

# Opbrengstvergelijking percelen Nutriënten Waterproof en praktijkpercelen

W.C.A. van Geel, H.A.G. Verstegen & J.J. de Haan

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

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

Projectnummer: 32 501730 10

Uitgevoerd in opdracht en met financiering van:



Ministerie van Economische zaken, Landbouw & Innovatie  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR

Business unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad

: Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 - 29 12 11

Fax : 0317 - 23 04 79

E-mail : [info.ppoagv@wur.nl](mailto:info.ppoagv@wur.nl)

Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING .....	7
2 OPZET EN UITVOERING NUTRIËNTEN WATERPROOF .....	9
2.1 Bedrijfssystemenonderzoek op Vredepeel.....	9
2.2 Nutriënten Waterproof.....	9
2.2.1 Geïntegreerde systemen en rotatie .....	9
2.2.2 Bemesting in NWP .....	10
2.2.2.1 Stikstof .....	10
2.2.2.2 Fosfaat .....	11
2.2.2.3 Overige nutriënten .....	11
2.2.3 Fosfaattoestand.....	11
2.2.4 Organische-stofaanvoer.....	11
2.3 Vergelijking met praktijkpercelen.....	12
3 RESULTATEN .....	13
3.1 Weersbeschrijving van de proefjaren .....	13
3.2 Bemesting en marktbaar opbrengst .....	13
3.2.1 Consumptieaardappel .....	14
3.2.2 Suikerbiet.....	15
3.2.3 Triticale en gerst .....	16
3.2.4 Doperwt (vroeg teelt).....	17
3.2.5 Winterprei .....	18
3.2.6 Snijmais .....	19
3.3 N-opname en opbrengst NWP-systemen .....	20
3.4 Vergelijking NWP-percelen .....	21
4 DISCUSSIE.....	23
LITERATUUR.....	25
BIJLAGE 1. SITUERING VAN DE GEÏNTEGREERDE BEDRIJFSSYSTEMEN .....	27
BIJLAGE 2. RELATIE N-OPNAME EN PRODUCTIE .....	29
BIJLAGE 3. INDEX DROGESTOF EN INDEX N-OPNAME PER PERCEEL.....	35



# Samenvatting

Sinds 1989 vindt op de PPO-proeflocatie te Vredepeel (zuidoostelijke zandgrond) bedrijfssystemen-onderzoek (BSO) plaats op semi-praktijkschaal. Vanaf dat jaar wordt op de BSO-percelen een fosfaatevenwichtsbemesting gehanteerd (fosfaataanvoer niet hoger dan de -afvoer). De toen nog hoge fosfaattoestand van de bodem was in 2004 gedaald naar een niveau dat landbouwkundig nog steeds ruim voldoende is. De eis van fosfaatevenwicht had tot gevolg dat minder organische mest werd aangevoerd dan op praktijkpercelen.

Van 2005 t/m 2008 is op de BSO-percelen het project Nutriënten Waterproof (NWP) uitgevoerd. Dit project richtte zich op het ontwikkelen van bedrijfssystemen met een minimale emissie van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. In NWP zijn, naast een biologisch systeem, twee geïntegreerde bedrijfssystemen vergeleken:

1. GI-Hoog: voldoende aanvoer van organische stof naar de bodem, op peil houden van de bodemmineralisatie en fosfaatevenwichtsbemesting (fosfaataanvoer gelijk aan fosfaatafvoer);
2. GI-Laag: verlagen bodemmineralisatie door minimale aanvoer van organische stof en versnelde afname van de fosfaatvoorraad in de bodem door minder fosfaat aan te voeren dan er wordt afgevoerd.

In GI-Laag werd beoogd door de bodemmineralisatie te verminderen en de bemesting volledig te sturen met kunstmest, de nitraatuitspoeling te verminderen.

Na twee jaar begon de gewasgroei en –opbrengst bij GI-Laag regelmatig achter te blijven bij die van GI-Hoog. Maar ook ontstond de indruk dat de opbrengsten bij systeem GI-Hoog lager waren dan de opbrengsten op de gangbare praktijkpercelen van proefbedrijf Vredepeel. Derhalve is een vergelijking gemaakt tussen de opbrengsten van de twee geïntegreerde bedrijfssystemen van NWP en de praktijkpercelen. Behalve de NWP-periode (2005 t/m 2008) zijn in de vergelijking ook de jaren 2009 en 2010 betrokken. Het bemestingsregime van NWP bleef in 2009 en 2010 gehandhaafd en in 2009 bleef ook de gewasrotatie grotendeels gehandhaafd.

De marktbaar opbrengst van consumptieaardappel in NWP was in de jaren 2005 t/m 2010 gemiddeld 17% lager dan op de praktijkpercelen van Vredepeel. De droge-stofopbrengst van snijmais was gemiddeld 14% lager in NWP en de korrelopbrengst van triticale was 13% lager. De opbrengstverschillen kunnen niet worden verklaard uit de stikstof- en fosfaatbemesting.

De suikeropbrengst van bieten en de opbrengstem van doperwt en van zomergerst (de laatste alleen vergeleken in 2009) bleven in NWP niet achter bij die van de praktijkpercelen. Waarom de opbrengst van het ene gewas wel achterbleef in NWP en van het andere niet, is niet duidelijk.

Op de NWP-percelen traden ook opbrengstverschillen op tussen de systemen GI-Hoog en GI-Laag. Het optreden van de opbrengstverschillen tussen de systemen vertoont geen duidelijke samenhang met de weersomstandigheden c.q. de jaarsinvloed. Wel is er een duidelijke relatie met perceel. Op twee van de zes percelen (de percelen 16 en 26) waren de productie en N-opname bij GI-Laag structureel lager dan bij GI-Hoog. Op de overige percelen waren de verschillen minder uitgesproken en wisselend.

Qua kwaliteit van de geoogste producten was er geen wezenlijk verschil tussen de NWP-systemen GI-Hoog, GI-Laag en de praktijkpercelen.

Op de NWP-percelen was een hogere productie in mindere of meerdere mate gerelateerd aan een hogere N-opname. Dit verklaart voor een belangrijk deel ook het productieverhaal tussen GI-Hoog en GI-Laag op de percelen 16 en 26. Het kan duiden op een verschil in bodemmineralisatie van stikstof of een verschil in benutting door het gewas van de beschikbare stikstof in de bodem. Echter, indien de lagere productie een gevolg is van een lagere mineralisatie bij GI-Laag, een slechtere N-benutting of de lagere fosfaattoestand en -bemesting, dan had dit ook op de andere percelen tot uiting moeten komen en dat was niet het geval. De vraag waarom dit verschil tussen GI-Hoog en GI-Laag wel op de percelen 16 en 26 optrad en minder duidelijk of geheel niet op de andere percelen, is niet beantwoord. De organische-stofgehalten van de percelen, de textuur en indicatoren van de chemische bodemvruchtbaarheid, geven hiervoor geen verklaring. Fysische en biologische indicatoren zijn in NWP niet onderzocht. Enige, mogelijk aanknopingspunt is dat de percelen 16 en 26 wat droogtegevoeliger en stuifgevoeliger zijn.

In 2011 is op percelen van NWP het vervolgproject “Bodemkwaliteit op zandgrond” gestart, waarin onder andere wordt gekeken naar het effect van het organische-stofmanagement op de bodemkwaliteit en de gewasgroei en -opbrengst. Ook worden uitgebreidere metingen aan de bodem gedaan dan in NWP. Mogelijk geeft dit onderzoeksproject meer duidelijkheid over de oorzaken van de opbrengstverschillen tussen de percelen.

Het verdient aanbeveling om in dat project ook de relatie tussen bodemkwaliteit en stikstofbenutting na te gaan c.q. of een betere bodemkwaliteit tot een betere stikstofbenutting leidt. Een betere benutting leidt tot een lager stikstofoverschot in de bodem en daardoor potentieel tot minder stikstofverlies.

Voor het opbrengstverschil tussen de praktijkpercelen en de NWP-percelen kan ook worden gedacht aan een hogere bodemmineralisatie of betere stikstofbenutting als mogelijke verklaring. Een lagere mineralisatie of slechtere stikstofbenutting op de NWP-percelen is echter niet te compenseren door meer stikstof te bemesten. De aanvoer van werkzame stikstof zat al op het niveau van de stikstofgebruiksnorm en zal eerder nog iets moeten worden verlaagd om aan de gebruiksnormen van 2012/2013 te voldoen. Bovendien zijn de verschillen dermate groot, dat het onwaarschijnlijk is dat een hogere stikstofbemesting de opbrengstverschillen tussen de NWP-percelen en de praktijkpercelen kan opheffen. Vermoedelijk ligt op de NWP-percelen door andere, bodemgerelateerde factoren dan stikstof het opbrengstplafond voor bepaalde gewassen lager. Een vraag voor vervolgonderzoek is of dit een gevolg is van het jarenlang terughoudend gebruik van organische mest en de lagere aanvoer van effectieve organische stof (zie paragraaf 2.2.4).

Er had bij systeem GI-Hoog in NWP meer organische mest kunnen worden aangevoerd, door het fosfaat dat via kunstmest is toegediend (20% van de totale aanvoer) te vervangen door organische mest, zonder de fosfaatkosten van 2013 voor bouwland met hoge fosfaattoestand ( $P_w > 55$ ) te overschrijden. Een mogelijkheid om meer effectieve organische stof (EOS) aan te voeren is minder varkensdrijfmest gebruiken en meer rundveedrijfmest en/of compost. Voor de akker- en tuinbouwsector als geheel is de extra ruimte die rundveedrijfmest en compost bieden echter gering, omdat deze mestsoorten (in tegenstelling tot varkensdrijfmest) beperkt beschikbaar zijn.

# 1 Inleiding

Van 2005 t/m 2008 is op de PPO-proeflocatie te Vredepeel (zuidoostelijke zandgrond) het project Nutriënten Waterproof (NWP) uitgevoerd. Dit project richtte zich op het ontwikkelen van bedrijfssystemen met een minimale emissie van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. NWP was vooral gericht op reductie van nitraatuitspoeling en op (versnelde) daling van de hoge fosfaattoestand van de bodem om het lekken van fosfaat naar de ondergrond en uiteindelijk het grond- en oppervlaktewater te verminderen. In NWP zijn twee geïntegreerde bedrijfssystemen en een biologisch bedrijfssysteem op semi-praktijkschaal met elkaar vergeleken. De geïntegreerde bedrijfssystemen in het onderzoek gaan uit van het principe van de geïntegreerde landbouw. In het onderzoek wordt voortdurend getracht de bedrijfssystemen te verbeteren om te kunnen voldoen aan toekomstige maatschappelijke en milieukundige eisen. Het bedrijfssystemenonderzoek loopt daardoor vooruit op de praktijk en laat zien wat de effecten zijn van bepaalde maatregelen en strategieën, voordat deze in praktijk worden geïmplementeerd.

De geïntegreerde bedrijfssystemen in NWP betroffen twee varianten met verschillende doelstellingen:

3. GI-Hoog: voldoende aanvoer van organische stof naar de bodem, op peil houden van de bodemmineralisatie en fosfaatevenwichtsbemesting (fosfaataanvoer gelijk aan fosfaatafvoer);
4. GI-Laag: verlagen bodemmineralisatie door minimale aanvoer van organische stof en versnelde afname van de fosfaatvoorraad in de bodem door minder fosfaat aan te voeren dan er wordt afgevoerd. Deze variant komt eigenlijk neer op uitmijnen van de bodem.

Bij beide varianten is ernaar gestreefd om totaal evenveel werkzame stikstof ter beschikking te stellen aan het gewas.

Na twee jaar begonnen zich verschillen af te tekenen tussen de twee varianten. Bij systeem GI-Laag bleef de groei van een aantal gewassen zichtbaar achter bij die van systeem GI-Hoog (zie figuur 1) en ook waren de productopbrengsten regelmatig lager. Echter, de indruk ontstond dat ook de opbrengsten bij systeem GI-Hoog lager waren dan de opbrengsten op de gangbare praktijkpercelen van proefbedrijf Vredepeel. Om dit te kwantificeren is een vergelijking gemaakt tussen de opbrengsten van de twee geïntegreerde bedrijfssystemen van NWP en de praktijkpercelen.

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt nader ingegaan op de opzet en uitvoering van NWP en op de gegevens die beschikbaar zijn van de praktijkpercelen. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de vergelijking tussen de twee geïntegreerde NWP-systemen en de praktijkpercelen weergegeven en in hoofdstuk 4 worden deze bediscussieerd.



Figuur 1. **Slechtere gewasontwikkeling en lichtere kleur van suikerbieten bij NWP-systeem GI-Laag (rechts) ten opzichte van NWP-systeem GI-Hoog (links)**



## 2 Opzet en uitvoering Nutriënten Waterproof

### 2.1 Bedrijfssystemenonderzoek op Vredepeel

Sinds 1989 vindt op proefboerderij Vredepeel bedrijfssystemenonderzoek plaats op semi-praktijkschaal. Aanvankelijk betrof dit onderzoek aan geïntegreerde bedrijfssystemen voor de akkerbouw en vanaf 1993 is ook de biologische landbouw in de bedrijfssystemen opgenomen. In het bedrijfssystemenonderzoek worden diverse maatregelen in verschillende gewassen zo goed mogelijk op elkaar afgestemd binnen een gewasrotatie.

In de jaren '90 lag het accent van het onderzoek vooral op geïntegreerde gewasbescherming. Vanaf 2001 verschoof het accent naar de nutriëntenproblematiek. In het project Telen met toekomst (2001 t/m 2003) is hier intensief aan gewerkt voor wat betreft de akkerbouw op zandgrond. Het verbeteren van de nutriëntenbenutting in vollegrondsgroentegewassen in bedrijfssystemenverband vond toen plaats op proeftuin Meterikse Veld (bij Horst).

Van 2005 t/m 2008 kreeg het nutriëntenonderzoek een vervolg in NWP. Het project NWP was minder gericht op een akkerbouwrotatie maar op een bredere rotatie met veel uitspoelingsgevoelige gewassen uit meerdere land- en tuinbouwsectoren. Verder werden er in NWP nieuwe systeemvergelijkingen aangelegd en andere maatregelen getoetst dan in Telen met toekomst.

