in Telen met toekomst 2008

F.J. de Ruijter, H.F.M. ten Berge, W. van Dijk, B.M.A. Kroonen-Backbier,  
J.J. Slabbekoorn & P.H.M. Dekker







# Verkenning gedifferentieerde N-gebruiksnorm in consumptieaardappel

Experimenten in Telen met toekomst 2008

F.J. de Ruijter<sup>1</sup>, H.F.M. ten Berge<sup>1</sup>, W. van Dijk<sup>2</sup>, B.M.A. Kroonen-Backbier<sup>2</sup>,  
J.J. Slabbekoorn<sup>2</sup> & P.H.M. Dekker<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International

<sup>2</sup> Praktijkonderzoek Plant en Omgeving

© 2009 Wageningen, Plant Research International B.V.

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 Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 25 per exemplaar.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door:



**Ministerie van Landbouw, Natuur en  
Voedselkwaliteit**

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

Projectcode: BO-05-002-042

## **Plant Research International B.V.**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 616, 6708 AP Wageningen  
Tel. : 0317 – 48 60 01  
Fax : 0317 – 41 80 94  
E-mail : [info.pri@wur.nl](mailto:info.pri@wur.nl)  
Internet : [www.pri.wur.nl](http://www.pri.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Materiaal en methoden	5
2.1 Proeflocaties	5
2.2 Berekeningswijze gedifferentieerde norm	5
2.3 Proefopzet	6
2.4 Waarnemingen en berekeningen	7
3. Proefresultaten en discussie	9
3.1 Landbouwkundig: opbrengst en effect op saldo	9
3.2 Milieukundig: N-balans, N <sub>min</sub> en nitraat	11
4. Differentiatie van normen - discussie	15
5. Conclusies	17
Referenties	19
Bijlage I. Gedetailleerd overzicht bemesting	1 p.
Bijlage II. Resultaten bladsteeltjes, aardappelmonitoring Altic en Cropscan	4 pp.
Bijlage III. Sortering knolopbrengst	1 p.



# Samenvatting

Vanuit de sector is er de wens om de N-bemesting beter te kunnen afstemmen op de werkelijke N behoefte van het gewas, en om het huidige stelsel van vaste N-gebruiksnormen te flexibiliseren zodat meer rekening gehouden wordt met het haalbare opbrengstniveau en de bodemvruchtbaarheid van een perceel.

In 2008 zijn op vier praktijkbedrijven en twee proefbedrijven binnen Telen met toekomst veldproeven uitgevoerd. Eén bedrijf op löss, twee bedrijven op zandgrond en drie bedrijven op kleigrond. Op ieder bedrijf lagen drie behandelingen: gedifferentieerde norm, 'krappe' bemesting op basis van een bijmeststelsel, en onbemeste veldjes. Het onderzoek was gericht op de volgende vragen:

- Rechtvaardigt een bovengemiddelde opbrengst een hogere N-gift (gedifferentieerde norm) dan de generieke gebruiksnorm?
- Is bij korting van de gedifferentieerde norm met tenminste 20% opbrengstderiving te vermijden door gebruik te maken van de best beschikbare geleide bemestingstechnieken?

Antwoorden op deze vragen werden gebaseerd op zowel landbouwkundige aspecten (opbrengst, kwaliteit en saldo) als milieukundige aspecten (N-overschot, Nmin-oogst, nitraat grondwater).

Scherp bemesten op basis van aardappelmonitoring en nitraat in bladsteeltjes werkte op vijf van de zes locaties naar behoren: de opbrengst week nauwelijks af van die bij de gedifferentieerde norm en ook het saldo verschilde nauwelijks. Er leek een –niet significante– trend te zijn dat het saldo bij geleide bemesting op löss en zandgrond iets verhoogd was, en op kleigrond iets verlaagd. Op kleigrond was er één locatie waar geleide bemesting een lagere opbrengst gaf dan die bij gedifferentieerde norm. Hier was één adviesgift door omstandigheden niet opgevolgd, maar het is niet goed aantoonbaar of dit de oorzaak was van de opbrengstderiving.

Bij bemesting volgens bijmestsystemen was het N-overschot lager dan bij de verhoogde bemesting volgens de gedifferentieerde norm. Bemesting volgens bijmestsystemen gaf ook een lagere Nmin bij oogst op de locatie met löss en op twee van de drie kleilocaties. Bij löss werd in het volgende voorjaar bij de bemesting volgens het bijmeststelsel ook een lagere nitraatconcentratie in het bodemvocht op 150-200 cm diepte gemeten. Bij beide zandlocaties werden er geen tot kleine verschillen gemeten in Nmin bij oogst tussen bemesting volgens bijmestsystemen en de verhoogde bemesting, en ook in het volgende voorjaar werden er geen verschillen gemeten in nitraatconcentratie in het grondwater.

De proefresultaten gaven een duidelijk hogere opbrengst en N-gehalte in de knollen dan de forfaits waarmee de WOG rekent. Hierdoor is de N-afvoer hoger, en het N-overschot lager dan volgens de WOG. Gezien de hoge N-opname op onbemeste veldjes is er op de proeflocaties waarschijnlijk ingeteerd op de N-voorraad in de bodem, en is het N overschot daardoor relatief laag. Dit is een verschil met de evenwichtssituatie waar de WOG van uitgaat. Desondanks geeft de hoge N-afvoer voldoende aanleiding om verder te kijken naar mogelijkheden voor differentiatie.





# 1. Inleiding

In december 2007 zegde de minister de Tweede Kamer toe om de mogelijkheid te verkennen om het huidige stelsel van vaste N-gebruiksnormen te 'flexibiliseren'. Hiermee kwam zij tegemoet aan de wens van de sector om de N-bemesting beter te kunnen afstemmen op de werkelijke N behoefte van het gewas. Deze wens is gebaseerd op de opvatting dat de ondernemer gebaat is bij een normstelling die rekening houdt met lokale omstandigheden waaronder het haalbare opbrengstniveau en de bodemvruchtbaarheid van een perceel. Door goed rekening te houden met lokale factoren zou zowel een beter bedrijfseconomisch resultaat als een beter milieuresultaat mogelijk moeten zijn.

Betere afstemming van de bemesting op de gewasbehoefte houdt rekening met haalbare opbrengst, bodemvruchtbaarheid en eventuele andere lokale factoren. Een belangrijke randvoorwaarde is dat de milieubelasting (het N overschot) niet verhoogd wordt ten opzichte van het gemiddeld N overschot in het huidige - generieke - stelsel. In grote lijn zal 'betere afstemming' betekenen: een hogere gift naarmate de verwachte opbrengst hoger is en de N-levering uit de bodem lager; en vice versa. Dus een verruiming van de N aanvoer waar dit zinvol en milieukundig toelaatbaar is, en korting op de N aanvoer waar dit milieukundig nodig is.

Flexibilisering kan op verschillende manieren vorm krijgen. Een mogelijke vorm van flexibiliseren is differentiatie van gebruiksnormen naar opbrengstniveau en bodemvruchtbaarheid. Het voordeel van een dergelijke differentiatie is dat deze op gewasniveau kan worden toegepast en daarom gemakkelijk wettelijk kan worden verankerd. (Alternatieve systemen, bijvoorbeeld met een vast toelaatbaar bedrijfsoverschot, of verhandelbare N overschot rechten, zijn minder eenvoudig te combineren met het huidige stelsel van gebruiksnormen in Nederland.)

