



# Inwerktijdstip winterharde vanggewassen voor maïs

Verslag van een veldproef in 2010-2011 op zandgrond

Willem van Geel, Harry Verstegen en John Verhoeven



© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

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

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

PPO Publicatienr. 456

Uitgevoerd in opdracht en met financiering van:



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

Projectnummer: 32 501725 11

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

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

# Inhoudsopgave

|  | pagina |
|--|--------|
| SAMENVATTING.....                                  | 5      |
| 1 INLEIDING .....                                  | 7      |
| 1.1 Kennisbehoefte/kennisvraag.....                | 7      |
| 1.2 Doel van het onderzoek.....                    | 7      |
| 2 PROEFOPZET EN –UITVOERING .....                  | 9      |
| 2.1 Proefopzet.....                                | 9      |
| 2.2 Teelt- en proefuitvoering.....                 | 10     |
| 3 RESULTATEN .....                                 | 13     |
| 3.1 Weersgegevens.....                             | 13     |
| 3.2 Groeiverloop winterrogge .....                 | 13     |
| 3.3 Nmin bodem in het najaar en het voorjaar ..... | 15     |
| 3.4 Gewasbeoordeling snijmais .....                | 17     |
| 3.5 Nmin bodem medio juni.....                     | 18     |
| 3.6 Opbrengst en N-opname snijmais .....           | 19     |
| 3.7 Nmin bodem bij oogst.....                      | 20     |
| 3.8 Schatting van de stikstofwerking.....          | 20     |
| 4 DISCUSSIE EN CONCLUSIES .....                    | 25     |
| REFERENTIES.....                                   | 29     |
| BIJLAGE 1. PROEFVELDSHEMA .....                    | 31     |
| BIJLAGE 2. WEERSGEGEVENS VREDEPEEL .....           | 33     |



# Samenvatting

Het telen van een onbemeste groenbemester als stikstofvanggewas na de hoofdteelt, is een na-oogstmaatregel die de nitraatuitspoeling kan verminderen. Het vanggewas neemt de reststikstof op uit de bodem, die is achtergelaten door het hoofdgewas en de stikstof die in de nazomer en herfst mineraliseert. In geval van een winterhard vanggewas (zoals winterrogge en raaigras) wordt de stikstof over de winter heen getild en zo behoed voor uitspoeling en denitrificatie. De opgenomen stikstof komt weer vrij door mineralisatie, nadat het vanggewas is ingewerkt. Uit verleden onderzoek op proefbedrijf Heino bleek dat een winterhard vanggewas na snijmaïs de nitraatuitspoeling met 50-60% verminderde. Belangrijke factoren die de effectiviteit van het vanggewas bepalen, zijn een voldoende ontwikkeling in de nazomer/herfst om de minerale stikstof in de bodem te kunnen vastleggen en een goede benutting van de door het vanggewas opgenomen stikstof door het volggewas. Bij het laatste heeft naast winterhardheid het inwerkijdstip in het voorjaar invloed op het vrijkomen van de stikstof uit het ingewerkte vanggewas. Onderzoeksvraag is hoe het inwerkijdstip zo kan worden gekozen dat het vrijkomen van stikstof uit het ingewerkte vanggewas in de tijd zo goed mogelijk aansluit bij het stikstofopnamepatroon van het volggewas om een zo hoog mogelijke benutting door het volggewas te realiseren. Daartoe is in 2010 een literatuurstudie uitgevoerd.

Het algemeen beeld dat uit de literatuur naar voren kwam, is dat het winterharde stikstofvanggewas het beste vroeg in het voorjaar kan worden ingewerkt, liefst voordat er hergroei en stikstofopname optreedt. Het precieze, optimale inwerkmoment hangt (naast de weersinvloed) verder af van de C/N-verhouding van het vanggewas. Bij een lage C/N-verhouding komt de stikstof na inwerken sneller vrij dan bij een hoge C/N-verhouding. De veronderstelling is dat dan beter iets later kan worden ingewerkt om het risico van N-verlies voordat het volggewas het kan opnemen, te minimaliseren. Bij hoge C/N-verhouding komt de stikstof langzamer vrij en kan wellicht beter wat eerder worden ingewerkt om ervoor te zorgen dat er zoveel mogelijk stikstof vrijkomt die nog door het volggewas maïs kan worden benut. Om deze veronderstelling te toetsen, is in 2010-2011 een veldproef uitgevoerd op zuidoostelijk zandgrond met als doel de relatie tussen optimaal inwerkijdstip in het voorjaar en C/N-verhouding nader te onderzoeken en om na te gaan of de C/N-verhouding zou kunnen worden gerelateerd aan uiterlijke kenmerken van het vanggewas. Als zo'n relatie er is, zou op basis van visuele kenmerken van het vanggewas kunnen worden geschat of de C/N-verhouding hoog of laag is.

Als winterhard vanggewas is in deze proef gekozen voor winterrogge. Getracht is een verschil in C/N-verhouding te creëren door de winterrogge in de herfst op te laten groeien bij een lagere en hogere stikstofvoorraad in de bodem. De proef is aangelegd na een graanteelt om verzekerd te zijn van een stikstofarme uitgangssituatie. Het graan liet 25 kg N per ha in de bodemlaag 0-60 cm, waarvan 6 kg N per ha in de laag 0-30 cm. Voor het lage N-niveau in de bodem is 27 kg N per ha gestrooid en voor het hoge niveau 68 kg N per ha. De winterrogge is op 13 september 2010 gezaaid. Elk N-niveau is gecombineerd met drie inwerkijdstippen in het voorjaar: 8 februari (T1), 21 maart (T2) en 11 april (T3). Voor het bepalen van de stikstofwerking van de winterrogge in de volgteelt maïs is als referentie een braakobject opgenomen (geen groenbemester in de herfst en geen N-gift). Bij dat braakobject zijn in de maïs vier stikstoftrappen plus een nulobject aangelegd om een stikstofresponscurve op te kunnen stellen. De N-nawerking van de verschillende groenbemesterobjecten is afgeleid door de opbrengst en N-opname van de maïs bij deze objecten te spiegelen aan de responscurve. Ook is nagegaan of het inwerken van een vanggewas andere effecten heeft op de groei en opbrengst van de maïs dan alleen een stikstofeffect.

De winterrogge die werd geteeld bij het hoge N-niveau werd langer, had een vollere gewasstand, meer bodembedekking en was donkerder van kleur dan die bij het lage N-niveau. Ook was er bij het hoge N-niveau meer bovengrondse gewasmasse geproduceerd en was de N-opname hoger. De C/N-verhouding was bij beide N-niveaus echter gelijk en vertoonde dus geen relatie met de uiterlijke gewaskenmerken. De verschillen in bovengrondse gewasmasse en N-inhoud waren na de winter, op de momenten van inwerken, nog steeds aanwezig. De C/N-verhouding bleef op elk inwerkmoment gelijk. Enkel nam de C/N-

verhouding toe naarmate op een later tijdstip werd ingewerkt. Tussen 21 maart en 11 april trad hergroei op van de winterrogge en extra N-opname.

Omdat het aanbrengen van de twee verschillende N-niveaus in het najaar bij de winterrogge niet leidde tot een gewenst verschil in C/N-verhouding op elk inwerkmoment, kan de vraag in hoeverre de C/N-verhouding het optimale inwerkijdstip beïnvloedt, niet worden beantwoord.

Vroeg inwerken van de winterrogge (T1 en T2) leidde ten opzichte van het braakobject tot een gemiddeld 6 kg per ha hogere N<sub>min</sub> in de laag 0-30 cm vóór zaai van de maïs en laat inwerken (T3) tot een gemiddeld 4 kg per ha lagere N<sub>min</sub>.

Er was in de maïs sprake van een duidelijke stikstofwerking uit de ingewerkte winterrogge. De N-werking in kg N per ha was bij de winterrogge geteeld bij het hoge N-niveau, hoger dan bij de winterrogge geteeld bij het lage N-niveau, naar rato van de N-opname in de bovengrondse delen. Relatief (als percentage van de N-opname in de bovengrondse delen) was de N-werking zo goed als gelijk.

Inwerken op T1 en T2 gaf de hoogste N-werking: gemiddeld zo'n 75% van de N-opname in de bovengrondse delen op het moment van inwerken. Er was geen wezenlijk verschil tussen inwerken op T1 of T2.

Inwerken op T3 leidde tot een lagere N-werking: ca. 35%. Het late inwerkijdstip in combinatie met de hoge C/N-verhouding leidde er toe dat de stikstof uit de rogge bij T3 later en langzamer vrijkwam. Daar komt nog bij dat laat inwerken van de rogge geteeld bij het hoge N-niveau de gewasgroei en -productie nadelig beïnvloedde door een andere oorzaak dan stikstof. Vermoedelijk door meer vochtonttrekking aan de bodem na de winter door de hergroei van de rogge, waardoor er minder vocht beschikbaar was voor de maïs, in combinatie met het droge voorjaar.

Het resultaat van de proef bevestigt de bevindingen van de literatuurstudie: een winterhard stikstofvanggewas kan het beste vroeg in het voorjaar worden ingewerkt, voordat er hergroei en stikstofopname optreedt. Bij hoge temperaturen aan het einde van de winter en het begin van het voorjaar zal die hergroei eerder optreden dan bij lage temperatuur. De teler moet dit dus goed in de gaten houden (letten op het vanggewas en de weersomstandigheden).

Bij inwerken in de periode tussen begin februari en begin hergroei lijkt het niet zo heel veel uit te maken voor de stikstofopname van het volggewas maïs of het vanggewas een paar weken vroeger of later wordt ingewerkt. Wat later inwerken in deze periode (in maart) zou dan de voorkeur hebben, omdat bij begin februari inwerken er in een nat voorjaar wat meer N-verlies kan optreden.