Proefboerderij Vredepeel ligt op een Peel-ontginningsgrond in het zuidoostelijk zandgebied van Nederland. In deze regio is de uitspoelingsproblematiek van nitraat en fosfaat het grootste van Nederland. De grond op de proefboerderij is uitspoelingsgevoelig en representatief voor droge zandgrond. De percelen op het bedrijf zijn goed ontwaterd. In het omringende gebied van de proefboerderij komen alle sectoren van de open teelten voor.

### 2.2 Nutriënten Waterproof

#### 2.2.1 Geïntegreerde systemen en rotatie

In NWP zijn twee geïntegreerde systemen vergeleken en een biologisch systeem. In dit rapport wordt alleen ingegaan op de geïntegreerde systemen.

In beide systemen is dezelfde gewasrotatie gehanteerd: aardappel – triticale – lolie – doperwt + winterprei – snijmaïs – suikerbiet. De teelt van doperwt + winterprei betrof een dubbelteelt in hetzelfde jaar. Na de maïs is een (wettelijk verplichte) groenbemester gezaaid. Na de triticale is geen groenbemester gezaaid, omdat na oogst van de triticale een grondontsmetting werd toegepast voor de lolieteelt. Er is bewust gekozen voor een intensief bouwplan met een hoog aandeel uitspoelingsgevoelige gewassen, die een afspiegeling vormen van belangrijke gewassen op de zuidoostelijke zandgronden.

Bij de opzet van de twee systemen zijn de problemen met nutriëntenuitspoeling geanalyseerd en zijn drie mogelijke oplossingsrichtingen geïdentificeerd (de Haan, 2005). Voor elke oplossingsrichting zijn zowel nieuwe, innovatieve als bestaande maatregelen toegepast. Één van de oplossingsrichtingen betrof het verhogen van de efficiëntie van de bemesting door het minimaliseren van stikstofmineralisatie en de bemesting volledig te sturen met kunstmest. Daarmee kan stikstof worden aangeboden op het moment dat het gewas het opneemt en wordt de opbouw van minerale stikstof in de bodem in de periode dat er geen gewasopname is, verminderd.

Dit resulteerde in de volgende invulling van de bedrijfssystemen:

#### 1. *Geïntegreerd Hoog (GI-Hoog)*:

- Handhaven van de mineralisatie en bodemvruchtbaarheid door voldoende aanvoer van organische stof. Gebruik van organische mest en kunstmest.

- Minimaliseren van de uitspoeling naar grond en oppervlaktewater door efficiënte N-bemesting en fosfaatevenwichtsbemesting.

## 2. Geïntegreerd Laag (GI-Laag):

- Minimaliseren van de bodemmineralisatie. Geen aanvoer van organische mest. Voor 100% bemesten met kunstmest.
- Versnelde daling van de fosfaattoestand. Fosfaataanvoer niet meer dan 50% van de -afvoer. Alleen een fosfaatgift aan de meest fosfaatbehoefte gewassen.
- Acceptatie van een minimale organische-stofaanvoer en daling van de bodemvruchtbaarheid.

De perceelstroken waarop deze systemen zijn toegepast lagen om en om naast elkaar. In bijlage 1 is de situering van de systemen weergegeven.

## 2.2.2 Bemesting in NWP

### 2.2.2.1 Stikstof

Jaarlijks is voor elk systeem een bemestings- en teeltplan gemaakt voor de gehele gewasrotatie. Er is naar gestreefd om bij beide geïntegreerde systemen eenzelfde hoeveelheid werkzame stikstof toe te dienen aan elk gewas. Voor de berekening van de stikstofgift is gebruik gemaakt van een N-balansmethode. Hierin is de stikstofbehoefte geschat en het aanbod van stikstof uit andere bronnen dan meststoffen. Uit het verschil daartussen is de stikstofgift uit meststoffen bepaald, volgens:

$N\text{-gift} = N\text{-behoefte} - N_{\text{min}} - \text{mineralisatie} - \text{depositie} - N \text{ in poot-/plantgoed, zaai} - \text{lucht-N-binding}$

De N-behoefte is gebaseerd op de totale N-opname door het gewas bij streefopbrengst en op de stikstofbenutting door het gewas. Voor de streefopbrengst per gewas is uitgegaan van een gemiddeld goed opbrengstniveau dat in de regio rondom Vredepeel wordt behaald op dezelfde grondsoort. De stikstofbenutting is het percentage van de totaal beschikbare werkzame stikstof in de N-opnameperiode van het gewas, dat door het gewas wordt opgenomen. De stikstofbenutting is afhankelijk van het gewas en de groeiomstandigheden. De (streef)waarden die hiervoor zijn genomen, zijn gebaseerd op resultaten uit eerdere onderzoeken.

$N_{\text{min}}$  is de  $N_{\text{min}}$ -voorraad in de bodem voor aanvang van de teelt. De mineralisatie van stikstof betreft enerzijds de basismineralisatie van de bodem en anderzijds de mineralisatie uit vers organisch materiaal als gewasresten, organische mest en strodek. De mineralisatie alsook de depositie van stikstof zijn berekend over de N-opnameperiode van het gewas. De basismineralisatie op de NWP-percelen is niet bijzonder hoog. Lucht-N-binding betreft de binding van luchtstikstof bij vlinderbloemigen door *Rhizobium*.

De stikstof is op de best bekende wijze toegediend met deling van giften en/of aangepaste toedieningstechnieken zoals rijenbemesting. In aardappelen, prei en lelie is een N-bijmeststelsel (NBS) toegepast. Bij maïs is de kunstmest-N als rijenbemesting toegediend gelijktijdig met het zaaien. In 2005 is ook de RDM als rijenbemesting toegediend bij de maïs. Bij prei is de eerste N-gift (aan het begin van de teelt) vlak naast de plantenrijen gestrooid.

In GI-Hoog zijn de aardappelen en bieten bemest met varkensdrijfmest en de maïs met runderdrijfmest vóór poten of zaaien en is na opkomst bijbemest met kunstmest. Enkel is in 2006 runderdrijfmest vóór de aardappelen toegediend in plaats van varkensdrijfmest. Voor de dubbelteelt doperwt-winterprei is in 2007 en 2008 groencompost toegediend. Aanvullend kregen de erwten nog een kleine kunstmestgift. In 2005 en 2006 kregen ze alleen kunstmest. De prei en lilies zijn (bij)bemest met kunstmest. Soms is voor prei een beperkte gift runderdrijfmest toegediend (voor zover de eis van fosfaatevenwicht dit toeliet). In GI-Laag is uitsluitend kunstmest gebruikt.

De totale aanvoer van werkzame stikstof, berekend volgens de criteria van het gebruiksnormenstelsel, bedroeg gemiddeld in de periode 2005 t/m 2008 over het gehele bouwplan 180 kg N per ha bij systeem GI-Hoog en 182 kg N per ha bij systeem GI-Laag. Hierbij is voor alle jaren gerekend met de forfaitaire (wettelijke) werkingscoëfficiënten voor organische mest van 2009. Volgens de stikstofgebruiksnormen per gewas in 2009 mocht in het NWP-bouwplan gemiddeld 183 kg werkzame N per ha worden aangevoerd. Als wordt gerekend met de forfaitaire (wettelijke) werkingscoëfficiënten voor organische mest die sinds 2010 gelden, dan is er bij GI-Hoog gemiddeld 181 kg N per ha aangevoerd en bij GI-Laag (alleen kunstmest) blijft dat 182 kg N per ha. Volgens de stikstofgebruiksnormen per gewas die in 2012/2013 gelden, had er 178 kg N per ha mogen worden aangevoerd.

Het gemeten nitraatgehalte in het bovenste grondwater in de winterperiode bedroeg in de periode 2005 t/m 2008 gemiddeld 120 mg NO<sub>3</sub> per l bij systeem GI-Hoog en 99 mg NO<sub>3</sub> per l bij systeem GI-Laag.

### 2.2.2.2 Fosfaat

In GI-Hoog kregen alle (tamelijk) fosfaatbehoefte gewassen een fosfaatgift voor aanvang van de teelt. Dit betrof aardappel, suikerbiet, doperwt en snijmais. Gemiddeld over het bouwplan en de vier onderzoeksjaren werd 59 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha toegediend en 56 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha afgevoerd. De fosfaatgiften lagen op of licht onder het niveau van het landbouwkundig advies (Van Dijk & Van Geel, 2010). Van de totale fosfaataanvoer kwam gemiddeld 80% uit organische mest en 20% uit kunstmest.

In GI-Laag is alleen fosfaat toegediend (als kunstmest) voor de teelt van doperwt. Gemiddeld over het bouwplan en de vier onderzoeksjaren werd hier 19 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha toegediend en 52 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha afgevoerd.

De fosfaataanvoer, berekend volgens de criteria van het gebruiksnormenstelsel, bedroeg gemiddeld in de periode 2005 t/m 2008 over het gehele bouwplan 55 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha bij systeem GI-Hoog en 19 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha bij systeem GI-Laag. Deze aanvoer is bij GI-Hoog iets lager dan de werkelijke aanvoer door het gebruik van groencompost. De fosfaataanvoer via compost is voor 50% meegeteld. De fosfaataanvoer op GI-Hoog komt overeen met de fosfaatgebruiksnorm die in 2013 geldt op bouwlandpercelen met een hoge fosfaattoestand (Pw >55).

### 2.2.2.3 Overige nutriënten

De bemesting met overige nutriënten was erop gericht om een gebrek te voorkomen. De kalibemesting is bij beide systemen uitgevoerd conform de adviesbasis bemesting (Van Dijk & Van Geel, 2010), waarbij zowel aan de gewasbehoefte werd voldaan als aan het handhaven van de kalitoestand van de bodem. Ook de magnesiumbemesting is conform de adviesbasis bemesting uitgevoerd. Verder is er jaarlijks borium bemest bij beide systemen voor de gewassen die gevoelig zijn voor boriumgebrek. Bij risico van mangaangebrek is een mangaanbespuiting uitgevoerd. Tot slot is er bekalkt, afhankelijk van de pH-KCl van de bodem.

## 2.2.3 Fosfaattoestand

Vanaf 1989 is in het bedrijfsystemenonderzoek op Vredepeel een fosfaatevenwichtsbemesting gehanteerd (fosfaataanvoer niet hoger dan de afvoer) om de toen nog hoge fosfaattoestand van de percelen (Pw-getal van rond de 65) te laten dalen. Enkel in de periode 1996-2000 is een overschot nagestreefd van 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. In Telen met toekomst (vanaf 2001) is op de percelen van GI-Hoog de fosfaatevenwichtsbemesting voortgezet en is op de percelen van GI-Laag gestreefd naar een maximale fosfaataanvoer van 50% van de hoeveelheid fosfaat die met de geogoste producten wordt afgevoerd. Dit is in NWP voortgezet. Bij aanvang van het project NWP zat het Pw-getal rond de 45 op de percelen van systeem GI-Hoog en rond de 35 op de percelen van systeem GI-Laag. Na afloop van NWP zat het Pw-getal op de percelen van GI-Hoog nog steeds rond de 45 en bedroeg het op de percelen van GI-Laag 30-35. Landbouwkundig wordt die fosfaattoestand bij beide systemen gewaardeerd als ruim voldoende (Van Dijk & Van Geel, 2010). Bij een dergelijk toestand is de gewasrespons op fosfaatbemesting zwak; er is kans dat zonder fosfaatbemesting een geringe opbrengstderving optreedt van ≤4% (Van Dijk et al., 2007).

## 2.2.4 Organische-stofaanvoer

In de periode 1997-2000 was de aanvoer van effectieve organische stof (EOS) op de percelen van de latere NWP-systemen gelijk en bedroeg gemiddeld 2230 kg EOS per ha. Sinds 2001 is op de percelen van GI-Laag geen organische mest meer aangevoerd, behoudens de gescheiden, dunne fractie van varkensdrijfmest. Daarentegen zijn er in de Tmt-periode groenbemesters geteeld op de percelen van GI-Laag en op de percelen van GI-Hoog niet. De EOS-aanvoer verschilde daardoor weinig tussen beide systemen en bedroeg in de periode 2001-2003 gemiddeld 1740 kg EOS per ha.

Van 2004 zijn geen geregistreerde gegevens bekend. Dit was een tussenjaar c.q. rustjaar waarin geen onderzoek plaatsvond. Aangezien de strategie van Tmt in dat jaar nog wel is toegepast, mag worden aangenomen dat er ook toen geen groot verschil was in EOS-aanvoer.

Pas in de NWP-periode is er bewust een verschil gecreëerd in EOS-aanvoer. Gemiddeld in de periode 2005-2008 bedroeg de EOS-aanvoer 1500 kg/ha bij GI-Hoog en 920 kg/ha bij GI-Laag. In de organische-stofgehalte van de percelen kwam dit verschil in aanvoer (nog) niet tot uiting.

## 2.3 Vergelijking met praktijkpercelen

De opbrengst en kwaliteit van de gewassen in NWP is vergeleken met die van de praktijkpercelen van proefboerderij Vredepeel in de periode 2005-2008. Voor de vergelijking is uitgegaan van teelt op dezelfde grondsoort, op of nabij de proefboerderij, met hetzelfde ras en dezelfde teeltwijze. Op de praktijkpercelen kregen aardappel, suikerbiet, doperwt en snijmaïs een basisgift met varkensdrijfmest of runderdrijfmest en een aanvulling met kunstmest. De granen werden uitsluitend met kunstmest bemest.

Voor prei en lelie waren geen gegevens van praktijkpercelen beschikbaar. Voor lelie was verder geen goede vergelijking mogelijk tussen de systemen binnen NWP, omdat er verschillende cultivars zijn gepoot en verschillende bolgroottes van plantmateriaal zijn gebruikt. Dit beïnvloedt mede de opbrengst. Daarom wordt lelie in de rapport verder buiten beschouwing gelaten.

Na 2008 vond geen onderzoek plaats op de NWP-percelen, maar is het bemestingsregime van NWP gehandhaafd gebleven. In 2009 bleef ook de rotatie grotendeels gehandhaafd. Enkel de teelt van lelie werd vervangen door zomergerst. In 2010 zijn aardappel, stamslaboon, zomergerst, dubbelteelt erwt + prei, snijmaïs en suikerbiet geteeld. De gegevens van de opbrengst en kwaliteit van de gewassen in de NWP-systemen en van de praktijkpercelen in 2009 en 2010 zijn ook opgenomen in dit verslag. In 2010 heeft op de NWP-percelen enkel nog een opbrengstvergelijking plaatsgevonden bij consumptieaardappel, suikerbiet, snijmaïs en winterprei.