In 2008 zijn op vier praktijkbedrijven en twee proefbedrijven binnen Telen met toekomst veldproeven uitgevoerd gericht op differentiatie van de N gebruiksnorm voor consumptieaardappel. Het doel van dit onderzoek was om de landbouwkundige noodzaak en milieukundige gevolgen van differentiatie te kwantificeren. ten opzichte van de generieke norm 2009. Meer specifiek waren de onderzoeksvragen:

- Rechtvaardigt een bovengemiddelde opbrengst een hogere N-gift dan de generieke gebruiksnorm? Dat wil zeggen: is dit landbouwkundig nodig en milieukundig toelaatbaar?
- Is bij korting van de gedifferentieerde norm met tenminste 20% opbrengstderiving te vermijden door gebruik te maken van de best beschikbare geleide bemestingstechnieken?

Antwoorden op deze vragen worden gebaseerd op waarnemingen aan zowel landbouwkundige aspecten (opbrengst, kwaliteit en saldo) als milieukundige aspecten (N-overschot, Nmin-oogst, nitraat grondwater).

Nevenonderzoek uitgevoerd door NMI op dezelfde locaties richtte zich op de bodemvruchtbaarheid, met name op de voorspelbaarheid van het N-leverend vermogen van de bodem. Deze resultaten zijn beschreven door Van Dijk *et al.*, (2009).



## 2. Materiaal en methoden

### 2.1 Proeflocaties

Proeven werden uitgevoerd in consumptieaardappel in 2008 op vier praktijkbedrijven en twee proefbedrijven uit het praktijknetwerk Telen met toekomst. Hiervan lag één bedrijf op löss, twee bedrijven op zandgrond in Zuidoost Nederland, en drie bedrijven op kleigrond, waarvan één op centrale zeeklei en twee in het zuidwestelijke kleigebied (Tabel 1).

Tabel 1. *Locaties van proefvelden met grondsoort, geteelde rassen (H – rassen met hoge norm en M – rassen met Middennorm) en teeltperiode in 2008.*

Code locatie	Grondsoort	Plaats	Ras (groep)	Plantdatum	Oogstdatum
L1	Löss	Schinnen	Fontane (H)	24 april	28-sep
Z1	Zand	Landhorst	Hansa (M)	24-apr	15-sep
Z2	Zand	Vredepeel	Saturna (M)	07-mei	15-okt
K1	Klei	Dreischor	Lady Olympia (H)	13-mei	10-okt
K2	Klei	's Gravenpolder	Victoria (H)	05-mei	25-sep
K3	Klei	Lelystad	Bildtstar (M)	07-mei	13-okt

### 2.2 Berekeningswijze gedifferentieerde norm

Voor het vaststellen van de gedifferentieerde norm is gebruik gemaakt van gegevens uit een uitgebreide analyse van N-trappenproeven uit het verleden (Ten Berge et al, in voorbereiding). In deze analyse zijn relaties vastgesteld tussen bodemvruchtbaarheid, bemesting, opbrengst en N-overschot. Belangrijke parameters hierbij zijn de verwachte maximaal haalbare opbrengst wanneer er geen N-beperving is ( $Y_{max}$ ), en de hoeveelheid N die een onbemest gewas uit de bodem opneemt ( $U_0$ ). Deze beide parameters moeten voor ieder perceel geschat worden.

Bij het bepalen van de gedifferentieerde gebruiksnorm zijn twee relaties van belang:

1. de relatie tussen enerzijds  $Y_{max}$  en  $U_0$  en anderzijds de economisch optimale N-gift (als response variabele)
2. de relatie tussen enerzijds  $Y_{max}$  en  $U_0$ , en anderzijds het N-overschot (als response variabele) bij zekere N-gift.

$Y_{max}$  is geschat op basis van eerder behaalde opbrengsten op het perceel. Voor het onderzoek in 2008 werd de gedifferentieerde norm alleen gebaseerd op  $Y_{max}$ , omdat het vooraf schatten van  $U_0$  nog niet goed mogelijk was.

Relatie (1) geeft aan hoeveel extra N vanuit landbouwkundig oogpunt nodig zou zijn per eenheid extra opbrengst. Die hoeveelheid extra N is echter zo groot dat het N-overschot zou toenemen: de hogere opbrengst kan dat niet ongedaan maken. Daarom werd relatie (2) als grondslag genomen voor de gedifferentieerde gebruiksnorm. Als 'generiek overschot' werd het N overschot gedefinieerd dat bij gebruiksnormen-2009 zou optreden onder generiek aangenomen omstandigheden. Dit betekent: bij forfaits voor N-gehalte en opbrengst zoals door de WOG verondersteld, en onder de aanname dat de N-levering uit de bodem in evenwicht verkeert met de aangelegde bemesting (Tabel 2). De gedifferentieerde norm bij het 'generiek overschot' kan hoger (of lager) zijn dan de generieke norm, namelijk als er sprake is van een structureel hoger dan gemiddeld (resp. lager dan gemiddeld) opbrengstniveau. Uit Relatie (2) volgt welke N-gift behoort bij zekere aangenomen  $U_0$  en  $Y_{max}$ , gegeven de randvoorwaarde dat het N-overschot gelijk blijft aan het 'generiek overschot'. Volgens relatie (2) neemt de toelaatbare N-gift dan toe met 2 kg N per ton toename van  $Y_{max}$ .

Tabel 2. Berekening van het 'generiek N-overschot' uit kentallen zoals door de WOG gebruikt. (Opbrengst van 53 ton ha<sup>-1</sup> voor klei en löss, en 50 ton ha<sup>-1</sup> voor zandgrond; N-gehalte van 3,3 kg ton<sup>-1</sup>).

Locatie	Ras (groep)	Generieke norm 2009	WOG-opbrengst (t ha <sup>-1</sup> )	N-afvoer (kg ha <sup>-1</sup> )	WOG-overschot (kg ha <sup>-1</sup> )
L1	Fontane (H)	265	53	175	90
Z1	Hansa (M)	245	50	165	80
Z2	Saturna (M)	245	50	165	80
K1	L.Olympia (H)	275	53	175	100
K2	Victoria (H)	275	53	175	100
K3	Bildtstar (M)	250	53	175	75

Voor elk bedrijf werd het verwacht opbrengstniveau  $Y_{max}$  gelijk gesteld aan het historisch opbrengstniveau. Bij die opbrengst werd de 'gedifferentieerde norm' berekend, volgens bovengenoemde rekenregel van 2 kg N per ton, bij een N-overschot gelijk aan het 'generiek N overschot'. De resulterende gedifferentieerde norm is weergegeven in Tabel 3. Bedrijven L1 en Z2 hadden een opbrengstniveau dat 20 ton ha<sup>-1</sup> hoger was dan het gemiddelde (WOG, Tabel 2), bij bedrijf K3 was dit 10 ton ha<sup>-1</sup> hoger. Het historisch opbrengstniveau van de overige drie bedrijven kwam ongeveer overeen met de opbrengst die de WOG ook aanhoudt. De gedifferentieerde norm werd vastgesteld door de verondersteld benodigde extra N gift (Tabel 3) op te tellen bij de generieke norm voor betreffende rasgroep, en varieerde tussen 245 en 305 kg N ha<sup>-1</sup>.