# 1 Inleiding

## 1.1 Kennisbehoefte/kennisvraag

In het Vierde Actieprogramma van de Nitraatrichtlijn wordt onder andere ingezet op innovaties om op melkveehouderij- en akker- en tuinbouwbedrijven de stikstofverliezen verder te verminderen. De stikstofbenutting van gewassen kan worden verbeterd door maatregelen voorafgaand en tijdens de teelt (onder andere bemestingsmaatregelen) en na-oogstmaatregelen.

Eén van de na-oogstmaatregelen is het telen van een onbemeste groenbemester als stikstofvanggewas na de hoofdteelt, welke de reststikstof in de bodem opneemt die is achtergelaten door het hoofdgewas en de stikstof die in de nazomer en herfst mineraliseert. In geval van een winterhard vanggewas wordt de stikstof over de winter heen getild en zo behoed voor uitspoeling en denitrificatie. De opgenomen stikstof komt weer vrij door mineralisatie, nadat het vanggewas is ingewerkt. Uit verleden onderzoek op proefbedrijf Heino bleek dat een winterhard vanggewas na snijmaïs de nitraatuitspoeling met 50-60% verminderde (Van Dijk et al., 1995).

Belangrijke factoren die de effectiviteit van het vanggewas bepalen, zijn een voldoende gewasontwikkeling en opname van de reststikstof in de nazomer/herfst en een goede benutting van de door het vanggewas opgenomen stikstof door het volggewas. Bij het laatste speelt naast winterhardheid ook het management in het voorjaar een rol, waaronder het inwerkijdstip. Belangrijke vraag is hoe door een juist management van het vanggewas, een zo hoog mogelijke benutting van vrijkomende stikstof door het volggewas kan worden gerealiseerd. Het inwerkijdstip bepaalt het vrijkomen van stikstof uit het vanggewas in de tijd en dient zo veel mogelijk aan te sluiten bij het opnamepatroon van het volggewas.

## 1.2 Doel van het onderzoek

Doel van het project is na te gaan hoe door een juist management in het voorjaar de benutting van de door het vanggewas opgenomen stikstof door het volggewas kan worden verhoogd. De focus ligt bij wintervaste vanggewassen, zoals winterrogge en raaigrassen. Als volggewas in het onderzoek is gekozen voor snijmaïs. Dit gewas wordt relatief laat gezaaid, waardoor er een groter tijdsvenster is om te variëren in inwerkijdstip. Het onderzoek richt zich op zandgrond, aangezien hier nog een grote inspanning nodig is om aan de nitraatrichtlijn te voldoen.

In 2010 is een deskstudie uitgevoerd naar de invloed van het inwerkijdstip van vanggewassen in het voorjaar op de benutting van de stikstof die uit het vanggewas vrijkomt, door het volggewas en naar de wijze van inwerken en problemen die daarbij in de praktijk optreden (van Geel et al., 2010). De resultaten van de deskstudie dienden als basis voor een in de nazomer van 2010 aan te leggen veldproef op zandgrond die doorliep in 2011.

Het algemeen beeld dat uit de literatuur naar voren komt, is dat het winterharde stikstofvanggewas het beste vroeg in het voorjaar kan worden ingewerkt, voordat er hergroei optreedt. Een vanggewas dat gaat hergroeien, neemt vocht en stikstof op uit de bodem, ten koste van de volgteelt. Voorts komt de stikstof uit een laat ingewerkt vanggewas later in het groeiseizoen en langzamer beschikbaar.

Het precieze, optimale inwerkmoment hangt verder af van de neerslagsituatie en stikstofverliezen in de periode einde winter – voorjaar en van de C/N-verhouding van het vanggewas. Bij vroeg inwerken (eind van de winter) komt al een substantieel van de stikstof vroeg beschikbaar, maar kan ook meer verlies optreden door uitspoeling en denitrificatie (in een nat voorjaar). Bij een lage C/N-verhouding (hoog N-gehalte in de droge stof) mineraliseert de stikstof na inwerken sneller dan bij een hoge C/N-verhouding (laag N-gehalte in de droge stof) en ligt het optimale inwerkijdstip waarschijnlijk later.

De hypothese die voor het huidige praktijkadvies wordt gebruikt, is dat een vanggewas met een C/N-verhouding <15 niet voor medio maart ingewerkt moet worden om verlies door te snelle stikstofmineralisatie te voorkomen en dat een vanggewas met een C/N-verhouding >25 niet na eind februari

moet worden ingewerkt om te voorkomen dat er te veel stikstof vrijkomt na de opnameperiode van maïs. Om deze hypothese te toetsen, is een veldproef aangelegd met als doel de interactie tussen inwerkstijdstip in het voorjaar van een winterhard vanggewas en C/N-verhouding nader te onderzoeken en na te gaan hoe sterk die interactie is en of de C/N-verhouding zou kunnen worden gerelateerd aan uiterlijke kenmerken van het vanggewas. Als zo'n relatie er is, zou op basis van visuele kenmerken van het vanggewas kunnen worden geschat of de C/N-verhouding hoog of laag is.

In hoofdstuk 2 van dit verslag wordt de opzet en –uitvoering van de veldproef beschreven. In hoofdstuk 3 worden de resultaten weergegeven en in hoofdstuk 4 worden deze bediscussieerd.



## 2 Proefopzet en –uitvoering

### 2.1 Proefopzet

Als winterhard vanggewas is gekozen voor winterrogge, een gangbaar groenbemestingsgewas dat geschikt is voor late zaai. In deze proef is ervoor gekozen om de winterrogge relatief vroeg te zaaien (begin september). Daarmee werd beoogd een voldoende goede gewasontwikkeling en stikstofopname in het najaar te realiseren om verschillen in stikstofnawerking in de volgteelt als gevolg van C/N-verhouding en inwerktijdstip goed te kunnen onderscheiden. Bij een geringe gewasontwikkeling en lage N-opname zijn dergelijk verschillen klein en moeilijk van elkaar te onderscheiden door de “storende” invloed van de veldvariatie.

Getracht is een verschil in C/N-verhouding (c.q. N-gehalte in de gewasdroge-stof) te creëren door de winterrogge in de herfst op te laten groeien onder stikstofarme en onder stikstofrijke omstandigheden. De verwachting was dat stikstofarme omstandigheden zouden leiden tot een lager N-gehalte in de plantdroge-stof en daardoor tot een hogere C/N-verhouding.

Om een goed beeld te verkrijgen van de interactie met inwerktijdstip na de winter, mogen de inwerktijdstippen niet te dicht bij elkaar liggen, omdat de verschillen anders mogelijk te klein zijn en niet goed van elkaar te onderscheiden. Daarom is gekozen voor de tijdstippen: begin februari, half maart en half april.

Voor het bepalen van de stikstofwerking in de volgteelt maïs is als referentie een braakobject opgenomen (geen groenbemester in de herfst). Bij dat braakobject zijn in de volgteelt maïs vier stikstoftrappen plus een nulobject aangelegd om een stikstofresponscurve op te kunnen stellen. De N-werking van de verschillende groenbemesterobjecten kan dan worden afgeleid door de opbrengst en opname van de maïs bij deze objecten te spiegelen aan de responscurve. Voor de afleiding van de N-werking bij de verschillende vanggewasobjecten is aan de snijmaïs geen extra stikstof gegeven.

Het mag niet worden uitgesloten dat het vanggewas, met name bij laat inwerken, ook een nadelige invloed heeft op de gewasgroei van de volgteelt. Een vanggewas dat lang blijft staan en gaat hergroeien, onttrekt vocht en stikstof aan de bodem, waardoor er minder beschikbaar is voor de volgteelt. Verder kunnen de gewasresten hinder geven bij de zaaibedbereiding en het zaaien van de maïs. Om na te gaan of er in de proef sprake is van andere effecten van het vanggewas op de groei en opbrengst van de maïs dan een stikstofeffect, is bij de verschillende vanggewasobjecten ook een extra hoge N-gift aan de maïs gegeven. Hierbij is de N-voorziening voldoende hoog om de maximale opbrengst te bereiken en heeft de extra N-werking uit het vanggewas niet of nauwelijks nog invloed op de opbrengst.

In tabel 1 is een schematisch overzicht gegeven van de proefobjecten. De proef is aangelegd als een splitsplit-plotproef in vier herhalingen. Hoofdplots zijn wel of geen inzaai van winterrogge. Binnen het hoofdplot winterrogge zijn de proeffactoren ‘stikstofniveau herfst’ en ‘inwerktijdstip voorjaar’ geward. Binnen elk plot met een combinatie van ‘stikstofniveau herfst’ \* ‘inwerktijdstip voorjaar’ zijn de nulgift en de hoge N-gift aan de maïs verlost. Binnen het hoofdplot ‘braak’ zijn alleen de N-trappen in de maïs geward. Het proefveldschema is weergegeven in bijlage 1.

Tabel 1. **Overzicht proefobjecten inwerktijdstip vanggewassen voor de teelt van snijmaïs**

| Vanggewas    | N-aanbod in de herfst | Inwerktijdstip voorjaar 2011 | N-trappen in de snijmaïs in 2011  |
|--------------|-----------------------|------------------------------|---|
| Geen (braak) | n.v.t.                | n.v.t.                       | NO = 0 kg N/ha<br>N1 = 50 kg N/ha<br>N2 = 100 kg N/ha<br>N3 = 150 kg N/ha<br>N4 = 200 kg N/ha |
| Winterrogge  | Laag (LN)             | T1 = begin feb               | NO<br>N4  |
|              |                       | T2 = half maart              | NO<br>N4  |
|              |                       | T3 = half april              | NO<br>N4  |
|              | Hoog (HN)             | T1 = begin feb               | NO<br>N4  |
|              |                       | T2 = half maart              | NO<br>N4  |
|              |                       | T3 = half april              | NO<br>N4  |

## 2.2 Teelt- en proefuitvoering

De proef is aangelegd op een zuidoostelijke zandgrond nabij PPO-proefbedrijf Vredepeel. In tabel 2 zijn de bodemvruchtbaarheidsgegevens van het proefperceel vermeld. In tabel 3 zijn de gegevens van de uitvoering van de proef en de teelt opgenomen. De verzorging van het gewas vond plaats conform praktijk.