In NWP is jaarlijks in november de bodemvruchtbaarheidstoestand van de percelen gemeten. In 2009 en 2010 is dit voortgezet. Op de praktijkpercelen is dat niet gebeurd. Verder werd op de praktijkpercelen niet bemest volgens een fosfaatevenwichtsbemesting en is sinds 1989 meer dierlijke mest aangevoerd dan op de NWP-percelen, naar schatting 35-40% meer. De fosfaattoestand op de praktijkpercelen is hoog ( $P_w > 60$ ).

Tussen de NWP-systemen en de praktijkpercelen is een vergelijking gemaakt voor de marktbaar opbrengst en kwaliteit, de aanvoer van werkzame stikstof uit meststoffen (op basis van berekende N-werking bij organische mest), de aanvoer van N-totaal uit organische mest en uit kunstmest en de totale fosfaataanvoer. Ook de voorvrucht is in het overzicht opgenomen, hoewel niet kan worden getoetst of dit een verklarende factor is voor de opbrengstverschillen. Voorvrucht is namelijk grotendeels verstrengeld met systeem (NWP of praktijk). In NWP was de voorvrucht bij elk gewas gelijk, maar op de praktijkpercelen was het wisselend. Soms was de voorvrucht gelijk.

De beide NWP-systemen zijn ook vergeleken voor bruto droge-stofproductie en N-opname in het geoogst product. Op de praktijkpercelen zijn de droge-stofproductie en de N-opname door het gewas niet gemeten.

De resultaten van GI-Hoog, GI-Laag en de praktijkpercelen kunnen per afzonderlijk jaar en gewas niet statistisch worden beoordeeld, omdat ze niet in herhalingen lagen. Het is wel mogelijk om de verschillende opeenvolgend jaren als herhalingen te beschouwen en te analyseren of de gemiddelde resultaten over de jaren heen significant van elkaar verschillen. Voor de statistische analyse is het programma Genstat gebruikt.

## 3 Resultaten

### 3.1 Weersbeschrijving van de proefjaren

De lente van 2005 was zacht, aan de zonnige kant en kende een normale hoeveelheid neerslag. In de zomer wisselden droge, warmere perioden en koelere, natte perioden elkaar af. Over het geheel was de zomer aan de natte kant. De herfst was zacht, zonnig en droog. De winter van 2005/2006 was aan de koude kant, zonnig en droog.

De lente van 2006 was zonnig en aan de natte kant. Zachte perioden, koudere perioden, zonnige, warme perioden en nattere, sombere perioden wisselden elkaar af. Juni en juli waren zeer zonnig, heet en zeer droog. Augustus was daarentegen koel, zeer somber en zeer nat. De herfst was zeer zacht, zeer zonnig en vrij droog. De winter van 2006/2007 was zeer zacht, zeer nat en somber.

Het voorjaar van 2007 was warm en zonnig. Ook juni was warm en juli was vrij koel. Verder waren de maanden mei, juni en juli nat tot zeer nat. Augustus, september en oktober hadden een normale temperatuur voor de tijd van het jaar. Augustus was droog en september had een vrijwel normale hoeveelheid neerslag. Oktober en november waren vrij droog. De winter van 2007/2008 was zeer zacht, zeer zonnig en had een normale hoeveelheid neerslag.

Het voorjaar van 2008 was zacht en zonnig. Het begon nat in maart, maar april, mei en juni waren droger dan normaal. Mei was zeer warm en ook juni was warmer dan normaal. Juli was een warme, natte maand en augustus was nat en somber. De herfst was zonnig en met een normale temperatuur voor de tijd van het jaar. September was droger dan normaal, oktober natter en in november viel een normale hoeveelheid neerslag. De winter van 2008/2009 was koud, zonnig en droog.

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. De herfst van 2009 was zeer zacht en aan de zonnige kant. September was een vrij droge maand, oktober kende een normale hoeveelheid neerslag en november was nat. De winter van 2009/2010 was koud en kende een normale hoeveelheid neerslag en zonneschijn.

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. In november wisselden zachte en vrij koude tijdvakken elkaar af en er viel in die maand een normale hoeveelheid neerslag voor de tijd van het jaar. De winter was vrij koud en vrij droog met een normale hoeveelheid zonnenschijn.

### 3.2 Bemesting en marktbaar opbrengst

In deze paragraaf zijn per gewas en jaar de marktbaar opbrengst en kwaliteit weergegeven en de totale werkzame stikstofgift, gebaseerd op de technische N-werking van organische mest. Met technische N-werking wordt bedoeld: de berekende N-werking op basis van de samenstelling en toedieningsmethode van de mest, de mestsoort, het toedieningstijdstip en de stikstofopnameperiode van het gewas. Dit is een verfijndere methode dan hantering van de forfaitaire werkingscoëfficiënten uit het gebruiksnormenstelsel. Ook zijn weergegeven: de N-totaalgift uit organische mest, de kunstmest-N-gift en de aanvoer van werkzame stikstof volgens de criteria van het gebruiksnormenstelsel. Daartoe zijn voor de gebruikte organische mest de forfaitaire werkingscoëfficiënten gehanteerd die vanaf 2010 gelden voor toepassing op zandgrond: 70% voor varkensdrijfmest, 60% voor runderdrijfmest en 10% voor groencompost.

Verder is de totale fosfaatgift uit organische mest en kunstmest weergegeven. Veelal is deze gelijk aan de fosfaataanvoer die moet worden geteld voor de fosfaatgebruiksnorm. Enkel bij gebruik van groencompost (in systeem GI-Hoog) mag de fosfaataanvoer uit compost voor de helft worden meegeteld ingevolge de wettelijk, gedeeltelijke vrijstelling voor de fosfaataanvoer via compost van plantaardige oorsprong. Voor die situatie zijn zowel de werkelijke als de forfaitaire fosfaataanvoer weergegeven.

In 2005 traden geen visuele verschillen op in gewasontwikkeling tussen de systemen GI-Hoog en GI-Laag. In de jaren 2006 t/m 2009 ontwikkelde het loof van de aardappelen en de bieten zich bij GI-Laag zich minder fors en was lichter groen van kleur dan bij GI-Hoog. In sommige jaren bleef bij de aardappelen het loof bij GI-Laag langer groen, c.q. stierf het gewas later af.

### 3.2.1 Consumptieaardappel

De marktbaar opbrengst van consumptieaardappel was in 2005 bij GI-Hoog en GI-Laag gelijk. In 2006 t/m 2008 was deze bij GI-Laag lager, maar in 2009 en 2010 daarentegen aanmerkelijk hoger (tabel 1). Gemiddeld over de zes jaar was er geen sprake van een significant opbrengstverschil tussen de twee systemen. De opbrengst op de praktijkpercelen was elk jaar hoger dan die in NWP en dit was gemiddeld over de zes jaar wel een significant verschil.

Tabel 1. **Marktbaar opbrengst, onderwatergewicht en bemestingsgegevens van consumptieaardappel bij de NWP-systemen GI-Hoog, GI-Laag en op de praktijkpercelen van proefboerderij Vredepeel**

Jaar	Marktbaar opbrengst (ton/ha)			Onderwatergewicht (gram)			Totale werkzame N-gift (kg N/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	50,6	50,5	55,9	428	430	449	260	260	157
2006	48,8	47,0	57,5	408	403	400	268	261	255
2007	50,0	47,9	59,9	450	433	430	236	243	249
2008	44,0	40,0	58,3	424	428	454	247	293	256
2009	50,9	61,7	72,7	395	387	384	288	292	248
2010	58,9	71,4	70,2	369	386	398	241	250	218
gem.	50,5	53,1	62,4	412	411	419	257	267	230

Jaar	N-totaal uit org. mest (kg N/ha) <sup>1</sup>			Kunstmest-N (kg N/ha)			Totale N-aanvoer mest (kg N/ha) <sup>2</sup>		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	182	0	156	115	260	32	297	260	188
2006	196	0	166	190	261	124	386	261	290
2007	143	0	179	125	243	119	268	243	298
2008	119	0	189	151	293	103	270	293	292
2009	169	0	151	151	292	135	320	292	286
2010	124	0	124	145	250	122	269	250	246
gem.	156	0	161	146	267	106	302	267	267

Jaar	N-forfaitair org. mest (kg N/ha) <sup>3</sup>			Totale forfaitair N-gift (kg N/ha) <sup>4</sup>			Totale fosfaatgift (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	127	0	109	242	260	141	102	0	96
2006	137	0	116	327	261	240	87	0	108
2007	100	0	115	225	243	234	101	0	76
2008	83	0	132	234	293	235	67	0	108
2009	118	0	105	269	292	240	104	0	89
2010	87	0	87	232	250	209	88	0	88
gem.	109	0	111	255	267	217	92	0	94

<sup>1</sup> aanvoer van N-totaal uit organische mest

<sup>2</sup> aanvoer van N-totaal uit organische mest en kunstmest opgeteld

<sup>3</sup> forfaitaire aanvoer werkzame stikstof uit organische mest voor de stikstofgebruiksnorm

<sup>4</sup> forfaitaire aanvoer werkzame stikstof uit organische mest en kunstmest voor de stikstofgebruiksnorm

Per jaar waren er verschillen in onderwatergewicht (OWG; een kwaliteitsmaatstaaf) tussen de drie objecten, maar er zat geen structureel effect in. Gemiddeld over de zes jaar waren de verschillen in OWG tussen GI-Hoog, GI-Laag en de praktijkpercelen niet significant.

De totale werkzame N-gift was op de praktijkpercelen niet hoger, maar door de bank genomen zelfs lager dan in NWP. Bij GI-Laag is gemiddeld genomen iets meer bemest (op basis van een N-bijmeststelsel) dan bij GI-Hoog. De aanvoer van N-totaal uit organische mest was op de praktijkpercelen niet significant hoger dan bij GI-Hoog. De aanvoer van N-totaal uit organische mest en kunstmest tezamen was gemiddeld lager. De fosfaatgift op de praktijkpercelen en GI-Hoog verschilde ook niet significant gemiddeld over de jaren. Uit regressieanalyse bleek dat er geen (significante) relatie was tussen de opbrengst en de stikstof- of fosfaatbemesting.

De voorvrucht betrof bij NWP steeds suikerbiet. Op de praktijkpercelen betrof dit stamslaboon in 2005, maïs in 2006, suikerbiet of maïs in 2007, suikerbiet in 2008 en 2010 en maïs in 2009. Of de voorvrucht een effect had op de opbrengst, kan niet worden opgemaakt.

De totale forfaitaire stikstofgift volgens de gebruiksnormcriteria was op de praktijkpercelen lager dan op de NWP-percelen. In 2005 t/m 2008 is het aardappelras Saturna geteeld. Hiervoor geldt een gebruiksnorm op zand van 245 kg N per ha in 2010/2011 en 235 kg N per ha in 2012/2013. In 2009 werd het ras Marlen geteeld en in 2009 het ras Fontane. Voor beide geldt de hoge norm op zand van 270 kg N per ha in 2010/2011 en 260 kg N per ha in 2012/2013.

### 3.2.2 Suikerbiet

De netto-wortelopbrengst van de suikerbieten was in de jaren 2005 t/m 2008 bij GI-Laag lager dan bij GI-Hoog, maar in 2009 en 2010 juist hoger (tabel 2). Het suikergehalte was nagenoeg gelijk. De suikeropbrengst was gemiddeld over alle jaren bij GI-Hoog wat hoger dan bij GI-Laag, maar dit verschil was niet significant. Er was ook geen significant verschil in winbaarheid, noch in tarragehalte.

Op de praktijkpercelen is meer N-totaal via dierlijke mest toegediend en meer werkzame stikstof dan op de NWP-percelen. De wortelopbrengst was doorgaans hoger dan in NWP, maar het suikergehalte lager. De suikeropbrengst was in de jaren 2006 t/m 2009 hoger dan in NWP, maar in 2005 en 2010 lager.

Gemiddeld over de jaren verschilde de suikeropbrengst niet significant van die op de NWP-percelen. De winbaarheid op de praktijkpercelen was iets lager. Gemiddeld over de jaren was dit een significant verschil. Het percentage tarra verschilde niet significant van NWP. De fosfaataanvoer op de praktijkpercelen en bij GI-Hoog verschilde weinig en was gemiddelde over de jaren nagenoeg gelijk.

Uit regressieanalyse bleek dat er geen (significante) relatie was tussen de suikeropbrengst en de stikstof- of fosfaatbemesting.

De voorvrucht betrof bij NWP jaarlijks maïs. Op de praktijkpercelen betrof dit aardappel in 2005, gerst in 2006, maïs in 2007, 2008 en 2010 en stamslaboon in 2009. Of de voorvrucht een effect had op de opbrengst, kan niet worden opgemaakt.

De totale forfaitaire stikstofgift volgens de gebruiksnormcriteria was op de praktijkpercelen hoger dan op de NWP-percelen. Voor suikerbieten op zand geldt een gebruiksnorm van 145 kg N per ha in 2010/2011 alsook in 2012/2013.