Tabel 3. Berekening van de 'gedifferentieerde norm' per bedrijf.

Locatie	Ras (groep)	Generieke norm 2009	Verwachte opbrengst	Extra Ngift	Gedifferentieerde norm
L1	Fontane (H)	265	53 + 20	+40	305
Z1	Hansa (M)	245	50 + 0	+0	245
Z2	Saturna (M)	245	50 + 20	+40	285
K1	L.Olympia (H)	275	53 + 2	+5	280
K2	Victoria (H)	275	53 + 0	+0	275
K3	Bildtstar (M)	250	53 + 10	+20	270

## 2.3 Proefopzet

De gedifferentieerde norm (Tabel 3) werd als behandeling A opgenomen in de proeven en volledig toegediend. Doordat de historische opbrengstniveaus soms gelijk waren aan die welke de WOG ook aanhoudt, was de gedifferentieerde norm soms gelijk aan de huidige gebruiksnorm. Om voldoende contrast in N-gift te krijgen werd daarom de gedifferentieerde norm niet vergeleken met de huidige norm, maar met een variant met 'krappe bemesting' (behandeling B). De bemesting in behandeling B bedroeg maximaal 80% van de berekende gedifferentieerde norm, en de bijbemesting werd gebaseerd op een bijmeststelsel (aardappelmonitoring van Altic of nitraatgehalte in bladsteeltjes; zie Bijlage 2) waardoor de gerealiseerde gift ook lager uit kon pakken dan 80% van de berekende gedifferentieerde norm. Als derde behandeling werd een onbemest object aangelegd (behandeling C) om de N-opname uit de bodem te bepalen. Tabel 4 geeft een overzicht van de gerealiseerde bemesting op de zes bedrijven bij de drie behandelingen. De gerealiseerde bemesting bij behandeling B was in alle gevallen lager dan de generieke norm, waarbij het verschil varieerde tussen 17 en 125 kg N ha<sup>-1</sup> (vergelijk Tabel 4 met Tabel 3). Een gedetailleerd overzicht van bemesting met tijdstippen en giften aan dierlijke mest en kunstmest is gegeven in Bijlage 1.

Tabel 4. Gerealiseerde bemesting (werkzame N in kg ha<sup>-1</sup>). Zie Bijlage 1 voor meer details.

Locatie	Behandeling A (gedifferentieerde norm)				Behandeling B (max. 80% van A, geleide bemesting)					Beh. C (onbemest)
	Basis	1 <sup>e</sup> Bijmest	2 <sup>e</sup> Bijmest	Totaal nwz	Basis	1 <sup>e</sup> Bijmest	2 <sup>e</sup> Bijmest	Totaal nwz	N-gift t.o.v. A	Totaal nwz
L1	170	70	65	305	150	30		180	59%	0
Z1	170	50	25	245	150	46		196	80%	0
Z2	170	70	45	285	150	40	38	228	80%	0
K1	170	70	40	280	150	0		150	54%	0
K2	170	70	35	275	150	30		180	65%	0
K3	170	70	30	270	150	0		150	55%	0

De proeven - ook die bij telers - werden aangelegd door de proefbedrijven (Lelystad, Westmaas, Vredepeel). Gewasverzorging (afgezien van de bemesting) werd door de teler uitgevoerd en was identiek aan die van het praktijkperceel waarin de proef lag.

De proeven werden aangelegd als gewarde blokkenproef met drie behandelingen in vier herhalingen. In de onbemeste plots werden bij aanvang van het seizoen grondmonsters genomen waaraan bodemchemische bepalingen werden gedaan om deze achteraf te relateren aan de N-opname vanuit de bodem (gerapporteerd door Van Dijk *et al.*, 2009). Eventuele differentiatie op basis van U<sub>0</sub> is beleidsmatig immers alleen inpasbaar indien deze via een objectieve meting kan worden vastgesteld.

## 2.4 Waarnemingen en berekeningen

Bij alle behandelingen werd op de locaties L1, Z1 en Z2 driemaal gedurende de teelt een monster genomen van bladsteeltjes voor analyse van nitraat in plantsap. Op de locaties K1, K2 en K3 werd voor Altic aardappelmonitoring op vijf verschillende tijdstippen het plantgewicht bepaald en een monster van bladsteeltjes genomen voor analyse van nitraat in plantsap. Tevens werd rond sluiting van het gewas met cropscaan de gewasreflectie bepaald en het bijbehorende bijbemestingsadvies gegeven. Voor bepaling van de bijbemesting bij behandeling B werden de resultaten van de bladsteeltjes en Altic aardappelmonitoring gebruikt.

Aan alle plots werden de volgende waarnemingen gedaan:

- Bruto knolopbrengst en sortering
- Uitval (alleen op Z2, K1, K2 en K3)
- Onderwatergewicht
- N<sub>min</sub> najaar (0-60 cm en 60-90 cm; bij K3 alleen 0-90 cm)
- Drogestofgehalte in de knollen
- N-gehalte in de knollen
- Nitraat grondwater in het voorjaar (alleen op Z1 en Z2)
- Nitraat in bodemvocht op 150-200 cm diepte (alleen op L1)

De netto opbrengst werd berekend vanuit de bruto-opbrengst 30-op (bij L1, Z1 en Z2) of 40-op (bij K1, K2 en K3), minus uitval. De N-afvoer werd berekend vanuit de bruto opbrengst 30-op (bij L1, Z1 en Z2) of 40-op (bij K1, K2 en K3) en het N-gehalte.

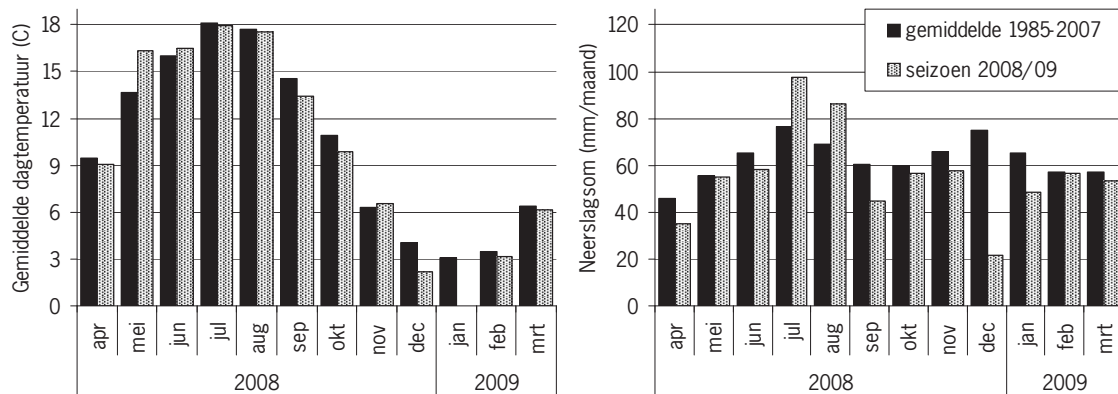
Voor vergelijking met de nitraatconcentraties in grondwater en bodemvocht werd voor L1, Z1 en Z2 de N-uitspoeling ook berekend. Hierbij is aangenomen dat de N die beschikbaar was bij de onbemeste behandeling ook beschikbaar was bij beide andere behandelingen. Deze beschikbare N bij de onbemeste behandeling bestaat uit opgenomen N en de N<sub>min</sub> bij oogst. Aangenomen wordt dat de N<sub>min</sub> bij oogst volledig uitspoelt in de winter. Mineralisatie na de oogst is in de berekening niet meegenomen. N-uitspoeling is dan berekend als:

$$\text{N-uitspoeling} = \text{Ngift} + \text{Nopname onbemest} + \text{Nmin oogst onbemest} - \text{Nopname}$$