Tabel 2. **Bodemvruchtbaarheidsgegevens van het proefperceel (januari 2009)**

| Parameter       | Eenheid                             | Analyse-<br>resultaat | Waardering     |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------|
| Organische stof | %                                   | 3,9                   | -              |
| pH-KCl          | -                                   | 5,5                   | -              |
| Pw              | mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l | 43                    | ruim voldoende |
| K-getal         | -                                   | 31                    | hoog           |
| Magnesium       | mg MgO/kg                           | 169                   | ruim voldoende |
| Borium          | mg B/kg                             | 0                     | zeer laag      |

Om verzekerd te zijn van een niet te N-rijke uitgangssituatie, is ervoor gekozen de proef aan te leggen na een graanteelt. Graan laat weinig stikstof na in de bodem en bovendien legt de verterende graanstoppel nog enige stikstof vast in de herfst.

Na de graanoogst is de Nmin-voorraad op het proefveld gemeten per herhaling. Die voorraad bedroeg gemiddeld 25 kg N per ha in de bodemlaag 0-60 cm, waarvan 6 kg N per ha in de laag 0-30 cm. De Nmin-cijfers per herhaling en bodemlaag zijn weergegeven in bijlage 1.

Door middel van een volvelds gift met KAS zijn twee N-niveaus gecreëerd voor de winterrogge:

- laag N-niveau (LN): een N-gift van 27 kg N per ha (totaal 33 kg Nmin in de laag 0-30 cm respectievelijk 52 kg Nmin per ha in de laag 0-60 cm);
- hoog N-niveau (HN): een N-gift van 68 kg N per ha (totaal 74 kg Nmin in de laag 0-30 cm respectievelijk 93 kg Nmin per ha in de laag 0-60 cm).

In de herfst is de gewasontwikkeling van de winterrogge meermalen visueel beoordeeld. Ook is de gewaslengte gemeten. Eind november is de bovengrondse gewasproductie van de winterrogge vastgesteld. Hiertoe is bij elk N-niveau (HN/LN) 2 m<sup>2</sup> per herhaling met de hand geoogst door de planten bij de grond af

te snijden. Per herhaling en object zijn vervolgens monsters uitgenomen voor gewasanalyse.

Na de opbrengstbepaling is per object per herhaling (inclusief 'braak') de hoeveelheid rest-N<sub>min</sub> in de bodem vastgesteld in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm.

Na de winter is op 8 februari (inwerktijdstip 1; T1), 21 maart (inwerktijdstip 2; T2) en 11 april (inwerktijdstip 3; T3) de bovengrondse gewasopbrengst van de winterrogge vastgesteld op het moment van inwerken. Hiertoe is per N-niveau (HN/LN) in elke herhaling 2 m<sup>2</sup> met de hand geoogst door de planten bij de grond af te snijden. Per herhaling en object is een monster uitgenomen voor gewasanalyse.

De gewasmonsters zijn naar Blgg AgroXpertus gestuurd voor bepaling van het droge-stofgehalte en de gehalten ruw as, koolstof (C) en stikstof (N) in de droge stof. Aan de hand hiervan is de bovengrondse droge-stofproductie per ha berekend, de hoeveelheid organische stof, de N-opname in de bovengrondse delen en de C/N-verhouding.

Bij elke inwerkmoment is per herhaling de N<sub>min</sub>-voorraad vastgesteld in de bodemlagen 0-30 en 30-60 cm in de winterroggeplots van het betreffende inwerktijdstip en bij 'braak'. Op T2 is ook de N<sub>min</sub>-voorraad in de T1-plots gemeten en op T3 de N<sub>min</sub>-voorraad in T1- en T2-plots. Op T2 is bij 'braak' en op de winterroggeplots van T2 ook de laag 60-90 cm bemonsterd.

De winterrogge is op alle drie de momenten ingewerkt met een frees. Na het laatste inwerkmoment zijn de stikstoftrappen voor de maïs aangebracht en is het hele proefveld met kali bemest. Vervolgens is het perceel geploegd en zaaiklaar gemaakt. Tegelijk met het zaaien van de maïs is een fosfaatrijenbemesting uitgevoerd.

In het voorjaar en de zomer is enkele malen de gewasstand van de maïs beoordeeld. Half juni is in alle N0- en N4-veldjes de N<sub>min</sub>-voorraad in de lagen 0-30 en 30-60 cm vastgesteld.

De maïs is half oktober geoogst met een maïshakselaar. Per veldje is de opbrengst gemeten en is een monster uitgenomen voor gewasanalyse door Blgg AgroXpertus: droge-stofgehalte en N-gehalte in de droge stof. Vervolgens is de droge-stofopbrengst van de maïs berekend en de N-opname per ha.

Direct na oogst zijn per veldje N<sub>min</sub>-monsters genomen van de bodemlagen 0-30 en 30-60 cm. Alle N<sub>min</sub>-monster die tijdens de proef zijn genomen, zijn naar Blgg AgroXpertus gestuurd voor analyse van stikstof in verse grond.

Tabel 3. **Gegevens van de teelt- en proefuitvoering**

|   |  |
|---|--|
| Voorvrucht 2010:                              | triticale  |
| N <sub>min</sub> -meting vóór aanvang proef:  | 17 augustus 2010   |
| N-bemesting winterrogge herfst:               | 13 september 2010  |
| Zaai winterrogge:                             | 13 september 2010  |
| Beoordeling gewasstand winterrogge:           | 22 oktober en 25 november 2010   |
| Meting gewaslengte winterrogge:               | 22 oktober en 25 november 2010   |
| Opbrengstbepaling winterrogge vóór de winter: | 23 november 2010   |
| N <sub>min</sub> -meting vóór de winter:      | 30 november 2010   |
| Opbrengstbepaling winterrogge na de winter:   | 9 februari (T1), 21 maart (T2) en 11 april (T3) 2011   |
| Inwerkmomenten winterrogge na de winter:      | 9 februari (T1), 21 maart (T2) en 11 april (T3) 2011   |
| N <sub>min</sub> -metingen per inwerkmoment:  | 8 februari, 22 maart en 12 april 2011  |
| Grondbewerking / zaaibedbereiding:            | bewerking proefveld met schijfencultivator tot ca. 10 cm diepte op 12 april<br>ploegen tot ca. 25 cm diepte met vorenpakker en diepwoelers op 2 mei 2011   |
| Bemesting:                                    | aanleg N-trappen (KAS) en kalibemesting gehele proefveld à 150 kg K <sub>2</sub> O per ha (patentkali) op 18 april 2011<br>38 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per ha (tripelsuperfosfaat) als rijenbemesting in combinatie met het zaaien op 3 mei 2011 |
| Zaai snijmaïs:                                | 3 mei 2011   |
| Snijmaïsras:                                  | Torres   |
| Beoordeling gewasstand maïs                   | 19 mei, 17 juni en 15 juli 2011  |
| N <sub>min</sub> -meting tijdens de maïsteelt | 16 juni 2011   |
| Oogst:  | 17 oktober 2011  |
| N <sub>min</sub> -meting na oogst:            | 18 oktober 2011  |

De resultaten van de proeven zijn geanalyseerd met behulp van het statistische softwarepakket Genstat. Eerst is een variantieanalyse uitgevoerd en een tweezijdige t-toets. Verschillen tussen de proefobjecten zijn als statistisch significant beoordeeld indien  $p \leq 0,05$ . Voor de beoordeling van de respons van de maïs op de hoogte van de N-gift bij braak, is binnen de variantieanalyse het lineaire en kwadratische effect van een polynoom getoetst met behulp van de Genstat-functie POL.

Vervolgens is met behulp van regressie-analyse een responscurve opgesteld voor de droge-stofproductie en N-opname van de maïs bij 'braak'. Om de respons op de stikstofbemesting te beschrijven zijn twee modellen vergeleken: een 2<sup>e</sup> graads polynoom en een exponentiële curve. Per variabele is bepaald met welk model de respons het beste c.q. nauwkeurigste kon worden beschreven. Als criterium hiervoor is het percentage verklaarde variantie gehanteerd. Als deze voor twee modellen (nagenoeg) gelijk was, is voor het model gekozen dat de laagste standard error (se) gaf voor de parameterschatting.

De stikstofwerking van de diverse winterroggeobjecten is berekend door de meetpunten hiervan op te lossen in de responscurve en te berekenen met welke werkzame N-gift het resultaat van elk object overeenkomt. Door deze berekende, werkzame N-gift te delen door de bovengrondse N-inhoud van de objecten, kan de N-werking worden uitgedrukt al percentage van de bovengrondse N-inhoud van de winterrogge.

## 3 Resultaten

### 3.1 Weersgegevens

Het najaar van 2010 was wat aan de koude kant en kende over het geheel genomen een vrij normale hoeveelheid neerslag. De periode eind november tot begin januari was zeer koud en vrij droog. Verder waren januari en februari vrij zacht en er viel in die maanden een vrij normale hoeveelheid neerslag. Het voorjaar van 2011 was zeer droog en warmer dan normaal. De zomer van 2011 was uitzonderlijk nat. Juni had een normale temperatuur voor de tijd van het jaar, maar juli en augustus waren koeler dan normaal. September en oktober hadden een vrij normale temperatuur. September was droger dan normaal en oktober natter.