Tabel 2. **Opbrengst, kwaliteit en bemestingsgegevens van suikerbiet bij de NWP-systemen GI-Hoog, GI-Laag en op de praktijkpercelen van proefboerderij Vredepeel**

Jaar	Netto wortelopbrengst (ton/ha)			Suikergehalte (%)			Suikeropbrengst (ton/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	64,0	62,6	65,8	19,2	19,1	17,4	12,7	12,0	11,4
2006	69,9	64,1	73,1	17,5	17,5	16,2	11,7	11,2	11,8
2007	66,0	59,7	80,7	17,3	17,1	17,4	11,4	10,2	14,0
2008	76,4	74,5	81,3	18,6	18,6	18,0	14,2	13,9	14,6
2009	81,4	82,2	98,4	18,1	17,8	17,2	14,7	14,6	16,9
2010	84,1	86,3	71,7	18,2	18,2	16,5	15,3	15,7	11,8
gem.	73,6	71,6	78,5	18,2	18,1	17,1	13,3	12,9	13,4

Tabel 2. **Vervolg**

Jaar	Winbaarheidsindex			Totale werkzame N-gift (kg N/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	93,2	93,2	91,2	145	145	167
2006	91,6	92,7	89,8	137	149	181
2007	93,0	92,6	92,1	152	162	168
2008	92,7	93,1	92,2	168	171	165
2009	92,5	92,3	92,3	151	159	220
2010	92,5	92,5	91,0	159	160	154
gem.	92,6	92,7	91,4	152	158	176

Jaar	N-totaal uit org. mest (kg N/ha)			Kunstmest-N (kg N/ha)			Totale N-aanvoer mest (kg N/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	176	0	200	0	145	47	176	145	247
2006	166	0	180	0	149	41	166	149	221
2007	143	0	165	41	162	41	184	162	206
2008	119	0	275	68	171	0	187	171	275
2009	144	0	149	30	159	95	174	159	244
2010	124	0	119	59	160	59	183	160	178
gem.	145	0	181	33	158	47	178	158	229

Jaar	N-forfaitair org. mest (kg N/ha)			Totale forfaitair N-gift (kg N/ha)			Totale fosfaatgift (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	123	0	120	123	145	167	98	0	64
2006	116	0	126	116	149	167	108	0	108
2007	100	0	116	141	162	157	101	0	109
2008	83	0	165	151	171	165	67	0	88
2009	101	0	104	131	159	199	28	0	29
2010	87	0	83	146	160	142	88	0	88
gem.	102	0	119	135	158	166	82	0	81

### 3.2.3 Triticale en gerst

De korrelopbrengst van triticale verschilde in 2005, 2006 en 2008 niet of nauwelijks tussen de NWP-systemen GI-Hoog en GI-Laag (tabel 3). In 2007 en 2009 was de opbrengst bij GI-Laag lager dan bij GI-Hoog. Gemiddeld over de jaren was de opbrengst bij GI-Hoog wat hoger dan bij GI-Laag, maar dit verschil was niet significant. In 2010 is geen triticale geteeld op de NWP-percelen. De stikstofgift in beide systemen (alleen kunstmest) was gelijk; enkel in 2009 was deze bij GI-Hoog 10 kg N/ha hoger.

De korrelopbrengst op de praktijkpercelen was in vier van de vijf jaar hoger dan in NWP en gemiddeld over de jaren was deze significant hoger. De stikstofgift was vrijwel gelijk aan die van NWP. Enkel in 2007 was deze hoger dan in NWP. De opbrengstverschillen zijn geen gevolg van de hoogte van de stikstofgift. Er is op de praktijkpercelen, evenals in NWP geen fosfaat aan de triticale gegeven.

De vaste voorvrucht bij NWP was aardappel. Op de praktijkpercelen betrof dit stamslaboon in 2005, suikerbiet in 2006, aardappel in 2007 en 2008 en stamslaboon in 2009. Opmerkelijk is dat in 2007, toen de voorvrucht ook aardappel was evenals in NWP, de triticale-opbrengst niet hoger was dan bij het NWP-systeem GI-Hoog. Op basis van deze eenmalige ervaring is moeilijk te zeggen of dit een voorvruchteffect is of dat het toeval is geweest. Aardappel staat niet bekend als een slechte voorvrucht voor triticale. Vanuit het oogpunt van plantparasitaire aaltjes zijn geen problemen te verwachten (bron: [www.aaltjesschema.nl](http://www.aaltjesschema.nl)).

De korrelopbrengst van zomergerst in 2009 was bij alle drie de objecten zo goed als gelijk (tabel 4). De stikstofgift (kunstmest) was ook gelijk. Er is geen fosfaat bemest.

De stikstofgift volgens de gebruiksnormen criteria is gelijk aan de totale werkzame gift die is vermeld in de tabellen 3 en 4. Voor triticale op zand geldt in 2010-2013 een gebruiksnorm van 150 kg N per ha en voor zomergerst op zand 80 kg N per ha.



Tabel 3. **Korrelopbrengst (bij 15,5% vocht) en bemestingsgegevens van triticale bij de NWP-systemen GI-Hoog, GI-Laag en op de praktijkpercelen van proefboerderij Vredepeel**

Jaar	Korrelopbrengst (ton/ha)			Totale werkzame N-gift (kg N/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	6,2	6,2	7,2	181	181	181
2006	5,9	5,9	7,2	171	171	170
2007	7,0	6,2	6,4	141	140	170
2008	6,4	6,3	8,2	198	198	189
2009	7,4	6,2	9,3	171	181	177
gem.	6,6	6,2	7,7	172	174	177

Tabel 4. **Korrelopbrengst (bij 15,5% vocht) en bemestingsgegevens van zomergerst bij de NWP-systemen GI-Hoog, GI-Laag en op de praktijkpercelen van proefboerderij Vredepeel**

Jaar	Korrelopbrengst (ton/ha)			Totale werkzame N-gift (kg N/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2009	7,6	7,7	7,7	90	90	90

### 3.2.4 Doperwt (vroeg teelt)

De opbrengst van de vroege teelt doperwt op de NWP-percelen was het ene jaar hoger bij GI-Hoog en het andere jaar bij GI-Laag (tabel 5). De opbrengsten zijn gecorrigeerd voor de hardheid c.q. rijpheid van de erwten (uitgedrukt via het zogenoemde TM-getal) en uitgedrukt bij een TM-getal van 120. In 2006 en 2009 was de werkelijke opbrengst bij GI-Hoog hoger was dan bij GI-Laag, maar was ook het TM-getal een stuk hoger, waardoor de gecorrigeerde opbrengst (bij dezelfde rijpheid) lager was. Het betekent dat de erwten bij GI-Hoog enkele dagen verder waren in ontwikkeling en eerder hadden kunnen worden geoogst. Ze zijn bij beide systemen op hetzelfde moment geoogst. Gemiddeld over de jaren was de opbrengst bij GI-Hoog hoger dan bij GI-Laag, maar het verschil was niet significant.

De erwtenopbrengst op de praktijkpercelen was niet hoger dan die op de NWP-percelen (bij TM-getal 120) en gemiddeld over de jaren ook niet significant verschillend.

Om een beeld te krijgen van de daadwerkelijke productie, is ook de droge-stofopbrengst van de NWP-percelen weergegeven in tabel 5. Deze was in alle jaren bij GI-Hoog hoger dan bij GI-Laag. Op de praktijkpercelen is de droge-stofopbrengst niet vastgesteld.

De werkzame stikstofgift was gemiddeld bij GI-Hoog wat hoger dan bij GI-Laag en op de praktijkpercelen gemiddeld wat hoger dan bij NWP met verschillen tussen de jaren. In de jaren 2007 t/m 2009 is in GI-Hoog veel N-totaal uit organische mest aangevoerd door toediening van groencompost voor de erwten teelt. Op de NWP-percelen is meer fosfaat aangevoerd dan op de praktijkpercelen.

Uit regressieanalyse bleek dat er geen (significante) relatie was tussen de erwtenopbrengst (bij TM 120) en de stikstof- of fosfaatbemesting.

De vaste voorvrucht op de NWP-percelen was lelie. Op de praktijkpercelen was dit suikerbiet in 2005, lelie in 2006, maïs in 2008 en gerst in 2009. Of de voorvrucht een effect had op de opbrengst, kan niet worden opgemaakt.

De totale forfaitaire stikstofgift volgens de gebruiksnormcriteria was op de praktijkpercelen gemiddeld wat hoger dan op de NWP-percelen, maar het verschilde per jaar. Voor doperwt op zand geldt een gebruiksnorm van 30 kg N per ha in 2010-2013.

Tabel 5. **Marktbare opbrengst (bij TM-getal 120) en bemestingsgegevens van doperwt bij de NWP-systemen GI-Hoog en GI-Laag op proefboerderij Vredepeel**

Jaar	Marktbare opbrengst (ton/ha)			Drogestofopbrengst (ton/ha)		Totale werkzame N-gift (kg N/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	8,0	6,5	7,4	0,94	0,85	41	41	84
2006	5,2	6,4	4,1	1,55	1,38	41	41	57
2007	5,1	4,8	*	1,40	1,31	43	41	*
2008	5,0	4,7	5,3	1,32	1,24	82	35	63
2009	4,9	7,3	5,2	1,34	1,04	63	70	49
gem.	5,6	5,9	5,5	1,31	1,16	54	46	63

Jaar	N-totaal uit org. mest (kg N/ha)			Kunstmest-N (kg N/ha)			Totale N-aanvoer mest (kg N/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	0	0	76	41	41	31	41	41	107
2006	0	0	82	41	41	0	41	41	82
2007	147	0	*	27	41	*	174	41	*
2008	212 <sup>1</sup>	0	83	0	35	0	212	35	83
2009	170 <sup>2</sup>	0	72	0	70	0	170	70	72
gem.	106	0	78	22	46	8	128	46	86

Jaar	N-forfaitair org. mest (kg N/ha)			Totale forfaitair N-gift (kg N/ha)			Totale fosfaatgift (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	0	0	53	41	41	84	86	86	43
2006	0	0	57	41	41	57	54	86	55
2007	15	0	*	42	41	*	93 (47) <sup>3</sup>	81	*
2008	74	0	58	74	35	58	106 (78) <sup>3</sup>	106	45
2009	62	0	51	62	70	51	65 (40) <sup>3</sup>	122	41
gem.	30	0	55	52	46	63	81 (61) <sup>3</sup>	96	46

<sup>1</sup> waarvan 124 kg N per ha uit groencompost en 88 kg N per ha uit varkensdrijfmest

<sup>2</sup> waarvan 95 kg N per ha uit groencompost en 75 kg N per ha uit varkensdrijfmest

<sup>3</sup> tussen haakjes: de forfaitaire fosfaataanvoer voor de gebruiksnorm

### 3.2.5 Winterprei

Op de praktijkpercelen van Vredepeel is geen prei geteeld. Daarom is alleen de vergelijking tussen de NWP-systemen GI-Hoog en GI-Laag weergegeven.

De marktbaar opbrengst van de winterprei was in vier van de zes jaar bij GI-Hoog hoger dan bij GI-Laag (tabel 6). In deze jaren (2005, 2007, 2008 en 2009) is bij GI-Hoog een plantgatbemesting met ammoniumpolyfosfaat (APP) toegepast. Dit bevorderde de begingroei sterk, maar later in de zomer nivelleerde het groeiverschil. De indruk is dat het bij oogst tot een geringe meeropbrengst heeft geleid, maar door verstremeling met andere groeifactoren kan dit niet goed worden bepaald. In 2007 is fosfaat aangegoten bij GI-Laag en toen was er geen opbrengstverschil tussen de beide systemen. In 2010 is in beide systemen geen fosfaat aangegoten en was de marktbaar opbrengst bij GI-Laag iets hoger dan bij GI-Hoog. Dit was een gevolg van een hoger percentage bladafval bij GI-Hoog na het schonen van de prei. De bruto-opbrengst in beide systemen was gelijk.

In 2005, 2008 en 2010 was de marktbaar opbrengst van de winterprei laag door vorst in de winter. In 2005 en 2008 was dit een gevolg van vochtverlies in de winter. Vochtverlies treedt op door vorst, waardoor het versgewicht daalt. De bruto droge-stofopbrengst was niet lager (vergelijk figuur 2-7 en 2-8 in bijlage 2). Na de winter van 2010/2011 was de droge-stofopbrengst wel lager.

De kwaliteit (percentage van de opbrengst in klasse 1) was bij GI-Laag gelijk tot iets hoger dan bij GI-Hoog. Gemiddeld over de jaren waren de verschillen in marktbaar opbrengst en kwaliteit niet significant.

De werkzame stikstofgift was het ene jaar bij GI-Hoog wat hoger en het andere jaar bij GI-Laag. Gemiddeld over de zes jaar was de werkzame N-gift bij beide systemen gelijk. De forfaitaire stikstofgift volgens de

gebruiksnormcriteria was bij GI-Hoog gemiddeld iets lager dan bij GI-Laag. Voor prei op zand geldt een gebruiksnorm van 235 kg N per ha in 2010/2011 en 225 kg N per ha in 2012/2013. De prei in NWP kon profiteren van de stikstofnalevering uit het achtergebleven erwtenloof, waardoor met een relatief lage stikstofbemesting kon worden volstaan.

Tabel 6. **Marktbare opbrengst, percentage in klasse 1 en bemestingsgegevens van winterprei bij de NWP-systemen GI-Hoog en GI-Laag op proefboerderij Vredepeel**

Jaar	Marktbare opbrengst (ton/ha)		Klasse 1 (%)		Totale werkzame N-gift (kg N/ha)	
	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag
2005	29,0	26,0	67	79	98	115
2006	32,0	32,0	96	97	264	256
2007	35,9	30,7	95	94	162	165
2008	24,8	21,8	30	39	180	150
2009	39,9	35,0	97	95	165	155
2010	26,0	27,4	95	96	183	211
gem.	31,3	28,8	80	83	175	175

Jaar	N-totaal uit org. mest (kg N/ha)		Kunstmest-N (kg N/ha)		Totale N-aanvoer mest (kg N/ha)	
	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag
2005	0	0	98	115	98	115
2006	111	0	192	256	303	256
2007	0	0	162	165	162	165
2008	0	0	180	150	180	150
2009	100	0	80	155	180	155
2010	124	0	81	211	205	211
gem.			132	175	188	175

Jaar	N-forfaitair org. mest (kg N/ha)		Totale forfaitair N-gift (kg N/ha)		Totale fosfaatgift (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	
	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag
2005	0	0	98	115	23 <sup>1</sup>	0
2006	67	0	259	256	48	26 <sup>1</sup>
2007	0	0	162	165	26 <sup>1</sup>	0
2008	0	0	180	150	31 <sup>1</sup>	0
2009	70	0	150	155	49 <sup>2</sup>	0
2010	87	0	168	211	88	0
gem.			169	175	35	

<sup>1</sup> plantgatbemesting met ammoniumpolyfosfaat

<sup>2</sup> waarvan 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha als plantgatbemesting

### 3.2.6 Snijmaïs

De droge-stofopbrengst van snijmaïs in NWP was het ene jaar het hoogst bij GI-Hoog en het andere jaar bij GI-Laag. Gemiddeld over alle jaren was er geen significant verschil tussen beide. Door toepassing van volledige stikstofrijenbemesting in systeem GI-Laag is in de jaren 2006 t/m 2009 gemiddeld bijna 20% werkzame stikstof bespaard ten opzichte van GI-Hoog. In GI-Hoog is de runderdrijfmest (RDM) volvelds toegediend en is een kleine aanvullende gift met KAS in de rij gegeven. In 2005 is ook de RDM als rijenbemesting toegediend, maar die toediening is niet goed geslaagd, wat resulteerde in slechtere groei en lagere opbrengst.