### 3. Proefresultaten en discussie

De temperatuur in seizoen 2008-09 kwam redelijk overeen met het langjarige gemiddelde (Figuur 1). De maand mei was iets warmer dan gemiddeld. Neerslag verschilde meer met het langjarige gemiddelde en vooral de natte maanden juli en augustus vallen op. Daarna was het iets droger dan gemiddeld, en in de winter en vooral in december viel er minder neerslag. Door locale verschillen kan vooral neerslag afwijken van wat er daadwerkelijk is gevallen op de afzonderlijke proeflocaties.

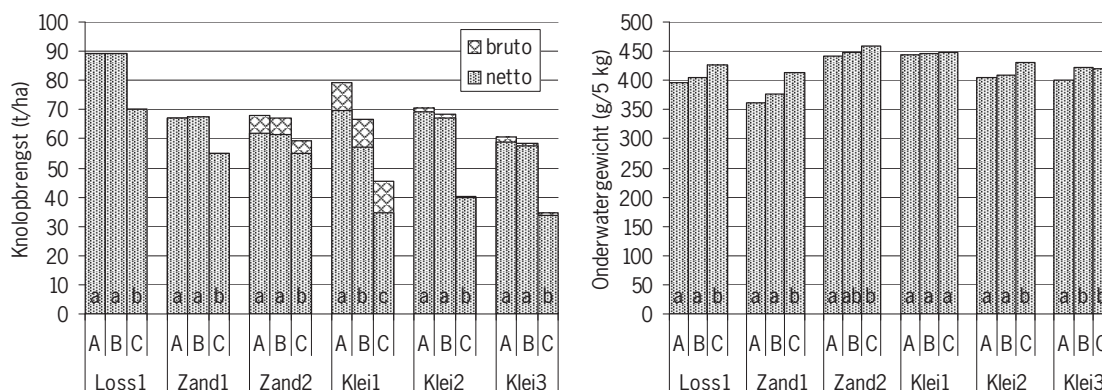


Figuur 1. Gemiddelde dagtemperatuur (links) en neerslagsom per maand (rechts) van KNMI-weerstation Eindhoven.

#### 3.1 Landbouwkundig: opbrengst en effect op saldo

De totale knolopbrengst bij de gedifferentieerde norm (behandeling A) varieerde van 59 ton ha<sup>-1</sup> bij Klei3 tot 89 ton ha<sup>-1</sup> bij Löss1 (Figuur 2; sortering in Bijlage 3). Het verschil tussen bruto en netto opbrengst is het aandeel uitval. Uitval varieerde tussen de bedrijven als gevolg van verschillen in aanpak van selectie. Op zand en löss is uitval niet apart weergegeven omdat er geen verschillen waren in uitval tussen de bemestingsvarianten. De opbrengst van behandeling B verschilde weinig met die van behandeling A. Op de verschillen tussen deze twee behandelingen wordt later verder ingegaan. De opbrengst van de onbemeste behandeling (C) bleef duidelijk achter bij beide andere behandelingen.

Het onderwatergewicht van de onbemeste behandeling was vaak hoger dan die van behandeling A of B. De verschillen tussen de bedrijven zijn voor een belangrijk deel toe te schrijven aan het ras.



Figuur 2. Knolopbrengst (links) en onderwatergewicht (rechts) op de zes locaties voor de gedifferentieerde norm (A), op basis van geleide bemesting (B) en onbemest (C). Bruto opbrengst is exclusief de sortering -/30 of -/40. Verschillende letters in de staafjes geven statistisch betrouwbare verschillen weer binnen de betreffende locatie ( $p=0.05$ ).

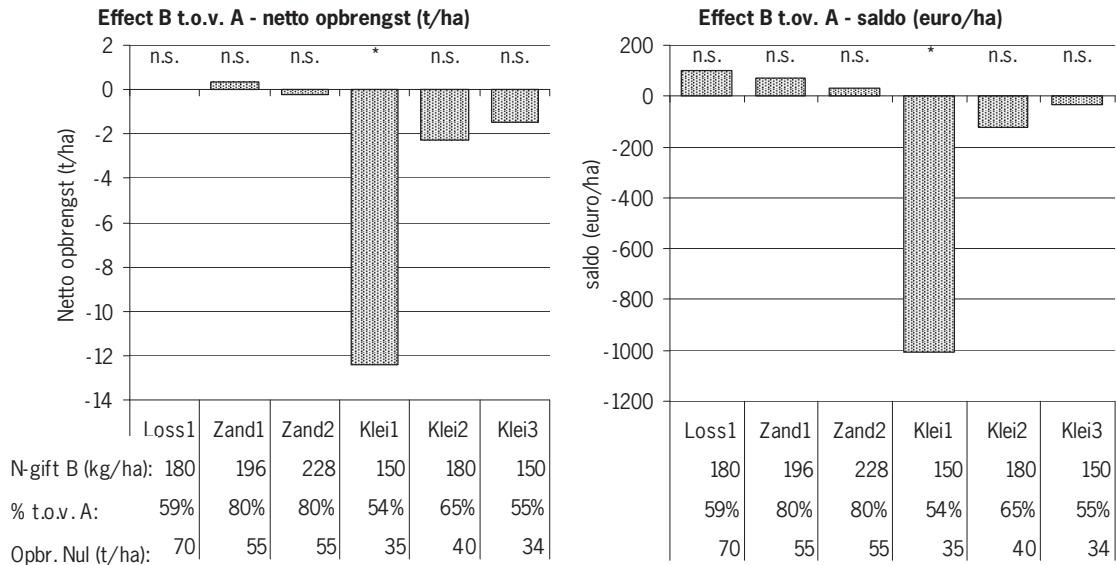
Bij bemesting op basis van bladsteeltjes (behandeling B) was de N-gift in vier van de zes gevallen lager dan het gekozen maximum van 80% van de berekende gedifferentieerde norm (Tabel 4). Op beide bedrijven op zand werd wel de 80% bemest. De analyses van de bladsteeltjes gaven op deze bedrijven waarden die beneden het streeftraject lagen (zie Bijlage 2) en puur op basis van deze metingen had er op beide zandbedrijven meer N gegeven moeten worden dan die 80%. In de praktijk is echter bekend dat de beschikbare bladsteeltjes-lijnen voor het ras Hansa (met als teeltdoel het koelverssegment en veel kleine aardappels) en het ras Saturna minder goed bruikbaar zijn. Dat er inderdaad geen sprake is geweest van N-gebrek is te zien aan de opbrengsten: ondanks de lagere bemesting bij behandeling B was de opbrengst gelijk aan die van behandeling A. Dit wijst erop dat voor geleide bemesting bij deze rassen betere normlijnen voor bladsteeltjes of andere methoden nodig zijn.