De temperatuur- en neerslaggegevens van de periode september 2010 t/m oktober 2011 en de normalen zijn weergegeven in bijlage 2.

### 3.2 Groeiverloop winterrogge

De winterrogge kwam gelijkmatig op, maar de groei kwam wat traag op gang. Het gewas ontwikkelde zich daarna nog redelijk goed voor de winter. De gewasstand en bodembedekking waren gelijkmatig. Bij het hoge N-niveau oogde het gewas voller (dichtere stand).

In tabel 4 zijn de resultaten van de gewasbeoordeling weergegeven. Bij het hoge N-niveau was de bodembedekking door de winterrogge duidelijk hoger dan bij het lage N-niveau, de kleur donkerder, de stand beter en was het gewas duidelijk langer.

Tabel 4. **Gewasbeoordeling winterrogge najaar 2010**

| N-niveau<br>najaar  | Bodembedekking<br>(visuele schatting) |           | Gewaskleur <sup>1</sup><br>(rapportcijfer) |            | Gewasstand <sup>1</sup><br>(rapportcijfer) |            | Gewaslengte<br>(cm) |            |
|---------------------|---------------------------------------|-----------|--|------------|--|------------|---------------------|------------|
|                     | 22 okt                                | 25 nov    | 22 okt                                     | 25 nov     | 22 okt                                     | 25 nov     | 22 okt              | 25 nov     |
| Hoog                | 70%                                   | 88%       | 7,4  | 7,8        | 7,4  | 7,6        | 14                  | 15         |
| Laag                | 63%                                   | 73%       | 6,6  | 6,3        | 6,4  | 6,3        | 12                  | 12         |
| <i>LSD (p≤0,05)</i> | <i>3%</i>                             | <i>6%</i> | <i>0,5</i>                                 | <i>0,8</i> | <i>0,6</i>                                 | <i>0,6</i> | <i>0,8</i>          | <i>1,3</i> |

<sup>1</sup> Een hoger cijfer betekent een donkerder groene kleur of een forser ontwikkeld gewas.

In tabel 5 zijn de resultaten van de handoogst vóór de winter weergegeven. Bij het hoge N-niveau was er meer bovengrondse gewasmasse geproduceerd en was ook de N-opname hoger. De C/N-verhouding was gelijk. Opmerkelijk is het zeer hoge gehalte ruw as. Hier is geen goede verklaring voor.

Tabel 5. **Droge-stofgewicht, organische stof, N-opname en C/N-verhouding van de bovengrondse gewasdelen van de winterrogge op 23 november 2010**

| N-niveau<br>najaar  | Droge stof<br>(ton/ha) | Ruw as<br>in de d.s. | Organische<br>stof (ton/ha) | N-gehalte<br>(g/kg d.s.) | C-gehalte<br>(g/kg d.s.) | C-gehalte<br>in de o.s. | C/N         | N-opname<br>(kg N/ha) |
|---------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|
| Hoog                | 4,0                    | 69%                  | 1,2                         | 12,8                     | 163                      | 52%                     | 12,8        | 50                    |
| Laag                | 3,1                    | 76%                  | 0,7                         | 9,4                      | 121                      | 51%                     | 13,0        | 28                    |
| <i>LSD (p≤0,05)</i> | <i>0,9</i>             | <i>6%</i>            | <i>0,5</i>                  | <i>1,5</i>               | <i>24</i>                | <i>n.s.<sup>1</sup></i> | <i>n.s.</i> | <i>16</i>             |

<sup>1</sup> n.s. = niet significant verschillend



Figuur 1. **Gewasontwikkeling van de winterrogge op 25 november 2010 (voor: bij het hoge N-niveau, achter: bij het lage N-niveau)**

In tabel 6 zijn de resultaten van de handoogst weergegeven per inwerkijdstip na de winter. Bij het hoge N-niveau werd meer bovengrondse gewasmasa ingewerkt dan bij het lage niveau. Het verschil was niet significant op T1 en T2 maar wel op T3. De berekende hoeveelheid bovengrondse organische stof was bij het hoge N-niveau wel op alle momenten significant hoger dan bij het lage N-niveau. Hetzelfde geldt voor de N-inhoud (kg per ha) van de bovengrondse delen.

Tussen T2 en T3 trad hergroei op van de winterrogge en extra N-opname. Uit een analyse over alle drie de inwerkijdstippen gezamenlijk, bleek dat dit een significante toename betrof van de hoeveelheid droge en organische stof per ha en van de N-opname per ha.

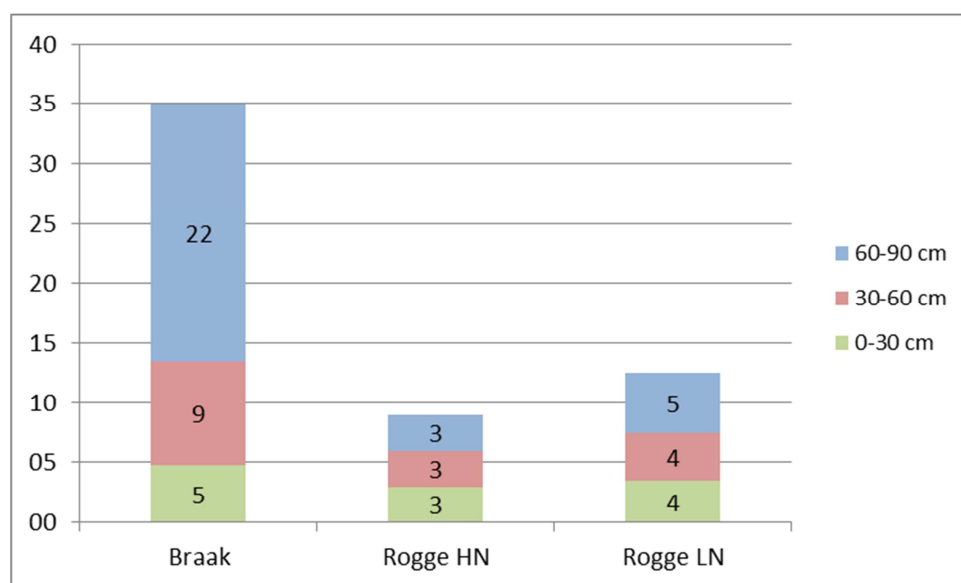
De C/N-verhouding was bij het hoge en lage N-niveau steeds gelijk. Enkel nam de C/N-verhouding toe naarmate op een later tijdstip werd ingewerkt. Dit waren significante verschillen tussen de opeenvolgende tijdstippen.

Tabel 6. **Droge-stofgewicht, organische stof, N-opname en C/N-verhouding van de bovengrondse gewasdelen van de winterrogge op het moment van inwerken**

| N-niveau<br>najaar                    | Droge stof<br>(ton/ha) | Ruw as<br>in de d.s. | Organische<br>stof (ton/ha) | N-gehalte<br>(g/kg d.s.) | C-gehalte<br>(g/kg d.s.) | C-gehalte<br>in de o.s. | C/N         | N-opname<br>(kg N/ha) |
|---------------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|
| <u>Inwerktijdstip T1 (9 februari)</u> |                        |                      |                             |                          |                          |                         |             |                       |
| Hoog                                  | 3,2                    | 35%                  | 2,1                         | 23,1                     | 328                      | 51%                     | 14,3        | 74                    |
| Laag                                  | 2,3                    | 40%                  | 1,4                         | 21,5                     | 306                      | 51%                     | 14,3        | 48                    |
| <i>LSD</i><br>( $p \leq 0,05$ )       | <i>n.s.</i>            | <i>n.s.</i>          | 0,7                         | <i>n.s.</i>              | <i>n.s.</i>              | <i>n.s.</i>             | <i>n.s.</i> | 23                    |
| <u>Inwerktijdstip T2 (21 maart)</u>   |                        |                      |                             |                          |                          |                         |             |                       |
| Hoog                                  | 3,2                    | 22%                  | 2,5                         | 19,2                     | 388                      | 50%                     | 20,2        | 62                    |
| Laag                                  | 2,3                    | 34%                  | 1,5                         | 16,9                     | 325                      | 50%                     | 19,3        | 38                    |
| <i>LSD</i><br>( $p \leq 0,05$ )       | <i>n.s.</i>            | <i>n.s.</i>          | 0,9                         | <i>n.s.</i>              | <i>n.s.</i>              | <i>n.s.</i>             | <i>n.s.</i> | 28                    |
| <u>Inwerktijdstip T1 (11 april)</u>   |                        |                      |                             |                          |                          |                         |             |                       |
| Hoog                                  | 7,1                    | 13%                  | 6,2                         | 15,9                     | 415                      | 48%                     | 26,2        | 113                   |
| Laag                                  | 4,0                    | 19%                  | 3,2                         | 14,5                     | 387                      | 48%                     | 26,8        | 58                    |
| <i>LSD</i><br>( $p \leq 0,05$ )       | 2,1                    | 6%                   | 1,9                         | <i>n.s.</i>              | 34                       | <i>n.s.</i>             | <i>n.s.</i> | 35                    |

### 3.3 Nmin bodem in het najaar en het voorjaar

In figuur 2 is de gemeten Nmin-voorraad in de bodem vlak vóór de winter weergegeven. De Nmin 0-90 cm was bij het braakobject duidelijk hoger dan bij de winterrogge-objecten. Tussen het hoog (HN) en laag N-niveau (LN) bij de winterrogge was er geen significant verschil.