De praktijkopbrengst maïs van Vredepeel was beduidend (en significant) hoger dan in NWP. De stikstofaanvoer uit mest en de fosfaatgift waren op de praktijkpercelen hoger dan in GI-Hoog en ook de werkzame N-gift was aanmerkelijk hoger, behalve in 2010. Toch was in 2010 de droge-stofopbrengst wel hoger dan op de NWP-percelen. Het staat daarom niet met zekerheid vast dat er een relatie is tussen de werkzame N-gift en de opbrengst. Ook van fosfaat staat dit niet vast. Bij GI-Laag is immers geen fosfaat toegediend aan de maïs en de opbrengst was hier gemiddeld genomen niet lager dan bij GI-Hoog. Uit regressieanalyse

kwam geen significante relatie tussen de droge-stofopbrengst en de stikstof- of fosfaatbemesting naar voren.

De totale forfaitaire stikstofgift volgens de gebruiksnormcriteria was op de praktijkpercelen gemiddeld wat hoger dan op de NWP-percelen. Voor snijmaïs op zand geldt een gebruiksnorm van 150 kg N per ha in 2010/2011 en 140 kg N per ha in 2012/2013.

Tabel 7. **Drogestofopbrengst en bemestingsgegevens van snijmaïs bij de NWP-systemen GI-Hoog, GI-Laag en op de praktijkpercelen van proefboerderij Vredepeel**

Jaar	Drogestofopbrengst (ton/ha)			Totale werkzame N-gift (kg N/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	13,7	15,2	18,3	117	120	185
2006	12,6	12,9	16,5	149	120	172
2007	13,8	15,3	*	171	120	*
2008	17,1	17,1	*	145	120	*
2009	16,9	18,1	18,0	151	120	181
2010	16,9	16,1	18,4	136	120	139
gem. <sup>1</sup>	15,0	15,6	17,8	138	120	169
gem. <sup>2</sup>	15,2	15,8		145	120	

Jaar	N-totaal uit org. mest (kg N/ha)			Kunstmest-N (kg N/ha)			Totale N-aanvoer mest (kg N/ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	133	0	197	38	120	27	171	120	224
2006	199	0	166	27	120	41	226	120	207
2007	175	0	*	53	120	*	228	120	*
2008	147	0	*	59	120	*	206	120	*
2009	196	0	245	38	120	41	234	120	286
2010	180	0	225	47	120	27	227	120	252
gem. <sup>1</sup>	177	0	208	38	120	34	215	120	242
gem. <sup>2</sup>	172	0		44	120		215	120	

Jaar	N-forfaitair org. mest (kg N/ha)			Totale forfaitair N-gift (kg N/ha)			Totale fosfaatgift (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)		
	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk	GI-Hoog	GI-Laag	Praktijk
2005	80	0	138	118	120	165	46	0	113
2006	119	0	116	146	120	157	86	0	108
2007	105	0	*	158	120	*	68	0	*
2008	88	0	*	147	120	*	57	0	*
2009	118	0	147	156	120	188	82	0	102
2010	108	0	135	155	120	162	65	0	82
gem. <sup>1</sup>	106	0	134	144	120	168	70	0	101
gem. <sup>2</sup>	103	0		147	120		76	0	

<sup>1</sup> gemiddelde van 2005, 2006, 2009 en 2010

<sup>2</sup> gemiddelde van 2005 t/m 2010

### 3.3 N-opname en opbrengst NWP-systemen

In NWP is jaarlijks per gewas de N-opname gemeten. Door de marktbaar opbrengst dan wel de droge-stofopbrengst uit te zetten tegen de N-opname door het gewas, kan een beeld worden verkregen of de verschillen in opbrengst wel of niet samenhangen met een verschil in N-opname. Als dat niet het geval is, hebben de opbrengstverschillen een andere oorzaak. In bijlage 2 zijn per gewas de marktbaar opbrengst en de droge-stofopbrengst uitgezet tegen de stikstofopname.

Vaak ging een hogere N-opname samen met een hogere opbrengst, met name wat betreft de droge-

stofopbrengst. In een aantal gevallen ging het echter niet samen. De hogere opbrengst kan dus een gevolg zijn geweest van een hogere N-opname, maar niet altijd.

De werkzame-stikstofgift verschilde weinig tussen de twee NWP-systemen en is ook steeds afgestemd op de aanvoer van werkzame stikstof uit andere bronnen (zie paragraaf 2.2.2), waardoor de aanvoer van totaal werkzame stikstof in beide systemen niet wezenlijk zal verschillen. Desondanks traden er wel verschillen in N-opname op (zie bijlage 2), die soms aanzienlijk groot waren. Dit kan duiden op een verschil in bodem-mineralisatie (waar in het bemestingsplan niet vanuit is gegaan) of een verschil in benutting van de beschikbare stikstof door het gewas.

### 3.4 Vergelijking NWP-percelen

Om een vergelijking tussen de NWP-percelen te kunnen maken zijn de droge-stofopbrengstcijfers en de N-opnamecijfers per gewas geïndexeerd. De indexcijfers per perceel per jaar zijn weergegeven in de tabellen 9 en 10. In tabel 8 is weergegeven welk gewas in welk jaar op een bepaald perceel is geteeld. De jaarlijks wisselende productiever verschillen per gewas tussen GI-Hoog en GI-Laag zijn grotendeels toe te schrijven aan het perceel waarop de gewassen zijn geteeld. Op perceel 16 was de productie bij GI-Laag duidelijk lager dan bij GI-Hoog en vaak ook op perceel 26. In mindere mate geldt dit ook voor perceel 28. In 2005 was op perceel 28 de productie van maïs lager bij GI-Hoog, doordat de rijenbemesting met RDM niet goed was geslaagd (paragraaf 3.2.6). In 2006 en 2007 was de productie bij GI-Laag lager en in 2008, 2009 en 2010 was deze (bijna) gelijk.

Ook de stikstofopname was op de percelen 16 en 26 bij GI-Laag lager dan bij GI-Hoog. In bijlage 3 is het indexcijfer van de droge-stofopbrengst grafisch uitgezet tegen het indexcijfer van de N-opname. Op alle percelen was de tendens aanwezig dat een hogere N-opname veelal gepaard ging met een hogere droge-stofproductie. Daarbij was er geen duidelijk niveauverschil in droge-stofproductie tussen de systemen GI-Hoog en GI-Laag. Het productiever verschil tussen GI-Hoog en GI-Laag op de percelen 16 en 26 lijkt daardoor een gevolg van een verschil in N-opname door het gewas.

Tabel 8. **Gewas per perceel per jaar op de NWP-percelen te Vredepeel**

Jaar	16.1	17.1	18.1	26.1	27.1	28.1
2005	suikerbiet	lelie	triticale	erwt + prei	aardappel	snijmaïs
2006	aardappel	erwt + prei	lelie	snijmaïs	triticale	suikerbiet
2007	triticale	snijmaïs	erwt + prei	suikerbiet	lelie	aardappel
2008	lelie	suikerbiet	snijmaïs	aardappel	erwt + prei	triticale
2009	erwt + prei	aardappel	suikerbiet	triticale	snijmaïs	zomergerst
2010	snijmaïs	stamslaboon	aardappel	zomergerst	suikerbiet	erwt + prei

Tabel 9. **Indexcijfer drogestofopbrengst per perceel per jaar van de NWP-percelen te Vredepeel**

Jaar	16.1		17.1		18.1		26.1		27.1		28.1		28.a
	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	
2005	84	78	*	*	88	88	89	82	96	101	86	95	
2006	89	86	84	79	*	*	79	81	85	85	113	106	
2007	97	86	86	96	96	92	85	71	*	*	102	95	
2008	*	*	97	95	107	107	80	86	98	89	92	91	
2009	85	66	88	103	102	110	102	86	106	113	109	109	
2010	106	100	*	*	94	117	*	*	108	110	36 <sup>1</sup>	35 <sup>1</sup>	

<sup>1</sup> gebaseerd op alleen de drogestofopbrengst van winterprei

Tabel 10. **Indexcijfer N-opname per perceel per jaar van de NWP-percelen te Vredepeel**

Jaar	16.1	16.2	17.1	17.2	18.1	18.2	26.1	26.2	27.1	27.2	28.1	28.2
	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag
2005	84	75	*	*	95	95	108	98	95	118	79	94
2006	104	92	99	96	*	*	96	87	103	103	105	93
2007	101	83	83	102	95	87	89	90	*	*	113	118
2008	*	*	128	118	122	98	89	88	101	89	94	108
2009	99	90	108	119	128	140	132	104	110	113	100	105
2010	124	103	*	*	99	127	*	*	91	101	62 <sup>1</sup>	88 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> gebaseerd op allen de opbrengst van winterprei

In tabel 11 is een aantal indicatoren van de bodemvruchtbaarheid van de NWP-percelen weergegeven, die zijn gemeten door Blgg te Oosterbeek in het kader van het landbouwkundig bodemvruchtbaarheids-onderzoek. Deze leveren geen aanknopingspunten op die kunnen verklaren waarom er op de percelen 16 en 26 een structureel verschil was tussen GI-Hoog en GI-Laag en op de andere percelen niet.

In 2004 is door de Soil Company ([www.soilcompany.nl](http://www.soilcompany.nl)) met een bodemsensor de variabiliteit van het geïntegreerd grootschalige systeem in kaart gebracht. De variabiliteit op de percelen bleek over het algemeen laag te zijn. Enkel het organische-stofgehalte varieert pleksgewijs enigszins. De textuur van de percelen is vrij gelijk.

De ervaring op proefboerderij Vredepeel is dat de percelen 16 en 26 wat droger zijn dan de andere percelen, waardoor eerder vochtgebrek optreedt in de gewassen, en dat ze stuifgevoeliger zijn.

Tabel 11. **Gegevens uit het bodemvruchtbaarheidsonderzoek op de NWP-percelen te Vredepeel**

Indicator	16.1	16.2	17.1	17.2	18.1	18.2	26.1	26.2	27.1	27.2	28.1	28.2
	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag	GI-Hoog	GI-Laag
O.S.% <sup>1</sup>	3,3	3,7	3,3	3,4	3,8	3,5	3,6	3,0	3,2	3,8	3,6	3,3
N-totaal <sup>2</sup>	1020	1260	910	670	970	1090	820	580	690	1130	720	1120
C/N <sup>3</sup>	22	18	18	23	21	22	25	23	26	21	27	21
Pw <sup>4</sup>	55	35	40	30	45	40	40	35	45	30	45	30
CEC <sup>5</sup>	50	55	45	34	50	50	58	33	47	56	43	51

<sup>1</sup> Organische-stofgehalte, gemiddelde van 2004 t/m 2010

<sup>2</sup> N-totaalgehalte in de bodem, gemeten in 2008 (mg/kg)

<sup>3</sup> C/N-verhouding in de bodem, gemeten in 2008

<sup>4</sup> Gemiddelde van 2004 t/m 2010

<sup>5</sup> Kationenomwisselcapaciteit, gemeten in 2008

## 4 Discussie

De marktbaar opbrengst van consumptieaardappel in NWP was in de jaren 2005 t/m 2010 gemiddeld 17% lager dan op de praktijkpercelen van Vredepeel. De droge-stofopbrengst van snijmais was gemiddeld 14% lager in NWP en de korrelopbrengst van triticale was 13% lager. De opbrengstverschillen kunnen niet worden verklaard uit de stikstof- en fosfaatbemesting. De fosfaattoestand van de bodem op de praktijkpercelen zal hoger zijn geweest dan op de NWP-percelen, maar deze was op de NWP-percelen ruim voldoende en dit verschil leidt niet tot de voornoemde relatief grote opbrengstverschillen, temeer daar triticale bijvoorbeeld geen fosfaatbehoefstig gewas is.

De suikeropbrengst van bieten en de opbrengsten van doperwt en van zomergerst (alleen vergeleken in 2009) bleven in NWP niet achter bij die van de praktijkpercelen. Waarom de opbrengst van het ene gewas wel achterbleef in NWP en van het andere niet, is niet helemaal duidelijk.

Op de NWP-percelen traden ook opbrengstverschillen op tussen de systemen GI-Hoog en GI-Laag onderling. Het optreden van de opbrengstverschillen tussen de systemen vertoont geen duidelijke samenhang met de weersomstandigheden c.q. de jaarsinvloed. Wel is er een duidelijke relatie met perceel. Op de percelen 16 en 26 waren de productie en N-opname bij GI-Laag structureel lager dan bij GI-Hoog. Op de overige percelen waren de verschillen minder uitgesproken en wisselend. De suikeropbrengst van de bieten bleef bij GI-Laag veelal iets achter bij die van GI-Hoog (niet significant). Ook was de opbrengst van winterprei vaak iets lager dan bij GI-Hoog. Dit kan een gevolg zijn van de plantgatbemesting met ammoniumpolyfosfaat, waardoor het gewas een vlottere begingroei had en een hogere opbrengst behaalde.

Qua kwaliteit van de geoogste producten was er geen wezenlijk verschil tussen de NWP-systemen GI-Hoog, GI-Laag en de praktijkpercelen.

Op alle NWP-percelen was een hogere productie in mindere of meerdere mate gerelateerd aan een hogere N-opname. Dit verklaart voor een belangrijk deel ook het productieverval tussen GI-Hoog en GI-Laag op de percelen 16 en 26. Dat er verschil was in N-opname, ondanks een nagenoeg gelijke aanvoer van werkzame stikstof bij beide systemen, kan duiden op een verschil in bodemmineralisatie van stikstof of een verschil in benutting door het gewas van de beschikbare stikstof in de bodem. De opzet van systeem GI-Laag was onder meer om de bodemmineralisatie te verlagen. Vanaf ca. 2007 leek dit tot uiting te komen in een lagere Nmin-voorraad in de bodem na de winter dan bij GI-Hoog en wat hogere bijmestgiften bij toepassing van NBS in aardappel. Echter, indien de lagere productie een gevolg is van een lagere mineralisatie bij GI-Laag of van de lagere fosfaattoestand en -bemesting, dan had dit ook op andere percelen dan alleen de percelen 16 en 26 tot uiting moeten komen en dat was niet het geval. Een eventueel verschil in stikstofbenutting door het gewas kan een gevolg zijn minder goede bewortelingsmogelijkheden op het perceel of meer aantasting van de wortels door bodemgebonden ziekten en plagen. Dat laatste kan een gevolg zijn van een verminderde bodemweerbaarheid door een lagere organische-stofaanvoer. Als dit de oorzaak zou zijn van het verschil tussen GI-Hoog en GI-Laag op de percelen 16 en 26, dan blijft de vraag waarom dit op de andere NWP-percelen niet optrad. Organische-stofgehalte van de percelen, textuur en indicatoren van de chemische bodemvruchtbaarheid, geven hiervoor geen verklaring. Fysische en biologische indicatoren zijn in NWP niet onderzocht, aangezien in NWP het accent op bemesting lag en niet op bodemkwaliteit. Enige, mogelijke aanknopingspunt is de ervaring van Vredepeel dat de percelen 16 en 26 wat droogtegevoeliger en stuifgevoeliger zijn.