Een vergelijking van behandeling B met behandeling A wordt voor alle locaties gegeven in Figuur 3 voor de netto opbrengst en het saldo. Het effect op het saldo is berekend op basis van de verschillen in netto opbrengst en een gemiddelde prijs van 90 euro per ton (KWIN, 2006). Verder is voor de verschillen in werkzame N een prijs aangehouden van 83 cent per kg N, en zijn voor het uitvoeren van geleide bemesting kosten gerekend van gemiddeld 30 euro per ha. Op Zand1 en Zand2 is dierlijke mest aan de basis gebruikt waarvoor veelal een lage prijs geldt of zelfs geld wordt toegegeven. Voor de vergelijking tussen behandeling A en B maakt dit niets uit aangezien het verschil tussen beide behandelingen alleen in de hoeveelheid kunstmest zit.

Op löss en zand zijn de verschillen in opbrengst tussen A en B nihil en statistisch niet betrouwbaar. Behandeling B lijkt voor löss en zand een iets hoger saldo te geven dan behandeling A, maar ook dit is statistisch niet betrouwbaar.

Op kleigrond waren opbrengst en saldo van behandeling B lager dan behandeling A. Bij zowel Klei2 als Klei3 waren de verschillen klein en statistisch niet betrouwbaar. Bij Klei1 was de opbrengst van behandeling B wel statistisch significant lager dan behandeling A. Mogelijk was de bemesting bij behandeling B hier te laag geweest. Bij Klei1 is alleen de basisbemesting gegeven en niet bijbemest. Aardappelmonitoring gaf op dit bedrijf wel een advies van 30 kg ha<sup>-1</sup> bij de bemonstering van 26 juni (zie Bijlage 2), maar door omstandigheden zijn deze resultaten te laat ontvangen en is deze bemesting niet uitgevoerd. Het advies bij de volgende meetmomenten was echter om geen bijbemesting uit te voeren, dus het blijft de vraag of de lagere opbrengst bij behandeling B is veroorzaakt door het niet volgen van de bemonsteringsuitslag van 26 juni. Ook de metingen met de cropscan gaven eind juni geen verschillen in N-inhoud tussen behandeling A en behandeling B (data niet getoond). Een aanwijzing voor N-tekort is het lagere N-gehalte in de knollen bij behandeling B ten opzicht van die van behandeling A (Figuur 4). Een eenduidige uitspraak kan hier echter niet gedaan worden. De bemesting en waargenomen N-gehalte en N-opname kwamen sterk overeen met die van Klei2 en op die locatie werd geen lagere opbrengst bij behandeling B gevonden. Rasverschillen zouden een rol kunnen spelen, maar op zowel Klei1 als Klei2 werd een ras uit de groep met een hoge norm geteeld.



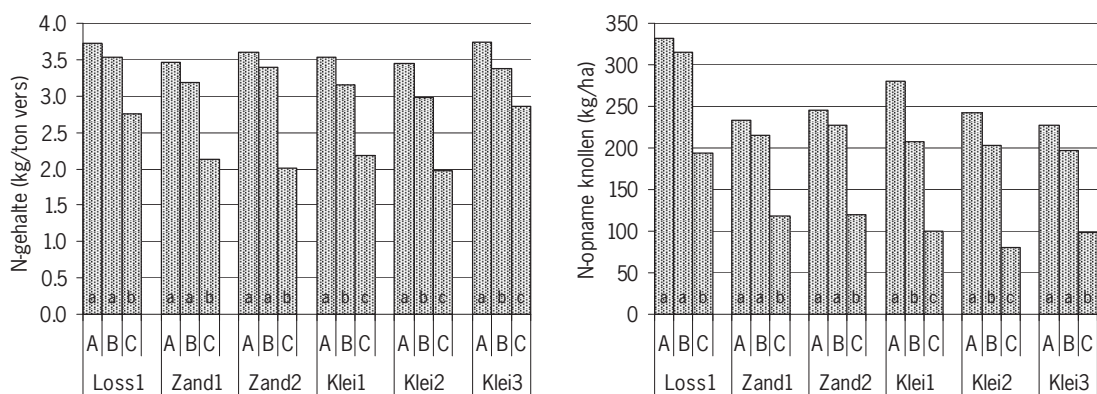


Figuur 3. Verschil tussen behandeling B (bemesting op basis van bladsteeltjes) en behandeling A (gedifferentieerde norm). Onder de figuur de N-gift bij B, het relatieve verschil in N-gift t.o.v. A en de opbrengst zoals behaald zonder N-bemesting.

### 3.2 Milieukundig: N-balans, Nmin en nitraat

Het N-gehalte in de knollen varieerde bij behandeling A tussen 3,4 en 3,7 kg/ton vers, bij behandeling B tussen 3,0 en 3,5 en bij behandeling C tussen 2,0 en 2,9 (Figuur 4, links). De verschillen in N-gehalte tussen behandeling A en B waren op löss en zand niet significant, terwijl op de klei het N-gehalte bij behandeling B significant lager was dan bij behandeling A.

De N-opname in de knollen was op löss hoger dan 300 kg/ha, en op de andere locaties veelal tussen de 200 en 250 kg/ha (Figuur 4, rechts). Zonder bemesting nam het gewas vanuit de bodem nog 80 tot 194 kg/ha op.

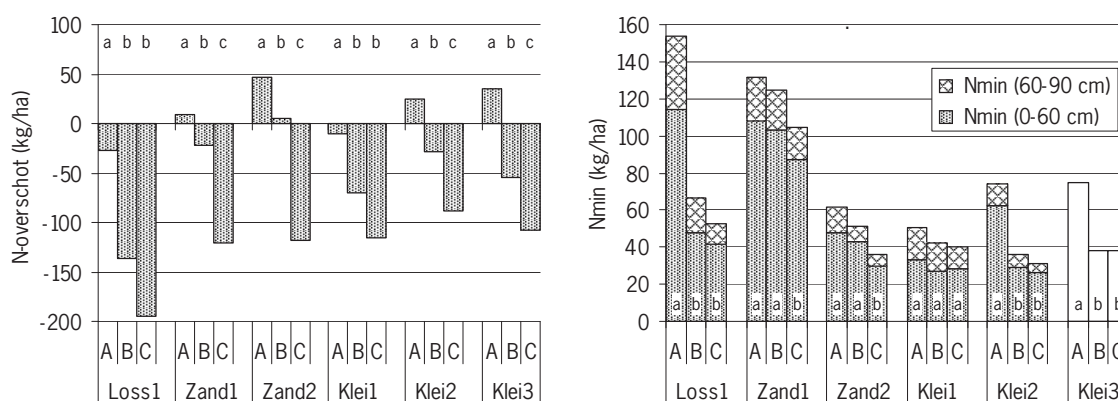


Figuur 4. N-gehalte (links) en N-opname in de knollen (rechts) op de zes locaties voor de gedifferentieerde norm (A), op basis van geleide bemesting (B) en onbemest (C). Verschillende letters in de staafjes geven statistisch betrouwbare verschillen weer binnen de betreffende locatie ( $p=0.05$ ).