Figuur 2. **Nmin in de bodem op 30 november 2010** (HN, LN = resp. hoog en laag N-niveau)

Ondanks een aanvullende N-gift was de Nmin vóór de winter duidelijk verlaagd door de teelt van een vanggewas. De Nmin was zelfs lager dan op grond van de N-gift en de bovengrondse N-opname zou mogen worden verwacht. Zonder N-gift en zonder gewasopname resteerde bij het braakobject 35 kg N per ha in de bodemlaag 0-90 cm. Met een N-gift van 68 kg N per ha (HN) en een bovengrondse gewasopname van 50 kg N per ha resteerde bij winterrogge 9 kg Nmin. Met een N-gift van 27 kg N per ha (LN) en een bovengrondse gewasopname van 28 kg N per ha resteerde bij winterrogge 13 kg Nmin. De Nmin bij braak is de resultante van de Nmin vóór zaai, netto-mineralisatie in de herfst (en mogelijk verliezen). Er mag worden aangenomen dat deze stikstof ook beschikbaar kwam in de roggeveldjes. Het verschil ten opzichte van braak, dat niet wordt teruggevonden, is dan:

- $35 - 9 + 68 - 50 = 44$  kg N per ha bij het hoge N-niveau;
- $35 - 13 + 27 - 28 = 21$  kg N per ha bij het lage N-niveau.

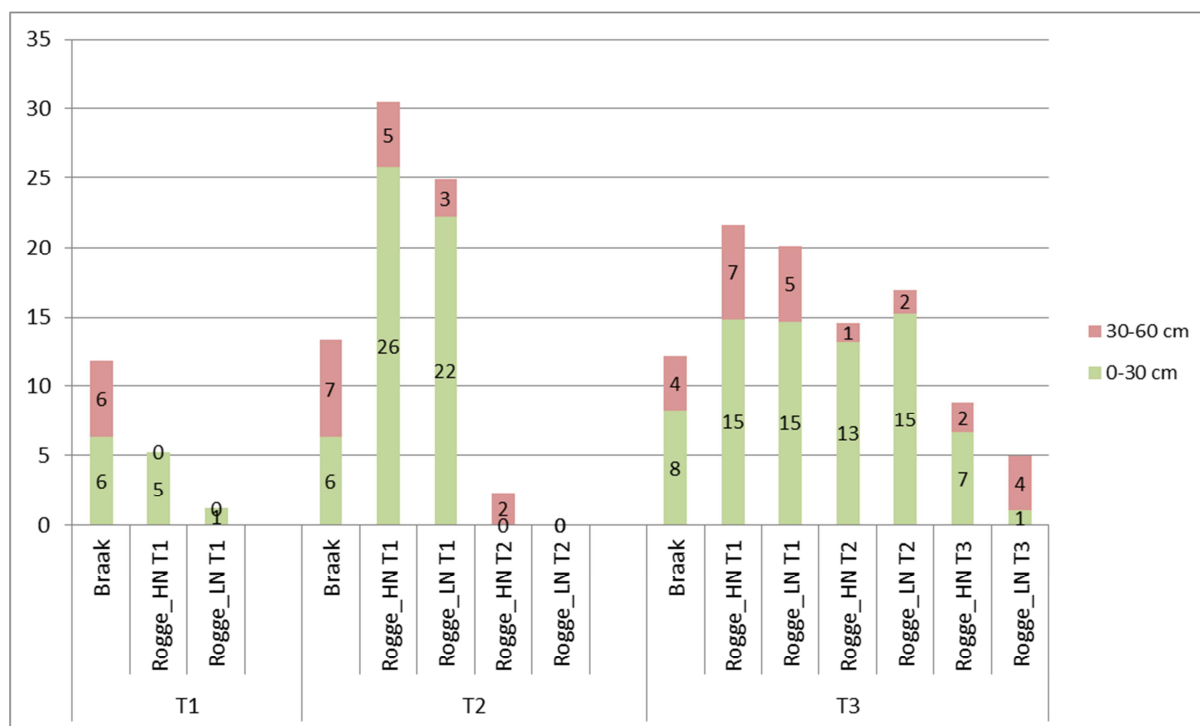
De ondergrondse gewasdelen van de winterrogge zijn niet geanalyseerd in dit onderzoek. Timmer et al. (2003) noemen een verhouding tussen bovengrondse en ondergrondse delen bij een goed ontwikkelde winterroggegroenbemester van 10 : 6. Hoek et al. (2006) vonden voor winterrogge die eerste week september werd gezaaid, een gemiddelde verhouding van 2 : 1. De variatie was echter groot tussen verschillende proeven. Een verhouding van 6 : 7 is ook gemeten (Hoek et al., 2006; Timmer et al., 2005). Hilhorst en Verloop (2009) vonden bij in het najaar gezaaide winterrogge gemiddeld een verhouding van ca. 7 : 3. Het N-gehalte van de ondergrondse delen bedraagt doorgaans de helft van het gehalte in de bovengrondse delen (Schröder, 1996; Den Boer & Ros, 2005), hoewel Hilhorst & Verloop (2009) in de ondergronds delen van winterrogge een nagenoeg even hoog gehalte vonden als in de bovengrondse delen. Als wordt aangenomen dat de organische-stofmassa van de ondergrondse delen van de winterrogge in de proef te Vredepeel vóór de winter (zie tabel 5) de helft bedroeg van de bovengrondse massa en dat het N-gehalte in de ondergrondse delen ook de helft bedroeg van dat in de bovengrondse delen, dan zou er 13 kg N per ha zijn opgenomen in de ondergrondse delen bij het hoge N-niveau en 7 kg N per ha bij het lage N-niveau. Als echter wordt uitgegaan van een verhouding tussen de boven- en ondergronds delen van 6 : 7, dan zou er in de ondergrondse delen 29 kg N per ha zijn opgenomen bij het hoge N-niveau en 16 kg N per ha bij het lage N-niveau. Als wordt uitgegaan van een verhouding tussen de boven- en ondergronds delen van 7 : 3 en een gelijk N-gehalte in beide, dan zou er in de ondergrondse delen 21 kg N per ha zijn opgenomen bij het hoge N-niveau en 12 kg N per ha bij het lage N-niveau. De op deze wijzen geschatte N-opname in de ondergrondse gewasdelen van de winterrogge verklaart een deel van de voornoemde niet-teruggevonden stikstof.

In figuur 3 is de gemeten Nmin-voorraad in de bodem in het voorjaar weergegeven op de momenten van inwerken. Op inwerktijdstip T1 was de Nmin-voorraad in de bodemlaag 0-60 cm bij de roggeobjecten zeer laag. Bij braak was deze wat hoger.

Op T2 zat er bij de roggeobjecten die op dat moment werden ingewerkt, (nagenoeg) geen stikstof in de laag 0-60 cm. Ook werd geen stikstof gevonden in de laag 60-90 cm. De Nmin-voorraad bij braak was vrijwel constant gebleven. In de laag 60-90 cm werd bij braak vrijwel geen stikstof aangetroffen (gemiddeld 2 kg N per ha). Bij de objecten waar de rogge op T1 was ingewerkt, was de Nmin-voorraad ca. 25 kg N per ha gestegen. Dit betrof een significante toename. Er was geen significant verschil in Nmin-voorraad tussen HN en LN.

Op T3 was de Nmin-voorraad in de bodemlaag 0-60 cm bij de roggeobjecten die op dat moment werden ingewerkt, eveneens laag. De Nmin-voorraad bij braak was nog steeds constant gebleven. Bij de objecten waar de rogge op T2 was ingewerkt, was de Nmin-voorraad ca. 15 kg N per ha gestegen. Dit betrof een significante toename. Er was geen significant verschil in Nmin-voorraad tussen HN en LN. Bij de objecten waar de rogge op T1 was ingewerkt, was de Nmin-voorraad wat afgenomen sinds T2. Dit betrof een afname in de laag 0-30 cm, die significant was. De Nmin-voorraad op T3 in de laag 0-30 cm bij de roggeobjecten die op T1 en T2 waren ingewerkt, was vrijwel gelijk. Het verschil tussen beide in de laag 0-60 cm was niet significant.





Figuur 3. **Nmin in de bodem per inwerkstijp bij de verschillende objecten**  
(T1 = 8 feb, T2 = 23 mrt, T3 = 12 apr; HN, LN = resp. hoog en laag N-niveau herfst)

### 3.4 Gewasbeoordeling snijmaïs

In de tabellen 7 en 8 is de beoordeling van de gewasstand van de maïs weergegeven. Op 19 mei is na opkomst van de maïs (in het 2-3 bladstadium) de gewasstand bij alle objecten gelijk beoordeeld met het rapportcijfer 8.

Zowel op 17 juni (kort voor stengelstrekking) als 15 juli (6 nodiën / 9-10-bladstadium, ±2 m lengte / geen pluim zichtbaar) stond de maïs bij het braakobject beter, naarmate de N-gift hoger was. Dit betrof in beide gewasstadia een significant lineair effect.

Op beide beoordelingsdata was de gewasstand van de maïs na inwerken van de winterrogge-HN op T3 duidelijk slechter dan bij braak. Dit betrof een significant verschil. Op 15 juli was bij het nulobject in de maïs de gewasstand na inwerken van de winterrogge-HN op T1 significant beter dan na braak. Bij de hoge N-gift in de maïs (200 kg N per ha) was de gewasstand bij geen van de roggeobjecten (significant) beter dan bij braak. Na inwerken van de winterrogge-LN op T1 was de maïsstand zelfs slechter dan na braak. Dit verschil was significant op 17 juni.