In 2011 is op percelen van NWP het vervolgproject "Bodemkwaliteit op zandgrond" gestart, waarin onder andere wordt gekeken naar het effect van het organische-stofmanagement op de bodemkwaliteit en de gewasgroei en -opbrengst. Ook worden uitgebreidere metingen aan de bodem gedaan dan in NWP. Mogelijk geeft dit onderzoeksproject meer duidelijkheid over de oorzaken van de opbrengstverschillen tussen de percelen.

Het verdient aanbeveling om in dat project ook aandacht te schenken aan de relatie tussen bodemkwaliteit en stikstofbenutting c.q. om na te gaan of een betere bodemkwaliteit tot een betere stikstofbenutting leidt. Een betere benutting leidt tot een lager stikstofoverschot in de bodem en daardoor potentieel tot minder stikstofverlies.

Voor het opbrengstverschil tussen de praktijkpercelen en de NWP-percelen kan ook worden gedacht aan een hogere bodemmineralisatie of betere stikstofbenutting als mogelijke verklaring. Een lagere mineralisatie of slechtere stikstofbenutting op de NWP-percelen is echter niet te compenseren door meer stikstof te bemesten. De aanvoer van werkzame stikstof zat al op het niveau van de stikstofgebruiksnorm en zal eerder nog iets moeten worden verlaagd om aan de gebruiksnormen van 2012/2013 te voldoen. Uit gegevens van het N-responsproject (Van Dijk et al., 2007) is afgeleid dat een opbrengstreductie van 17% bij consumptieaardappel op zandgrond, overeenkomt met een verschil in N-gift van meer dan 150 kg N/ha. Een opbrengstreductie van 14% bij snijmaïs op zandgrond komt overeen met een verschil in N-gift van meer dan 100 kg N/ha een reductie van 13% bij triticale met een verschil in N-gift van ca. 85 kg N /ha. Dit zijn relatief grote verschillen, die het niet aannemelijk maken dat een hogere stikstofbemesting de opbrengstverschillen tussen de NWP-percelen en de praktijkpercelen kan opheffen. Vermoedelijk ligt op de NWP-percelen door andere, bodemgerelateerde factoren dan stikstof het opbrengstplafond voor bepaalde gewassen lager. Een vraag voor vervolgonderzoek is of dit een gevolg is van het jarenlang terughoudend gebruik van organische mest en de lagere aanvoer van effectieve organische stof (zie paragraaf 2.2.4).

Indien de fosfaatsnorm van 2013 voor bouwland met hoge fosfaattoestand zou gelden, had er bij systeem GI-Hoog in NWP niet meer fosfaat kunnen worden aangevoerd. Er had wel meer organische mest kunnen worden aangevoerd, door het fosfaat dat via kunstmest is toegediend (20% van de totale aanvoer) te vervangen door organische mest.

Een mogelijkheid om meer effectieve organische stof (EOS) aan te voeren is minder varkensdrijfmest (VDM) gebruiken en meer rundveedrijfmest (RDM) en/of compost. Deze mestsoorten bevatten meer EOS per kg fosfaat in de mest. Bovendien is de fosfaataanvoer uit GFT- en groencompost gedeeltelijk vrijgesteld, waardoor er meer compost en derhalve ook meer EOS kan worden aangevoerd. Voor de akker- en tuinbouwsector als geheel is de extra ruimte die RDM en compost bieden echter gering, omdat deze mestsoorten beperkt beschikbaar zijn en VDM in overvloed.



# Literatuur

- Dijk, W. van, S. Burgers, H.F.M. ten Berge, A.M. van Dam, W.C.A. van Geel & J.R. van der Schoot (2007). Effecten van een verlaagde stikstofbemesting op marktbaar opbrengst en stikstofopname van akker- en tuinbouwgewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO 366), Lelystad, 186 pp.
- Dijk, W. van & W. van Geel (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 100 pp. + bijlagen. *Alleen elektronisch beschikbaar op de web site Kennisakker ([www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl))*
- Dijk, W. van, P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit & J.R. van der Schoot (2007). Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker- en tuinbouwgewassen. Verkenning van noodzaak en mogelijkheden tot differentiatie. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO 367), Lelystad, 84 pp.
- Haan, J. de & W. van Geel (2010). Nutriënten Waterproof. Nitraatnorm op zand verdraagt geen intensieve landbouw. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 23 pp.
- Haan, J. de, W. van Geel, H. Verstegen & B. Kroonen-Backbier (2009). Nutriënten Waterproof. Slotbijeenkomst Vredepeel, 1 september 2009. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 19 pp.
- Haan, J. de (2005). Nutriënten Waterproof. Interne rapportage van de planvormingsfase. PPO-AGV, Lelystad, 158 pp.



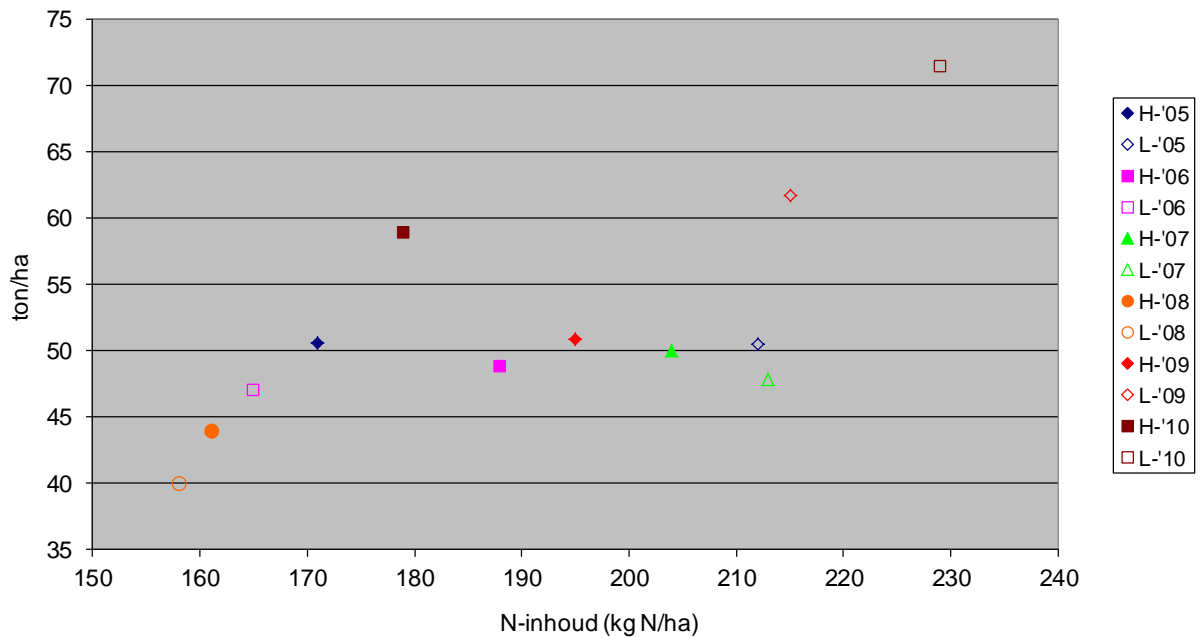
# Bijlage 1. Situering van de geïntegreerde bedrijfssystemen

				→ N						
				peelkanaal						
		pad				pad				
		0,2946 ha	19.2 b			0,2970 ha	29.2 b	18 m		
		0,2946 ha	19.2 a			0,2970 ha	29.2 a	18 m		
		0,3219 ha	19.1 b			0,2970 ha	29.1 b	18 m		
		0,2682 ha	19.1 a			0,2475 ha	29.1 a	15 m		
	<b>GI-Laag</b>	experimenteel deel	0,3446 ha	18.2 b		<b>GI-Laag</b>	experimenteel deel	0,3492 ha	28.2 b	18 m
	<b>GI-Laag</b>	synthesedeel	0,3446 ha	18.2 a		<b>GI-Laag</b>	synthesedeel	0,3492 ha	28.2 a	18 m
	<b>GI-Hoog</b>	experimenteel deel	0,3491ha	18.1 b		<b>GI-Hoog</b>	experimenteel deel	0,3492 ha	28.1 b	18 m
	<b>GI-Hoog</b>	synthese deel	0,2910 ha	18.1 a		<b>GI-Hoog</b>	synthese deel	0,2910 ha	28.1 a	15 m
	<b>GI-Laag</b>	experimenteel deel	0,3546 ha	17.2 b		<b>GI-Laag</b>	experimenteel deel	0,3492 ha	27.2 b	18 m
	<b>GI-Laag</b>	synthesedeel	0,3546 ha	17.2 a		<b>GI-Laag</b>	synthesedeel	0,3492 ha	27.2 a	18 m
	<b>GI-Hoog</b>	experimenteel deel	0,3546 ha	17.1 b		<b>GI-Hoog</b>	experimenteel deel	0,3492 ha	27.1 b	18 m
	<b>GI-Hoog</b>	synthese deel	0,2955 ha	17.1 a		<b>GI-Hoog</b>	synthese deel	0,2910 ha	27.1 a	15 m
	<b>GI-Laag</b>	experimenteel deel	0,3546 ha	16.2 b		<b>GI-Laag</b>	experimenteel deel	0,3492 ha	26.2 b	18m
	<b>GI-Laag</b>	synthesedeel	0,3546 ha	16.2 a		<b>GI-Laag</b>	synthesedeel	0,3492 ha	26.2 a	18m
	<b>GI-Hoog</b>	experimenteel deel	0,3546 ha	16.1 b		<b>GI-Hoog</b>	experimenteel deel	0,3492 ha	26.1 b	18 m
	<b>GI-Hoog</b>	synthese deel	0,2955 ha	16.1 a		<b>GI-Hoog</b>	synthese deel	0,2910 ha	26.1 a	15 m
		200 m				200 m				

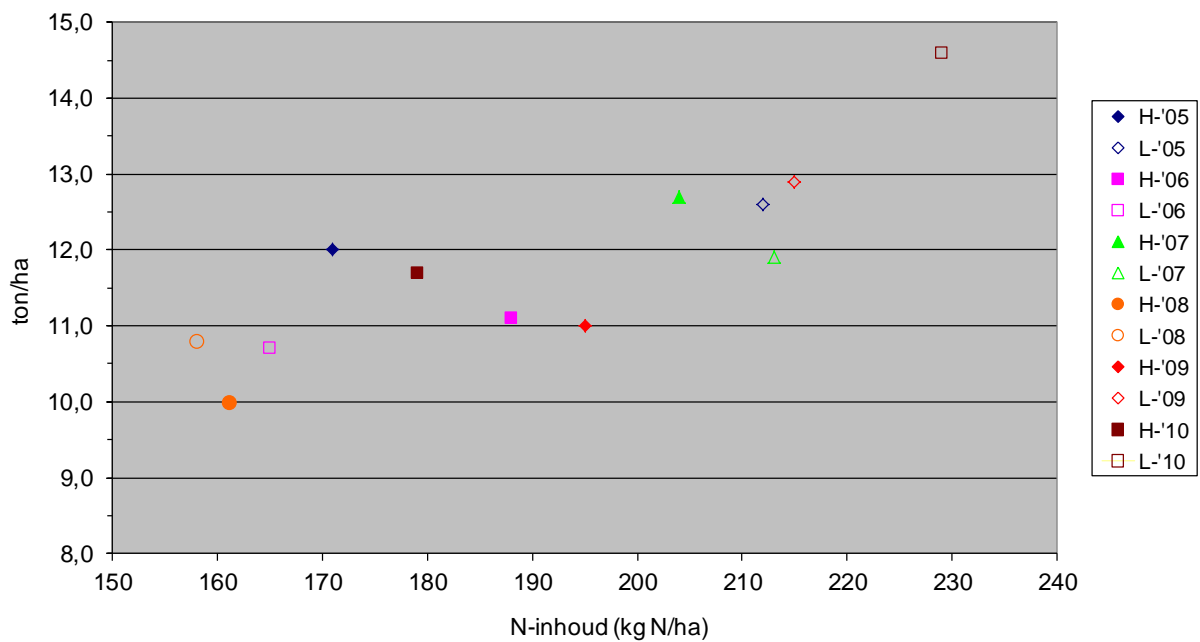


## Bijlage 2. Relatie N-opname en productie

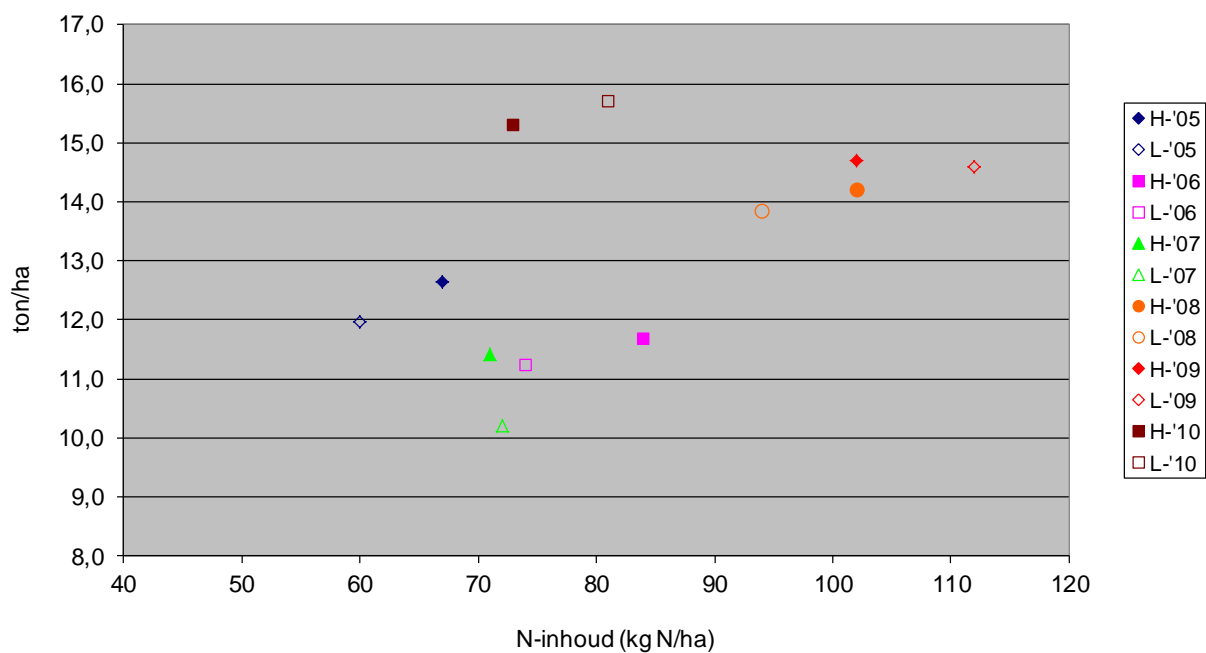
In deze bijlage zijn de marktbaar opbrengst dan wel de bruto drogestofopbrengst van de NWP-systemen GI-Hoog en GI-Laag uitgezet tegen de stikstofopname.