Verschillen in bemesting tussen de behandelingen A, B en C zijn telkens terug te zien in het overschot, met het hoogste overschot bij behandeling A en het laagste bij de onbemeste behandeling C (Figuur 5, links). Het N-overschot zoals berekend op basis van werkzame N was laag en varieerde tussen -26 en 40 kg/ha voor behandeling A. Bij vrijwel alle B-behandelingen was het N-overschot negatief. Bij de berekening van het N-overschot was depositie, het niet-werkzame deel van organische mest, en het effect van toe- of afname van de bodemvoorraad N niet meegenomen. Het is dus mogelijk dat de bodemvoorraad N niet in evenwicht is met de uitgevoerde bemesting en er nawerking van N uit eerdere jaren is geweest. Dit effect zal zeker een rol hebben gespeeld bij Löss1 waar in het voorafgaande najaar op de graanstoppel 20 ton zeugendrijfmest is gebruikt, gevolgd door een geslaagde groenbemester. Nawerking hiervan is goed te zien aan de hoge N-opname van bijna 200 kg/ha in de onbemeste behandeling C (Figuur 4, rechts). Op de invloed van de bodemvoorraad op N-opname en het berekende overschot wordt in Hoofdstuk 4 teruggekomen.

Ook bij de Nmin na de oogst zijn verschillen in bemesting tussen de behandelingen A, B en C terug te zien (Figuur 5, rechts). De verhoudingen tussen de behandelingen A, B en C zijn minder regelmatig dan bij het overschot. Bij beide zandlocaties is er een significant verschil in Nmin tussen behandeling B en C, terwijl er geen verschil is op de andere locaties. Waarschijnlijk komt dit doordat bij de basisbemesting van behandeling B op beide zandbedrijven dierlijke mest is gebruikt waar de overige bedrijven kunstmest hebben gebruikt. Van deze mest zal een deel nog gemineraliseerd zijn aan het einde van de teelt wanneer het gewas geen N meer opneemt.

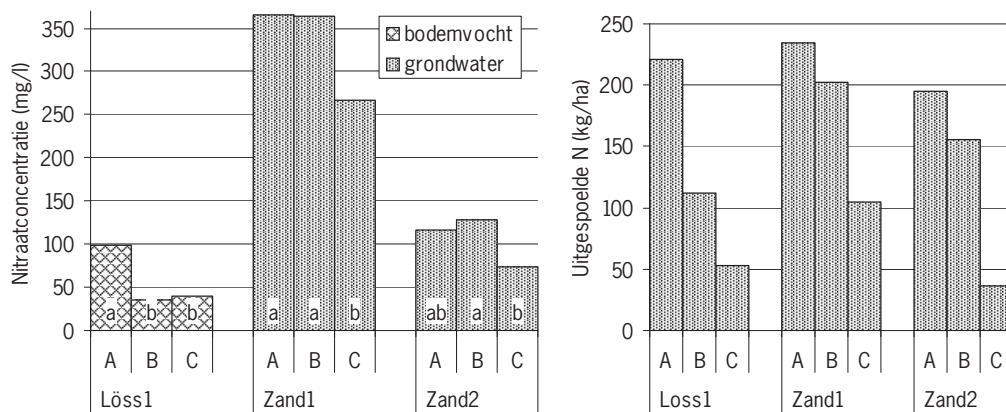
De hogere bemesting bij behandeling A gaf altijd een hogere Nmin dan behandeling B, maar de verschillen waren alleen bij löss en klei2 en klei3 significant. Vergeleken met behandeling C was de Nmin bij behandeling A in vijf van de zes gevallen significant hoger. Dit betekent dat er van de toegediende meststof bij behandeling A dus nog N over is op het moment van oogsten. Bij löss en de bedrijven op klei was bij oogst de Nmin van behandeling B gelijk aan die van behandeling C. Dit wijst erop dat het merendeel van de N die gegeven wordt bij bemesting op basis van bladsteeltjes (behandeling B) wordt opgenomen door het gewas en er dus niet veel achterblijft in het profiel. De Nmin bij Zand1 was hoog, ook bij de onbemeste behandeling C. De verklaring hiervoor kan liggen in het tijdstip van monsternamen van Nmin: bij Zand1 heeft deze 15 dagen na de oogst plaatsgevonden, en kan er meer mineralisatie geweest zijn dan bij Loss1 en Zand2 waar de Nmin binnen een week na oogst was bepaald. Daarnaast waren de aardappelen bij Zand1 relatief vroeg doodgespoten waardoor de periode zonder N-opname op Zand1 ook langer was.



Figuur 5. N-overschot (links; op basis van werkzame N berekend) en N-min bij oogst (rechts) op de zes locaties voor de gedifferentieerde norm (A), op basis van geleide bemesting (B) en onbemest (C). Nmin bij Klei3 is alleen bepaald voor 0-90 cm. Verschillende letters in of boven de staafjes geven statistisch betrouwbare verschillen weer binnen de betreffende locatie (voor Nmin op het totaal van 0-90 cm).

Nitraat in bodemvocht en grondwater liet grote verschillen tussen de bedrijven zien, met vooral op Zand1 hoge waarden (Figuur 6, links) vergeleken met löss en Zand2. De nitraatconcentratie wordt niet alleen bepaald door het N-overschot, maar grondwaterstand en het voorkomen van veenlaagjes in het profiel hebben grote invloed op de uiteindelijke concentraties in grondwater (De Ruijter & Boumans, 2005). Op het moment van meten was de grondwaterstand bij Zand1 gemiddeld 43 cm, en bij Zand2 gemiddeld 79 cm. Grondwatertrap en veenlaagjes werden niet bepaald en in het voorliggende rapport wordt vooral gekeken naar de verschillen tussen de behandelingen. Hierbij valt op dat op löss de nitraatconcentratie bij behandeling A verhoogd was, en dat de nitraatconcentratie van behandelingen B en C gelijk waren. Bij beide bedrijven op zand was de nitraatconcentratie bij de bemeste behandelingen A en B verhoogd ten opzichte van die van de onbemeste behandeling C. Tussen behandeling A en B was er op zand geen verschil in nitraatconcentratie.

N-uitspoeling is globaal berekend, waarbij de N-opname bij de onbemeste veldjes als N-levering vanuit de bodem is aangehouden (Figuur 6, rechts). Wanneer de behandelingen vergeleken worden per locatie dan is er altijd de volgorde  $A > B > C$ . De relatieve verschillen komen echter overeen met de verschillen zoals gemeten in de nitraatconcentraties: bij löss was behandeling A duidelijk hoger dan beide andere behandelingen, op zand behandeling C duidelijk lager dan beide andere behandelingen.