Tabel 7. **Beoordeling gewasstand maïs op 17 juni 2011 met een rapportcijfer<sup>1</sup>**

| Object         | Inwerkstijp | N-gift (kg N/ha) |     |     |     |     |
|----------------|-------------|------------------|-----|-----|-----|-----|
|                |             | 0                | 50  | 100 | 150 | 200 |
| Braak          | n.v.t.      | 5,8              | 6,0 | 6,5 | 7,3 | 7,5 |
| Winterrogge HN | T1          | 6,3              |     |     |     | 7,3 |
|                | T2          | 6,3              |     |     |     | 7,0 |
|                | T3          | 4,5              |     |     |     | 5,3 |
|                |             |                  |     |     |     |     |
| Winterrogge LN | T1          | 5,8              |     |     |     | 6,3 |
|                | T2          | 5,8              |     |     |     | 7,3 |
|                | T3          | 5,3              |     |     |     | 7,3 |

<sup>1</sup> Een hoger cijfer betekent een forser ontwikkeld gewas.

Tabel 8. **Beoordeling gewasstand maïs op 15 juli 2011 met een rapportcijfer<sup>1</sup>**

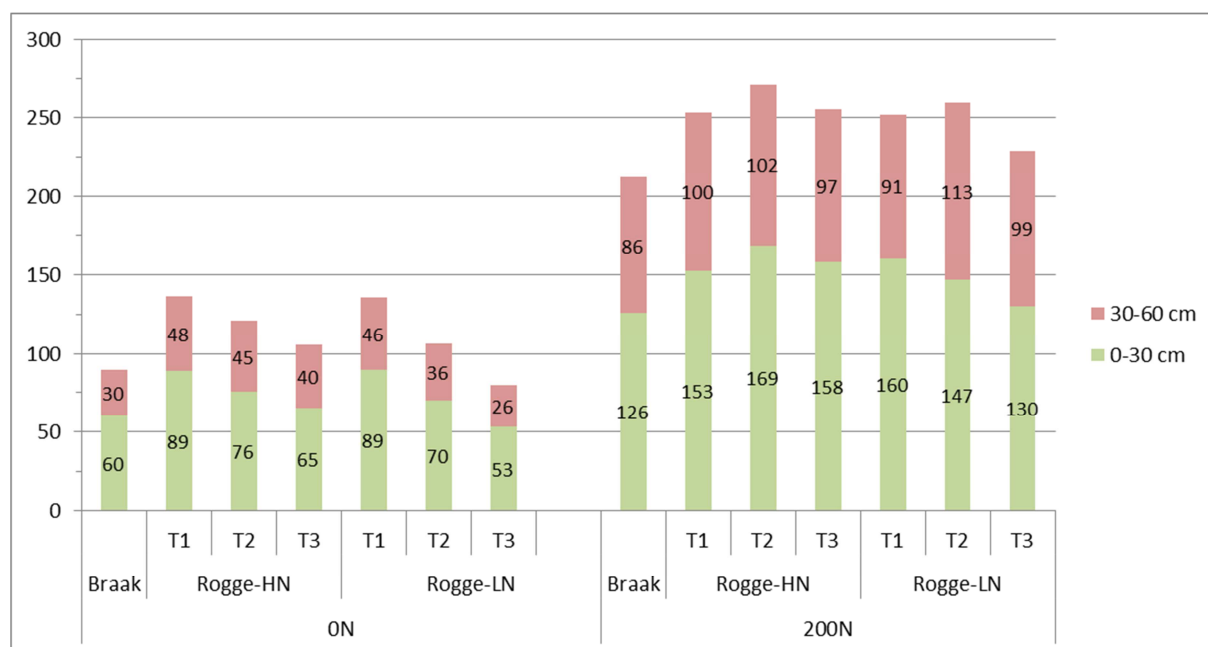
| Object         | Inwerktijdstip | N-gift (kg N/ha) |     |     |     |     |
|----------------|----------------|------------------|-----|-----|-----|-----|
|                |                | 0                | 50  | 100 | 150 | 200 |
| Braak          | n.v.t.         | 6,5              | 6,8 | 7,5 | 7,8 | 8,0 |
| Winterrogge HN | T1             | 8,0              |     |     |     | 8,5 |
|                | T2             | 7,0              |     |     |     | 8,0 |
|                | T3             | 4,8              |     |     |     | 6,3 |
| Winterrogge LN | T1             | 7,3              |     |     |     | 6,8 |
|                | T2             | 7,3              |     |     |     | 7,8 |
|                | T3             | 6,3              |     |     |     | 8,3 |

<sup>1</sup> Een hoger cijfer betekent een forser ontwikkeld gewas.

### 3.5 Nmin bodem medio juni

De gemeten Nmin-voorraad in de bodem op 16 juni 2011 is weergegeven in figuur 4. Bij het nulobject in de maïs was de Nmin-voorraad in de bodemlaag 0-60 cm na braak met 78 kg N per ha toegenomen sinds 12 april (zie figuur 3). Dit duidt op een sterke stikstofmineralisatie in de bodem in het voorjaar. Na de winterrogge was de Nmin lager naarmate de rogge op een later tijdstip was ingewerkt. Na inwerken van de winterrogge-LN op T3 was de Nmin zelfs niet hoger dan bij het braakobject. De verschillen waren echter geen van alle significant.

Bij de hoge N-gift in de maïs (200 kg N per ha) was de Nmin-voorraad in de bodemlaag 0-60 cm na braak op 16 juni met 200 kg N per ha toegenomen sinds 12 april. Die toename is gelijk aan de N-gift. Dit zou er op wijzen dat er geen netto stikstofmineralisatie in de bodem heeft plaatsgevonden in het voorjaar c.q. dat er evenveel stikstof is vastgelegd in de bodem als er is gemineraliseerd. Hiervoor is geen goede verklaring. Bij de roggeobjecten was de Nmin hoger dan bij braak. Inwerken op T2 leek tot de hoogste Nmin-voorraad te hebben geleid. De verschillen tussen de objecten waren echter ook hier niet significant.



Figuur 4. **Nmin in de bodem per inwerktijdstip bij de verschillende objecten op 16 juni 2011**

### 3.6 Opbrengst en N-opname snijmaïs

Bij het braakobject nam de droge-stofopbrengst van de maïs duidelijk toe bij verhoging van de N-gift van 0 naar 100 kg N per ha (tabel 9). Bij nog hogere N-gift nam de droge-stofopbrengst nog maar weinig toe. Er was sprake van een significant kwadratisch effect.

Bij een N-gift van 0 kg N per ha was de droge-stofopbrengst van de maïs na inwerken van de winterrogge gemiddeld over alle objecten significant hoger dan na braak. Gemiddeld over de drie inwerkstijdstippen was de droge-stofopbrengst na inwerken van rogge-HN bijna significant hoger dan na inwerken van rogge-LN. De opbrengst bij inwerken van de rogge op T3 was wat lager dan bij inwerken op T1 en T2, maar het verschil was niet significant.

Bij een N-gift van 200 kg N per ha waren er geen significante opbrengstverschillen tussen de roggeobjecten en braak. Tussen de roggeobjecten onderling was bij 200N de opbrengst bij LN-T2 significant hoger dan die bij HN-T3.

Tabel 9. **Droge-stofopbrengst snijmaïs (ton per ha) op 17 oktober 2011**

| Object         | Inwerkstijdstip | N-gift (kg N/ha) |      |      |      |      |
|----------------|-----------------|------------------|------|------|------|------|
|                |                 | 0                | 50   | 100  | 150  | 200  |
| Braak          | n.v.t.          | 13,7             | 16,6 | 17,6 | 18,0 | 18,2 |
| Winterrogge HN | T1              | 16,8             |      |      |      | 17,8 |
|                | T2              | 16,6             |      |      |      | 18,1 |
|                | T3              | 15,8             |      |      |      | 17,2 |
| Winterrogge LN | T1              | 15,7             |      |      |      | 18,1 |
|                | T2              | 16,0             |      |      |      | 19,2 |
|                | T3              | 15,1             |      |      |      | 18,6 |

Bij het braakobject was het droge-stofgehalte van de maïs hoger naarmate meer stikstof was toegediend (tabel 10). Dit betrof een significant lineair toename. De verschillende winterroggeobjecten hadden geen duidelijk effect op het droge-stofgehalte. Inwerken op T2 leek gemiddeld genomen tot een iets hoger droge-stofgehalte te hebben geleid dan inwerken op T1 en T3 (niet significant).

Tabel 10. **Droge-stofgehalte snijmaïs (%) op 17 oktober**

| Object         | Inwerkstijdstip | N-gift (kg N/ha) |      |      |      |      |
|----------------|-----------------|------------------|------|------|------|------|
|                |                 | 0                | 50   | 100  | 150  | 200  |
| Braak          | n.v.t.          | 34,4             | 37,7 | 38,5 | 39,7 | 40,8 |
| Winterrogge HN | T1              | 35,7             |      |      |      | 37,9 |
|                | T2              | 36,9             |      |      |      | 40,8 |
|                | T3              | 36,6             |      |      |      | 40,1 |
| Winterrogge LN | T1              | 35,0             |      |      |      | 41,1 |
|                | T2              | 36,6             |      |      |      | 42,4 |
|                | T3              | 34,5             |      |      |      | 40,8 |

Tabel 11. **Stikstofopname snijmaïs in de geogste delen (ton per ha) op 17 oktober**

| Object         | Inwerkstijdstip | N-gift (kg N/ha) |     |     |     |     |
|----------------|-----------------|------------------|-----|-----|-----|-----|
|                |                 | 0                | 50  | 100 | 150 | 200 |
| Braak          | n.v.t.          | 105              | 141 | 176 | 190 | 196 |
| Winterrogge HN | T1              | 148              |     |     |     | 198 |
|                | T2              | 140              |     |     |     | 198 |
|                | T3              | 146              |     |     |     | 190 |
| Winterrogge LN | T1              | 139              |     |     |     | 199 |
|                | T2              | 124              |     |     |     | 218 |
|                | T3              | 120              |     |     |     | 205 |