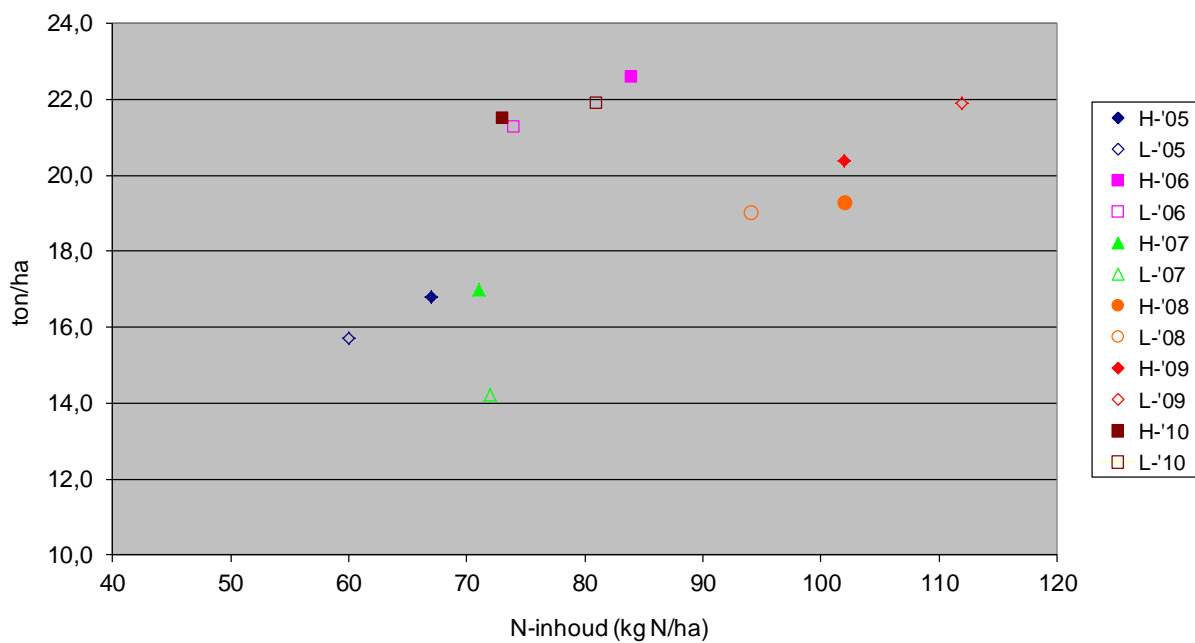
Figuur 2-1. Marktbaar opbrengst van consumptieaardappel uitgezet tegen de N-opname in de knollen



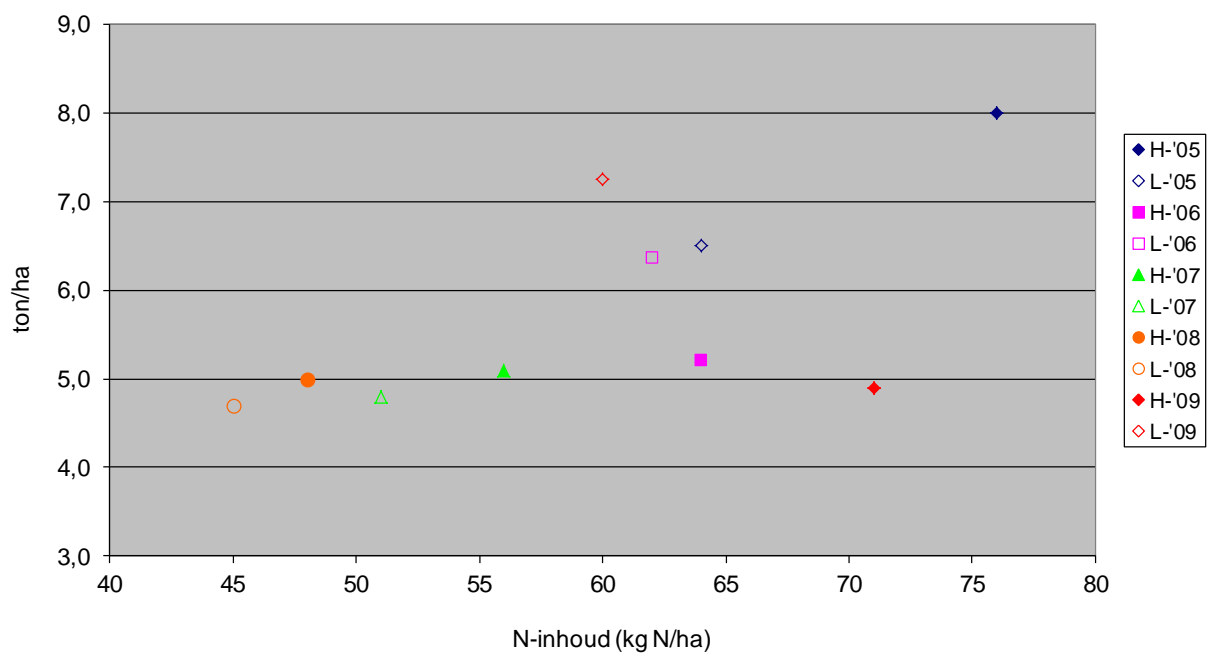
Figuur 2-2. Drogestofopbrengst van consumptieaardappel uitgezet tegen de N-opname in de knollen



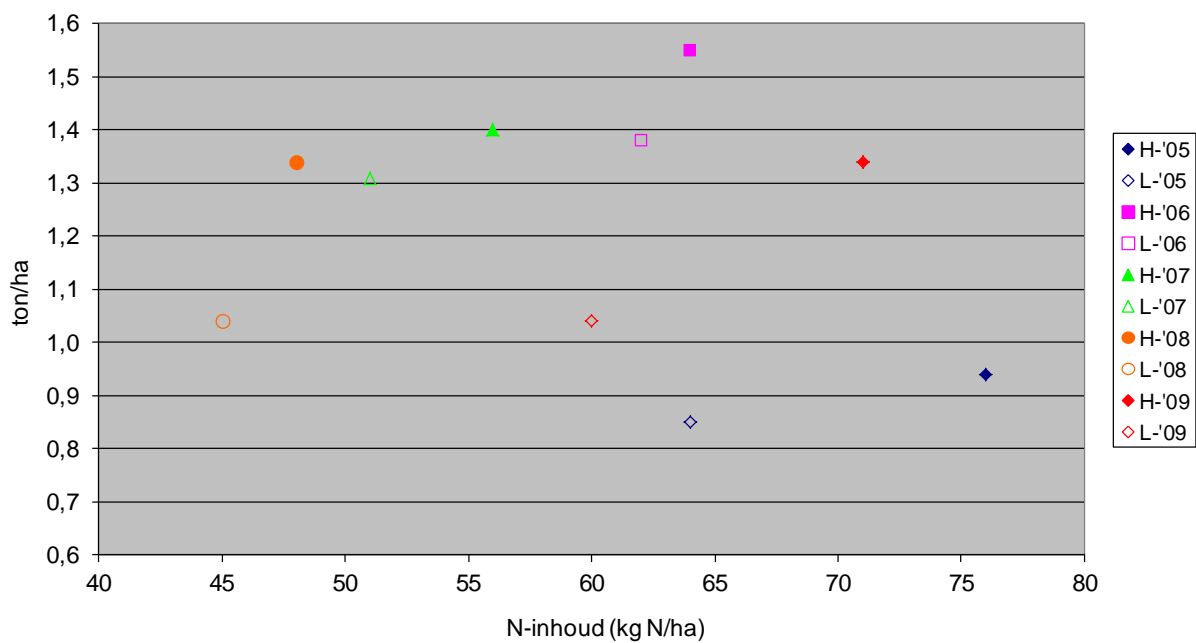
Figuur 2-3. Suikeropbrengst van suikerbiet uitgezet tegen de N-opname in de bieten



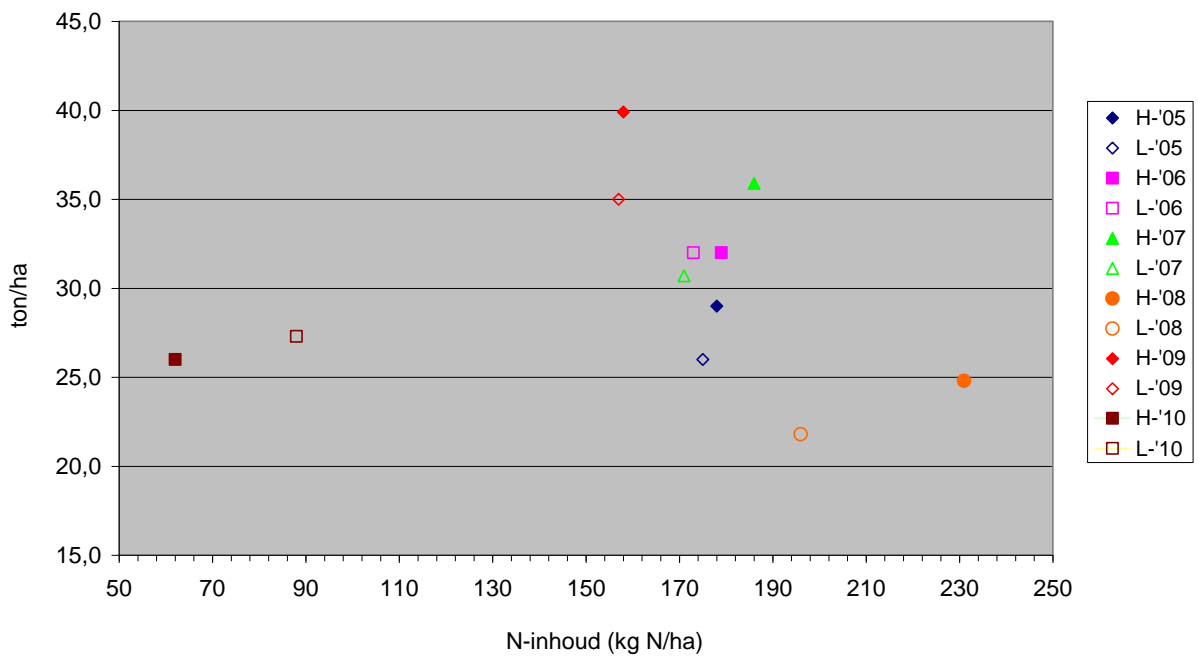
Figuur 2-4. Drogestofopbrengst van suikerbiet uitgezet tegen de N-opname in de bieten



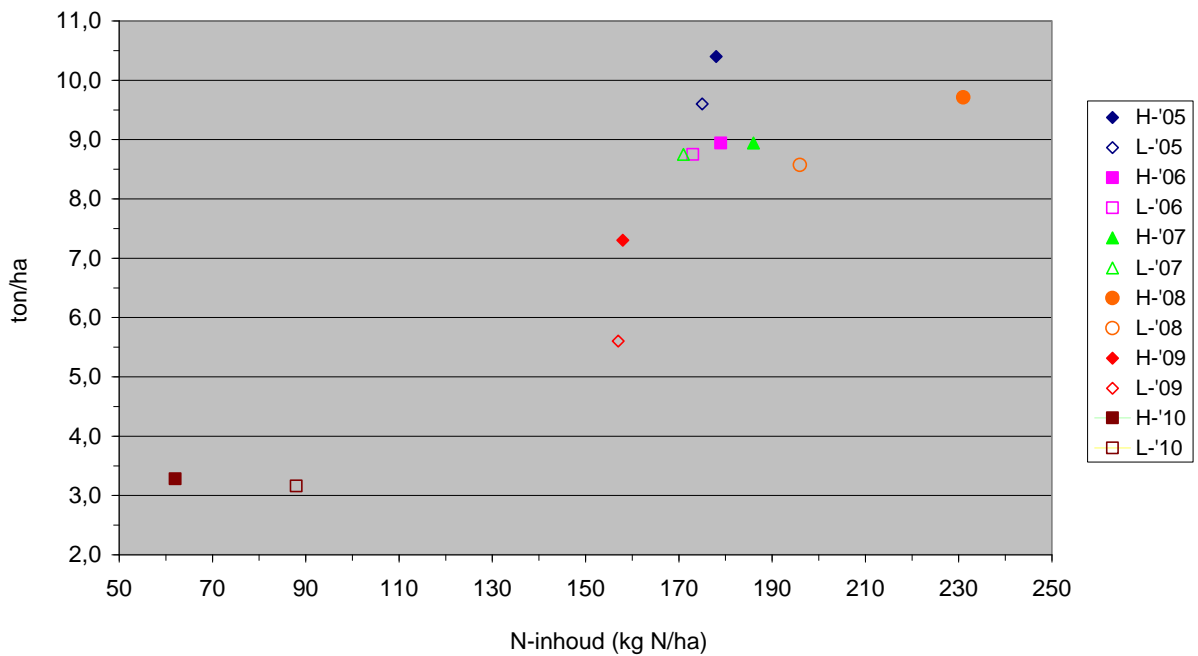
Figuur 2-5. Marktbaar opbrengst van doperwt (bij TM 120) uitgezet tegen de N-opname in de erwten