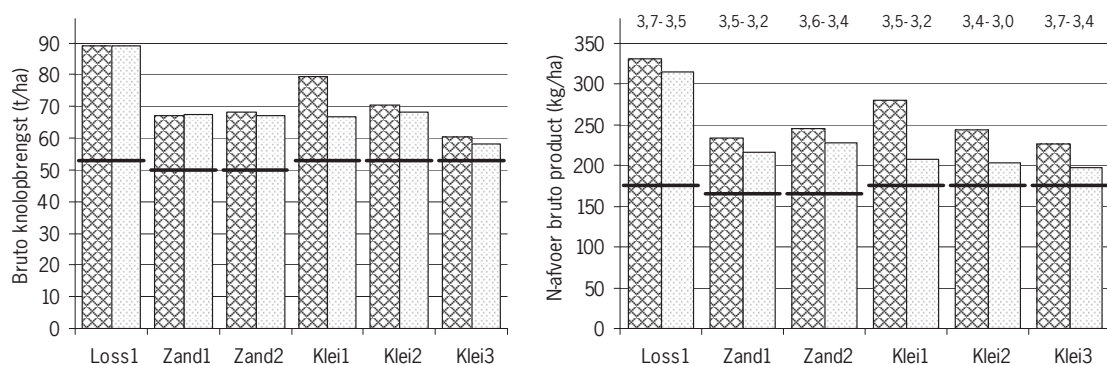
Figuur 6. Links: nitraatconcentratie ( $\text{mg NO}_3 \text{ liter}^{-1}$ ) in bodemvocht van 150-200 cm diepte op 19 maart 2009 (Löss1) en in grondwater op 3 maart 2009 (Zand1 en Zand2). Rechts de berekende N-uitspoeling. Verschillende letters in de staafjes geven statistisch betrouwbare verschillen weer binnen de betreffende locatie ( $p=0.05$ ).



## 4. Differentiatie van normen - discussie

In het voorliggende onderzoek is tegelijkertijd gekeken naar differentiatie van gebruiksnormen en scherp bemesten op basis van geleide bemestingssystemen. Omdat de gedifferentieerde norm in een aantal gevallen onvoldoende verschilde van de gebruiksnorm-2009, was rechtstreekse vergelijking tussen gedifferentieerde en generiek norm niet zinvol. Daarom werd de proef zo opgezet dat bepaald kon worden of bij hogere opbrengsten een hogere norm inderdaad nodig is, door deze te vergelijken met een veel lagere gift die dan in combinatie met een monitoring-systeem werd toegepast. Het werd dus een vergelijking tussen ruim N (gedifferentieerde norm) en krap N (80% van de gedifferentieerde norm of lager op basis van geleide bemesting).

Bemesting op basis van aardappelmonitoring en nitraat in bladsteeltjes werkte op vijf van de zes locaties naar behoren, waardoor verhoging van de N gift tot boven de generieke gebruiksnorm-2009 op deze locaties niet nodig was om een betere opbrengst te halen. Het hoge productieniveau werd gehaald met beduidend lagere bemesting dan de gebruiksnorm-2009 (variërend van 17 tot 125 kg N ha<sup>-1</sup> minder), en met lagere berekende N-overschotten dan die welke passen bij de forfaits zoals door de WOG gehanteerd. In Figuur 7 worden de relevante kengetallen vergeleken. Hierbij valt op dat zowel de opbrengst hoger was dan de WOG-forfait, en dat er een duidelijk hogere N-afvoer gerealiseerd werd dan die waar de WOG gemiddeld mee rekent. Bij de gedifferentieerde norm was ook het N-gehalte hoger dan het WOG forfait. Een belangrijke verschil hierbij is dat er op de proeflocaties geen sprake is geweest van een evenwichtsituatie maar dat er gebruik is gemaakt van bodemvruchtbaarheid van voorgaande jaren. In een evenwichtsituatie blijft de N-voorraad in bodemorganische stof gelijk en wordt er via gewasresten en mest evenveel N aan het profiel toegevoegd als dat er in dat jaar mineraliseert. De bijdrage via loof en wortelresten aan de bodemvoorraad organische stof is niet gemeten. Er is echter wel veel N onttrokken aan het perceel, en de N-afvoer van 80 tot 194 kg ha<sup>-1</sup> via de knollen van de onbemeste veldjes wijst op een hoge mineralisatie. Deze bodemvruchtbaarheid is in het verleden en/of elders in de rotatie opgebouwd. Bij differentiatie van gebruiksnormen dient hier rekening mee gehouden te worden. Aandachtspunt hierbij is dat deze N uit mineralisatie landbouwkundig benutbaar is, en verhoging van de bemesting bij hoge mineralisatie leidt tot verhoging van het overschot en uitspoeling. Ander aandachtspunt is dat voor het op peil houden van de bodemvruchtbaarheid aanvoer aan organische stof nodig is. Het is mogelijk dat dit elders in de rotatie gebeurt in de vorm van gewasresten en/of organische mest, maar het is ook mogelijk dat er ergens in de rotatie extra aanvoer nodig is om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden. Ondanks deze kanttekeningen kan er geconcludeerd worden dat er percelen zijn met een beduidend hogere opbrengst en N-afvoer dan de forfaits die de WOG hanteert. Het verdient daarom aanbeveling om verder te kijken naar de mogelijkheden voor differentiatie.



Figuur 7. Bruto knolopbrengst exclusief -/30 of -/40 (ton/ha; links) en de N-afvoer in dit bruto product (kg/ha; rechts). Horizontale streepjes geven de WOG-forfaits aan. Getallen bovenin de rechter figuur zijn de N-gehalten (kg ton<sup>-1</sup>) zoals gemeten op elke locatie (vgl met het WOG forfait van 3,3 kg ton<sup>-1</sup>). Linker staafje is telkens de gedifferentieerde norm (A), rechter staafje op basis van geleide bemesting (B).



## 5. Conclusies

- Differentiatie van de gebruiksnorm naar verwacht opbrengstniveau gaf op de zes proeflocaties een verhoging van de gebruiksnorm met 0 tot 40 kg N/ha ten opzichte van de norm-2009 voor de betreffende rasgroep.
- In de proeven van 2008 was op vijf van de zes locaties de gedifferentieerde norm niet nodig om het verwachte opbrengstniveau te halen. Een scherpe bemesting van 80% van de gedifferentieerde norm of minder gaf op deze vijf locaties dezelfde opbrengst als bij bemesting volgens de gedifferentieerde norm.
- Bemesting op basis van Altic aardappelmonitoring of bladsteeltjes werkte op vijf van de zes locaties naar behoren. Op de locatie waar de opbrengst achterbleef ten opzichte van de gedifferentieerde norm was het bemestingsadvies niet volledig opgevolgd, maar het was niet goed aantoonbaar of dit de oorzaak was van de – aanzienlijke – opbrengstderving.
- Alle zes de locaties hadden een hogere opbrengst en hoger N-gehalte dan de forfaits die de WOG hanteert, en daarmee ook een lager N-overschot. Om die reden, maar ook wegens uiteenlopende N-levering uit de bodem, verdient het aanbeveling om de mogelijkheden tot differentiatie verder te onderzoeken. Dit wordt echter pas van landbouwkundig belang indien de generieke norm sterk verlaagd zou worden ten opzichte van het huidige niveau.