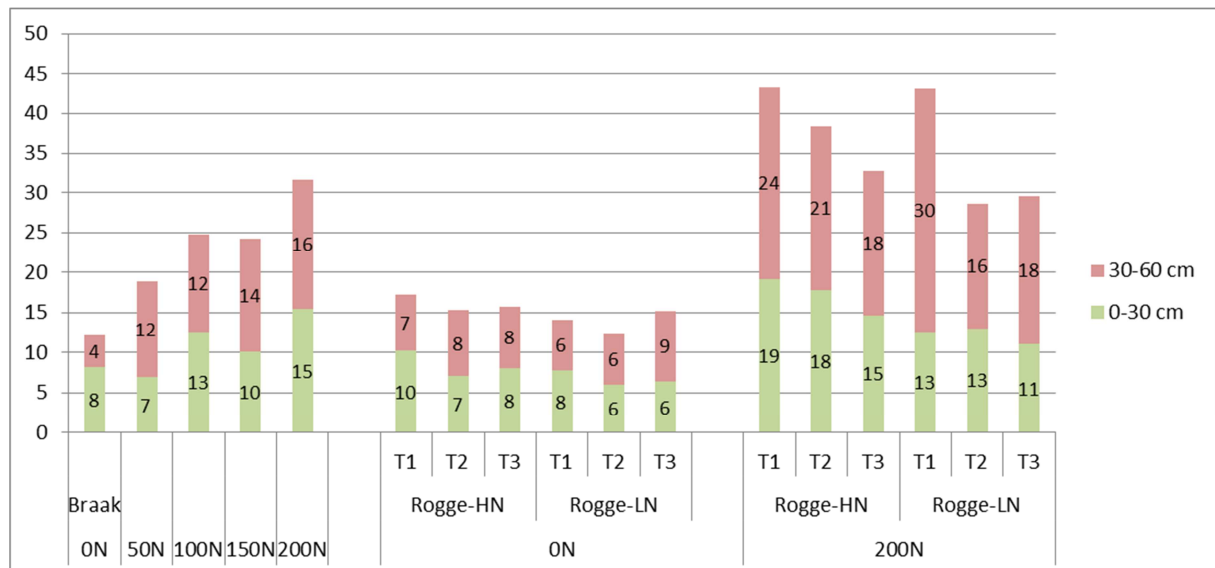
Bij het braakobject nam de stikstofopname van de maïs duidelijk toe bij verhoging van de N-gift van 0 tot 150 kg N per ha (tabel 11). Bij nog hogere N-gift nam de N-opname nauwelijks nog toe. Er was sprake van een significant kwadratisch effect.

Bij een N-gift van 0 kg N per ha was de N-opname van de maïs na inwerken van de winterrogge gemiddeld over alle objecten significant hoger dan bij braak. Gemiddeld over de drie inwerkstijdstippen was de N-opname na inwerken van rogge-HN significant hoger dan na inwerken van rogge-LN. De verschillen in N-opname van de maïs tussen de drie inwerkstijdstippen van de rogge waren niet significant. Bij een N-gift van 200 kg N per ha waren er geen significante N-opnameverschillen tussen de objecten.

### 3.7 Nmin bodem bij oogst

Bij het braakobject bleef er bij oogst meer minerale stikstof achter in de bodemlaag 0-60 cm naarmate er meer stikstof was toegediend (figuur 5). Dit betrof een significant lineair effect.

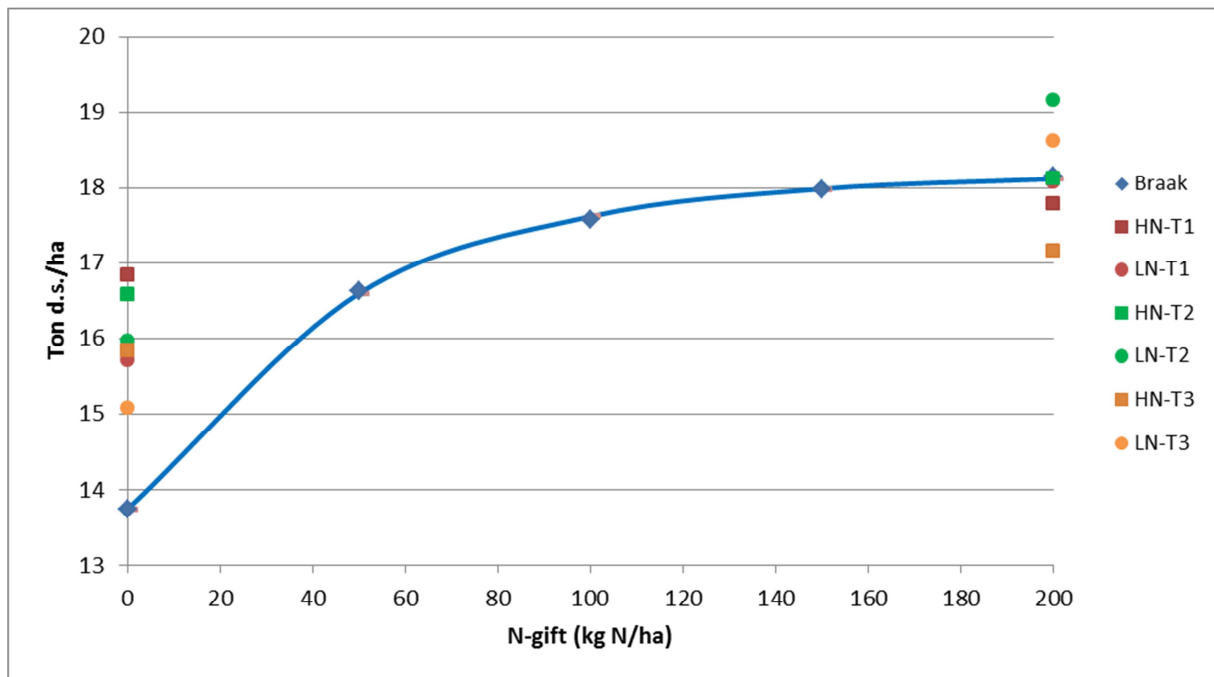
Bij het nulobject van de maïs bleef er bij de verschillende winterrogge-objecten niet significant meer Nmin na dan bij braak. Bij de N-gift van 200 kg N per ha aan de maïs leek wel iets meer Nmin achter te blijven bij de winterrogge-objecten, maar ook dit betroffen geen significante verschillen ten opzichte van braak. Bij inwerken op T1 leek er hier wat meer stikstof achter te zijn gebleven dan bij inwerken op T2 en T3 (niet significant).



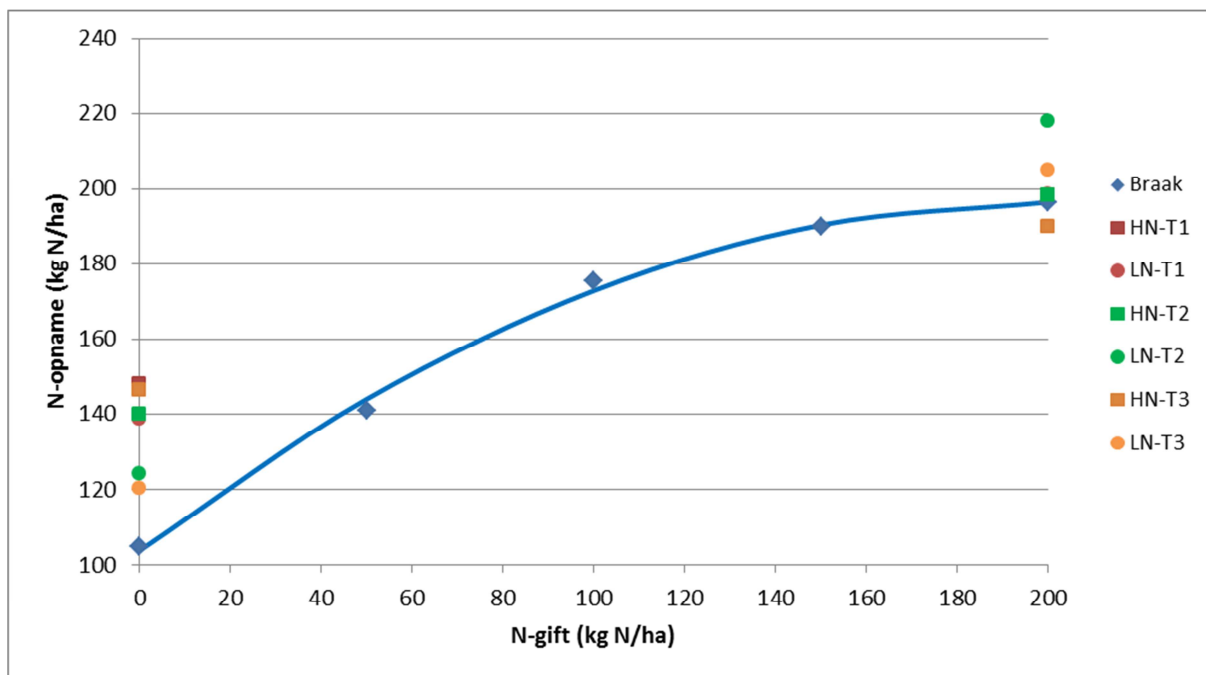
Figuur 5. Nmin in de bodem na oogst op 18 oktober 2011, per inwerkstijp bij de verschillende objecten

### 3.8 Schatting van de stikstofwerking

De respons van de droge-stofopbrengst van de maïs op de N-gift na braak kon het beste worden beschreven met een exponentiële curve (figuur 6) en de respons van de N-opname het beste met een 2<sup>e</sup> graads polynoom (figuur 7). In de figuren 6 en 7 is tevens de droge-stofopbrengst of N-opname van de verschillende winterroggeobjecten weergegeven. Door de objecten bij de N-gift van 0 kg N per ha naar rechts te verschuiven, totdat ze op de responscurve komen, is herleid met hoeveel kg werkzame stikstof de droge-stofopbrengst of N-opname overeenstemt. Dit is weergegeven in tabel 12.