Figuur 2-6. Drogestofopbrengst van doperwt uitgezet tegen de N-opname in de erwten

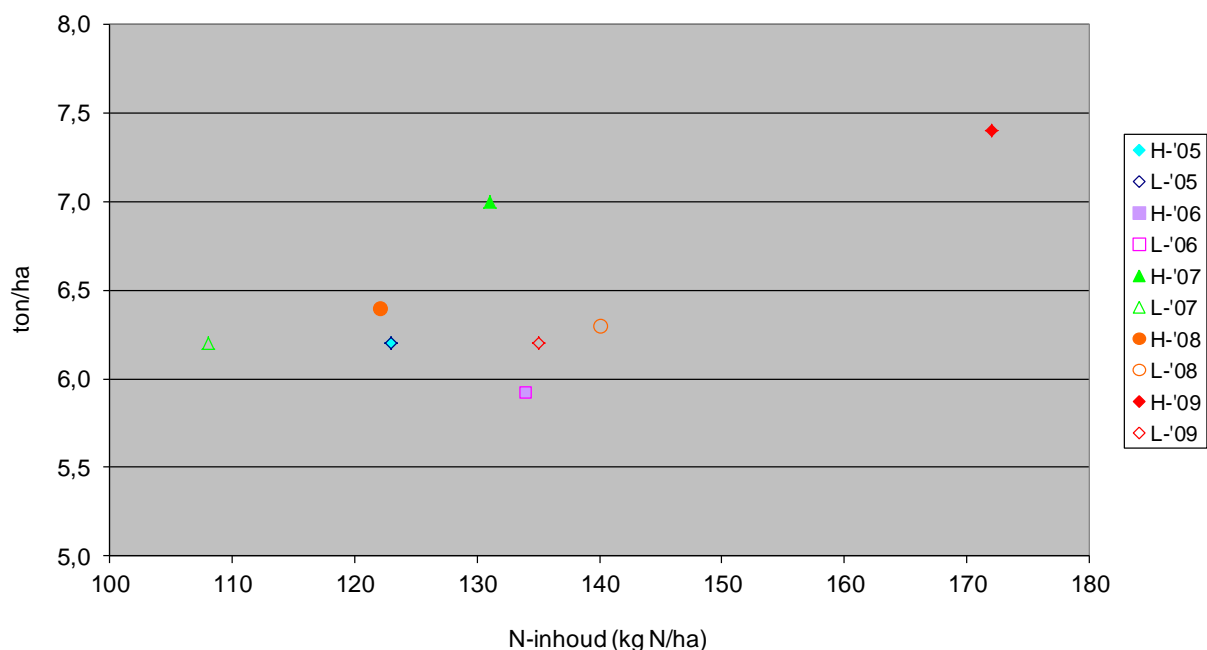


Figuur 2-7. **Marktbare opbrengst van winterprei uitgezet tegen de N-opname in de totaal geoogste plant**



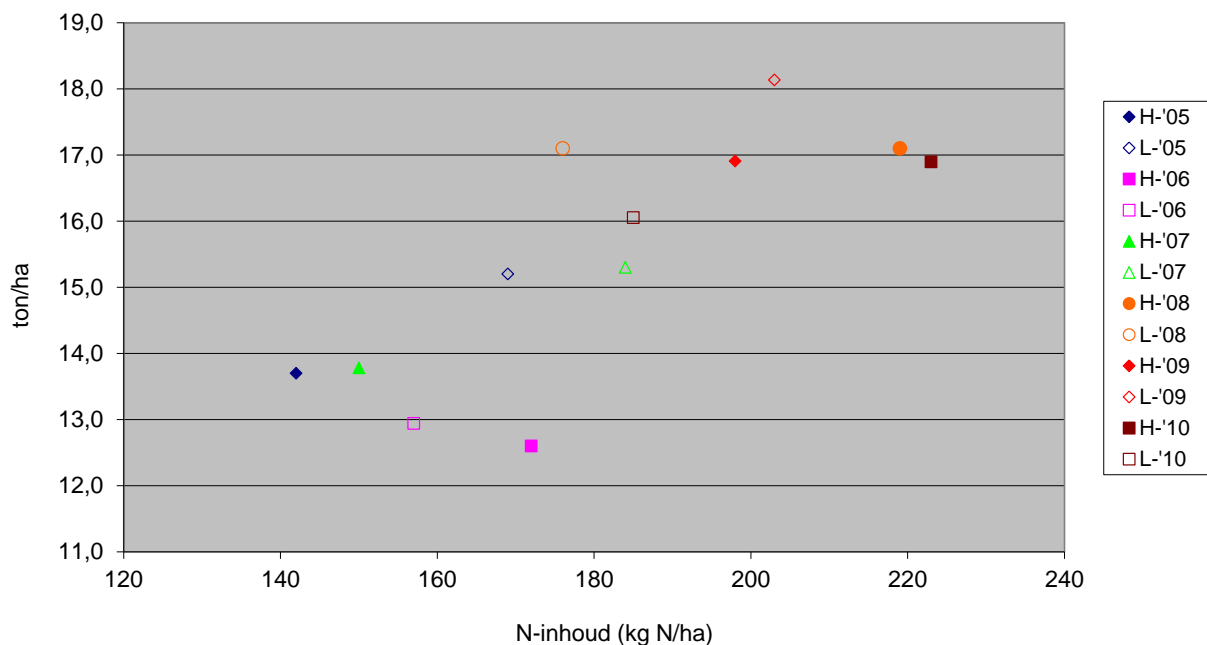
Figuur 2-8. **Drogestofopbrengst van winterprei (totaal geoogste plant) uitgezet tegen de N-opname in de totaal geoogste plant**





Figuur 2-9. **Korrelopbrengst (15,5% vocht) van triticale uitgezet tegen de N-opname in de korrel**

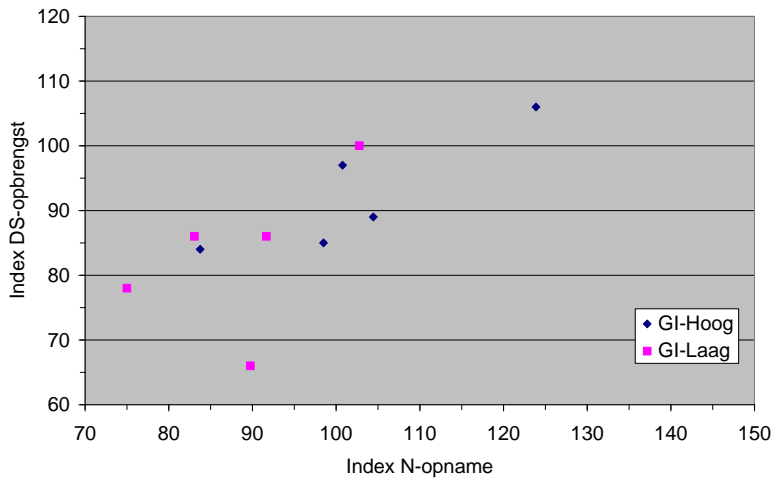
N.B.: uitzetten van de drogestofopbrengst aan korrels van triticale geeft eenzelfde beeld, omdat alle korrelopbrengsten in figuur 2-9 zijn weergegeven bij hetzelfde vochtpercentage.



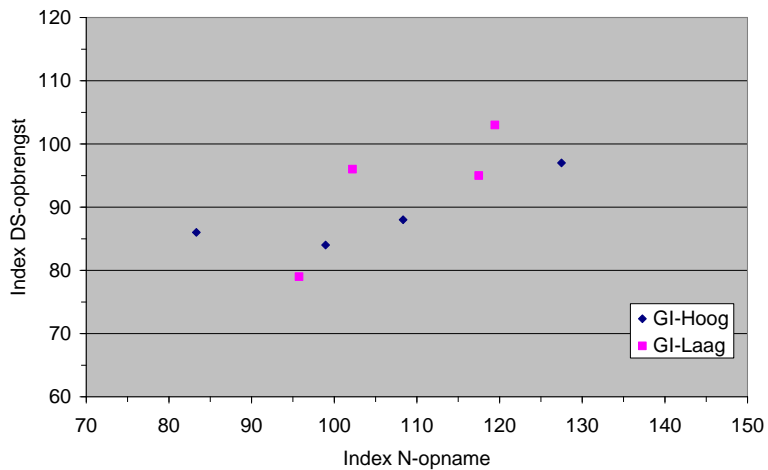
Figuur 2-10. **Drogestofopbrengst van snijmaïs uitgezet tegen de N-opname in de maïs**



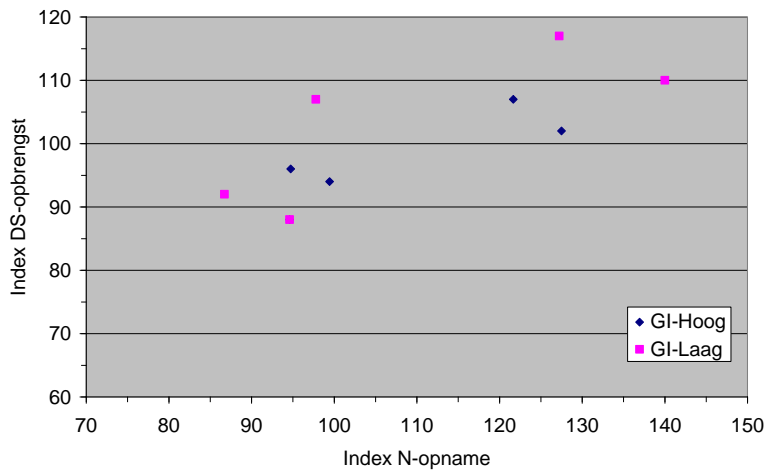
## Bijlage 3. Index drogestof en index N-opname per perceel



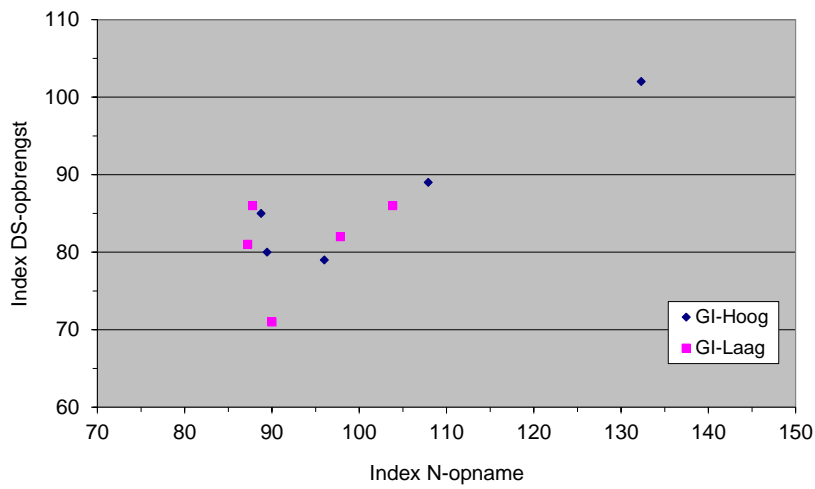
Figuur 3-1. Indexcijfer drogestofopbrengst uitgezet tegen indexcijfer N-opname op perceel 16



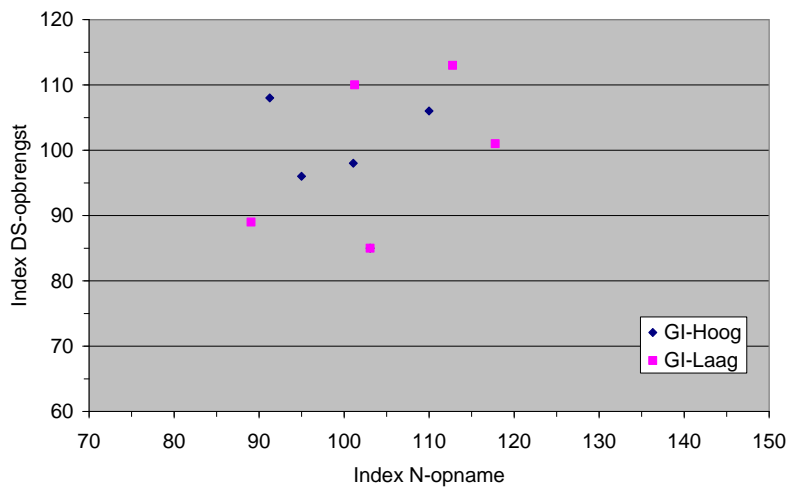
Figuur 3-2. Indexcijfer drogestofopbrengst uitgezet tegen indexcijfer N-opname op perceel 17



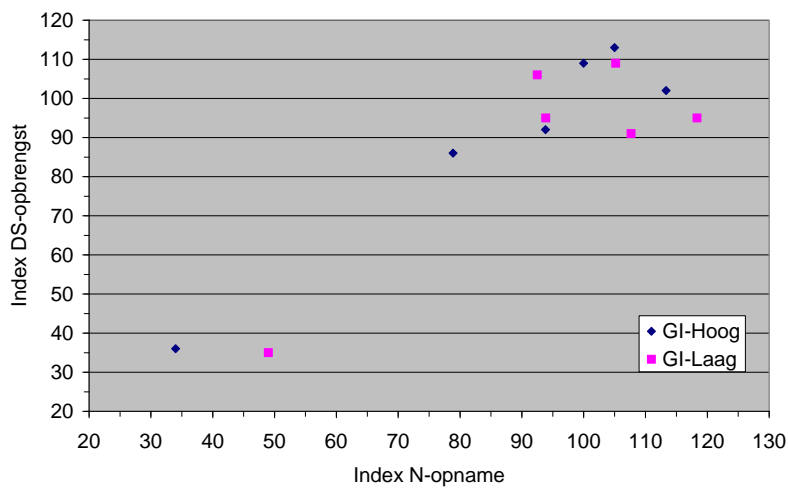
Figuur 3-3. Indexcijfer drogestofopbrengst uitgezet tegen indexcijfer N-opname op perceel 18



Figuur 3-4. Indexcijfer drogestofopbrengst uitgezet tegen indexcijfer N-opname op perceel 26



Figuur 3-5. Indexcijfer drogestofopbrengst uitgezet tegen indexcijfer N-opname op perceel 27



Figuur 3-6. Indexcijfer drogestofopbrengst uitgezet tegen indexcijfer N-opname op perceel 28