## Referenties

- Berge H.F.M. ten, W. Van Dijk, S.L.G. Burgers, J.R. van der Schoot, J.J. Schröder, *in voorbereiding*.  
Effects of attainable yield and soil N supply on N requirement and N surplus in selected arable crops.
- Dijk T.A. van, L. Van Schöll, R. Postma, 2009.  
N-leverend vermogen van de bodem als grondslag voor differentiatie N-gebruiksnormen. Wageningen, NMI-rapport 1303.08
- Ruijter F.J. de & Boumans 2005  
Waterkwaliteit op open teelt bedrijven en de relatie met bodem- en bemestingsvariabelen: Resultaten van het project Telen met toekomst, 2000-2004. Telen met toekomst, rapport OV0501



# Bijlage I.

## Gedetailleerd overzicht bemesting

Locatie	Behandeling	Bemestingsgift BASIS		Bijbemesting (kg N/ha)	
		Organisch	Kunstmest <sup>1</sup> (kg/ha)	1 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>
L1	A		170 N 126 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 216 K <sub>2</sub> O	19 juni: 70	17 juli: 65
	B		150 N 126 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 216 K <sub>2</sub> O	30 juni: 30	
	C		126 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 216 K <sub>2</sub> O		
Z1	A	40 ton RDM 180 kg N totaal 117 kg Nwz (65%)	53 N	17 juni: 50	15 juli: 25
	B	40 ton RDM 180 kg N totaal 117 kg Nwz (65%)	33 N	26 juni: 46	
	C		200 K <sub>2</sub> O		
Z2	A	40 ton ZDM 152 kg N totaal 99 kg Nwz (65%)	70 N	7 juli: 70	24 juli: 45
	B	40 ton ZDM 152 kg N totaal 99 kg Nwz (65%)	50 N	7 juli: 40	24 juli: 38
	C		220 K <sub>2</sub> O		
K1	A		13 mei: 170 N	19 juni: 70	4 juli: 40
	B		13 mei: 150 N		
	C				
K2	A		170 N	25 juni: 70	11 juli: 35
	B		150 N		11 juli: 30
	C				
K3	A		15 mei: 170 N	24 juni: 70	14 juli: 30
	B		15 mei: 150 N		
	C				

<sup>1</sup> Mestsoort: N als KAS, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> als tripelsuperfosfaat en K<sub>2</sub>O als K60.



## Bijlage II.

# Resultaten bladsteeltjes, aardappel- monitoring Altic en Cropscan

### L1 – Fontane – bladsteeltjes

Datum	Dagen na opkomst	Nitraat mg/liter	Nitraat normtraject
<b>Object A</b>			
9 juni	22	5762	6200-6900
19 juni	32	5223	5143-5843
9 juli	52	5237	3100-3657
<b>Object B</b>			
9 juni	22	5921	6200-6900
19 juni	32	5080	5143-5843
9 juli	52	3822	3100-3657
17 juli	60	4534	2300-2800
<b>Object C</b>			
9 juni	22	4236	6200-6900
19 juni	32	2113	5143-5843
9 juli	52	331	3100-3657

### Z1 – Hansa – bladsteeltjes

Datum	Dagen na opkomst	Nitraat mg/liter	Nitraat normtraject
<b>Object A</b>			
10 juni	22	3749	4983-5882
20 juni	32	1661	4360-5187
9 juli	51	2764	2880-3536
<b>Object B</b>			
10 juni	22	3276	4983-5882
20 juni	32	1179	4360-5187
9 juli	51	1607	2880-3536
<b>Object C</b>			
10 juni	22	915	4983-5882
20 juni	32	91	4360-5187
9 juli	51	10	2880-3536

**Z2 – Saturna – bladsteeltjes**

Datum	Dagen na opkomst	Nitraat mg/liter	Nitraat normtraject
<b>Object A</b>			
27 juni	28	2233	6200-6900
11 juli	42	1504	5143-5843
21 juli	52	1032	3100-3657
<b>Object B</b>			
27 juni	22	1018	6200-6900
11 juli	32	1138	5143-5843
21 juli	52	524	3100-3657
<b>Object C</b>			
27 juni	22	40	6200-6900
11 juli	32	10	5143-5843
21 juli	52	low	3100-3657

**K1 – Lady Olympia – aardappelmonitoring Altic**

Datum	Dagen na opkomst	Gewicht gram/plant	Nitraat mg/liter	Nitraat norm	Advies kg N/ha
<b>Object A</b>					
11 juni	19	294	6230		0
19 juni	27	608	3641	5503	50
26 juni	34	946	3376	3007	<15
04 juli	42	1174	2900	1322	0
11 juli	49	1396	4079		0
<b>Object B</b>					
11 juni	19	294	5765		<15
19 juni	27	761	3741	4375	0
26 juni	34	624	2475	5387	30
04 juli	42	1064	1970	2135	0
11 juli	49	1084	1840		<15
<b>Object C</b>					
11 juni	19	256	2878		70
19 juni	27	583	762	5692	70
26 juni	34	682	131	4959	70
04 juli	42	530	246	6082	70
11 juli	49	608	176		70

**K2 – Victoria – aardappelmonitoring Altic**

Datum	Dagen na opkomst	Gewicht gram/plant	Nitraat mg/liter	Nitraat norm	Advies kg N/ha
<b>Object A</b>					
11 juni	24	264	6820		0
19 juni	32	482	5718	5493	0
26 juni	39	444	5325	5731	0
04 juli	47	700	4639	4134	0
11 juli	54	574	3539		30
<b>Object B</b>					
11 juni	24	290	6244		0
19 juni	32	469	5009	5577	<15
26 juni	39	660	4683	4384	0
04 juli	47	718	4051	4022	0
11 juli	54	738	2602		30
<b>Object C</b>					
11 juni	24	162	4367		40
19 juni	32	295	1485	6658	60
26 juni	39	418	490	5893	60
04 juli	47	330	217	6442	60
11 juli	54	360	213		60

**K3 - Bildtstar – aardappelmonitoring Altic**

Datum	Dagen na opkomst	Gewicht gram/plant	Nitraat mg/liter	Nitraat norm	Advies kg N/ha
<b>Object A</b>					
16 juni	15	113	7738		0
23 juni	22	212	7358		0
30 juni	29	349	6938	6777	0
7 juli	36	399	6969	6311	0
<b>Object B</b>					
16 juni	15	122	7502		0
23 juni	22	195	7079		20
30 juni	29	304	6827	7195	0
7 juli	36	318	5897	7060	<15
<b>Object C</b>					
16 juni	15	79	5777		<15
23 juni	22	193	3170		75
30 juni	29	201	2106		75
7 juli	36	208	6033		<15

**Cropscan adviezen object B**

Locatie	Meting	Advies (kg N ha <sup>-1</sup> )
L1	18 juni	45
Z1	16 juni	33
Z2	2 juli	19
K1	23 juni	0
K2	30 juni	43
K3	9 juli	29



## Bijlage III.

### Sortering knolopbrengst