Figuur 6. Droge-stofopbrengst snijmaïs bij de verschillende objecten uitgezet tegen de N-gift aan de maïs



Figuur 7. Stikstofopname snijmaïs bij de verschillende objecten uitgezet tegen de N-gift aan de maïs

De berekende N-werking uit de ingewerkte winterrogge was gemiddeld over de drie inwerkstijdstippen bij rogge-HN hoger dan bij rogge-LN, maar de relatieve werking (als percentage van de N-opname in de bovengrondse delen op het moment van inwerken) was vrijwel gelijk.

Gemiddeld over HN en LN was de N-werking uit de rogge bij inwerken op T1 of T2 vrijwel gelijk op basis van droge-stofopbrengst, maar was deze op basis van N-opname bij T1 hoger dan bij T2. Relatief was de N-werking bij inwerken op T1 of T2 vrijwel gelijk bij rogge-HN, maar was deze bij rogge-LN bij T2 hoger dan bij T1 op basis van droge-stofopbrengst en lager op basis van N-opname.

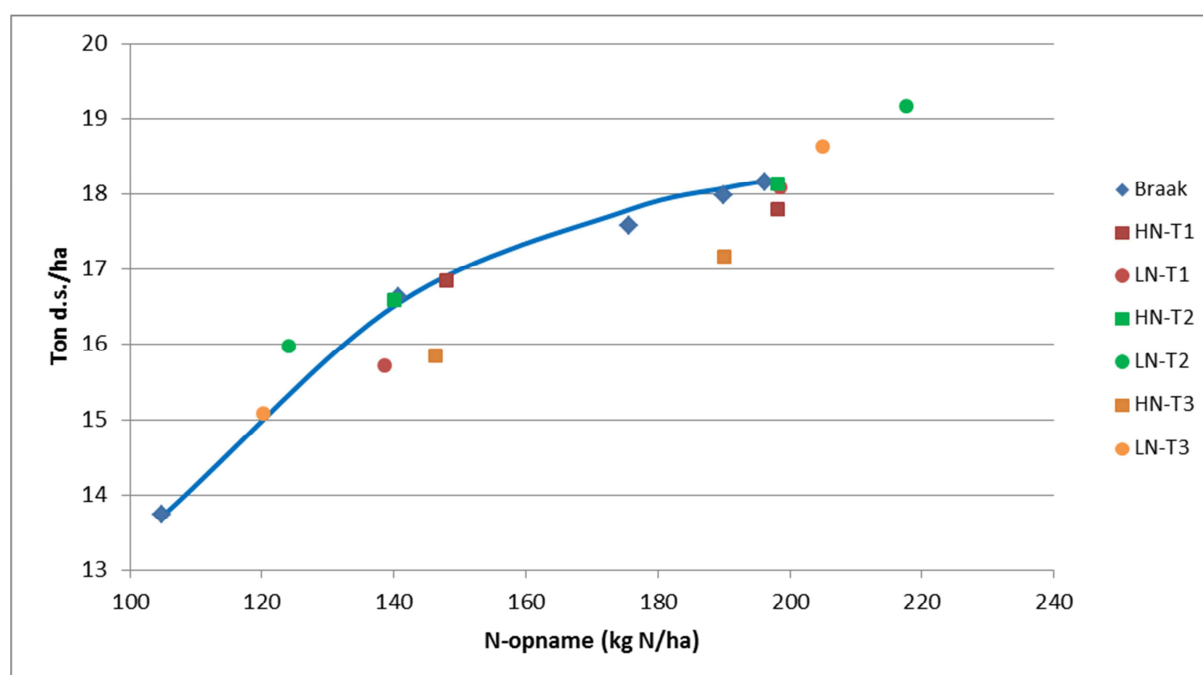
De N-werking uit de rogge bij inwerken op T3 was op basis van droge-stofopbrengst zowel absoluut als relatief gezien lager dan bij inwerken op T1 en T2. Op basis van N-opname was de N-werking bij rogge-HN bij T3 min of meer gelijk aan die bij T1 en T2 en was deze bij rogge-LN min of meer gelijk aan die bij T2. Relatief was de N-werking echter, zowel bij rogge-HN als rogge-LN, lager.

Tabel 12. **Afgeleide N-werking (kg N per ha) op basis van droge-stofopbrengst en op basis van N-opname in de bovengrondse delen op het moment van inwerken**

| Object         | Inwerk-tijdstip | N-opname (kg N/ha) | N-werking op basis van <sup>1</sup> |     |          |     |
|----------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|-----|----------|-----|
|                |                 |                    | DS-opbrengst                        |     | N-opname |     |
| Winterrogge HN | T1              | 74                 | 58                                  | 79% | 56       | 76% |
|                | T2              | 62                 | 50                                  | 80% | 44       | 72% |
|                | T3              | 113                | 31                                  | 27% | 53       | 47% |
| Winterrogge LN | T1              | 48                 | 29                                  | 59% | 43       | 88% |
|                | T2              | 38                 | 34                                  | 90% | 24       | 62% |
|                | T3              | 58                 | 17                                  | 30% | 19       | 33% |
| Winterrogge HN | gemiddeld       |                    | 46                                  | 62% | 51       | 65% |
| Winterrogge LN | gemiddeld       |                    | 27                                  | 60% | 28       | 61% |
| gemiddeld      | T1              |                    | 43                                  | 69% | 49       | 82% |
| gemiddeld      | T2              |                    | 42                                  | 85% | 34       | 67% |
| gemiddeld      | T3              |                    | 24                                  | 29% | 36       | 40% |

<sup>1</sup> Tussen haakjes: de N-werking als percentage van de N-opname in de bovengrondse delen bij inwerken.

De droge-stofproductie van de maïs bij object winterrogge LN-T2 was in verhouding tot de N-opname hoog (figuur 8). Bij object winterrogge HN-T3 was de droge-stofproductie van de maïs per kg opgenomen stikstof laag. Uit regressieanalyse bleek dat dit in beide gevallen significant verschillen betrof ten opzichte van de droge-stofproductie uitgezet tegen de N-opname bij braak. Dit duidt erop dat bij LN-T2 en HN-T3 bepaalde groeifactoren invloed hebben gehad op de productie, die bij braak niet aanwezig waren. Bij de andere rogge-objecten was er geen significant verschil ten opzichte van braak.



Figuur 8. **Droge-stofopbrengst snijmaïs bij de verschillende objecten, uitgezet tegen de stikstofopname**

## 3.9 Stikstofbalans

In tabel 13 is per object een stikstofbalans weergegeven: stikstofaanvoer en –afvoer van het veld. De stikstofgiften in de herfst zijn niet meegeteld als aanvoerpost in deze balans, omdat deze in een praktijk-situatie niet worden toegediend. In deze proef waren ze enkel bedoeld om een praktijksituatie met hogere en lagere rest-N<sub>min</sub> na oogst te simuleren. Gemiddeld genomen was het N-overschot bij inwerken op T3 wat hoger dan bij inwerken op T1 en T2.

Tabel 13. **Stikstofbalans (kg N per ha) per rogge-object, zonder N-bemesting aan de maïs (N0) en met een N-gift van 200 kg N per ha (200N) aan de maïs**

| Object         | Inwerktijdstip | N-gift maïs | N-opname maïs c.q. afvoer | N-overschot (aanvoer – afvoer) |
|----------------|----------------|-------------|---------------------------|--------------------------------|
| Winterrogge HN | T1             | 0           | 148                       | -148                           |
|                | T2             | 0           | 140                       | -140                           |
|                | T3             | 0           | 146                       | -146                           |
| Winterrogge LN | T1             | 0           | 139                       | -139                           |
|                | T2             | 0           | 124                       | -124                           |
|                | T3             | 0           | 120                       | -120                           |
| Winterrogge HN | T1             | 200         | 198                       | 2                              |
|                | T2             | 200         | 198                       | 2                              |
|                | T3             | 200         | 190                       | 10                             |
| Winterrogge LN | T1             | 200         | 199                       | 1                              |
|                | T2             | 200         | 218                       | -18                            |
|                | T3             | 200         | 205                       | -5                             |
| gemiddeld      | T1             |             | 171                       | -71                            |
| gemiddeld      | T2             |             | 170                       | -70                            |
| gemiddeld      | T3             |             | 165                       | -65                            |

In tabel 14 is een N-balans opgesteld waarbij per object de N-gift volgens de N-bemestingsrichtlijn voor snijmaïs is berekend (Van Dijk & Van Geel, 2010) op basis van actuele N<sub>min</sub> per object vóór zaai. Op die gift is de berekende N-werking uit de rogge per object als korting in mindering is gebracht. Omdat een hogere of lagere N<sub>min</sub> vóór zaai ten opzichte van het braakobject impliciet is verdisconteerd in de afgeleide N-werking, is de N-korting hiervoor gecorrigeerd. Nu is het N-overschot bij inwerken op T1 lager dan dat bij inwerken op T2 en dat bij T3 het hoogste.

Tabel 14. **Stikstofbalans (kg N per ha) per rogge-object op basis van een N-gift aan de maïs volgens de N-bemestingsrichtlijn minus een korting voor de N-werking uit de winterrogge**

| Object         | Inwerk-tijdstip | N <sub>min</sub> 0-30 cm vóór zaai | N-gift maïs volgens de N-richtlijn | N-werking winterrogge <sup>1</sup> | N-korting | N-gift minus korting | N-opname maïs c.q. afvoer <sup>2</sup> | N-overschot (aanvoer – afvoer) |
|----------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------|--|--------------------------------|
| Braak          | n.v.t.          | 8                                  | 197                                | 0                                  | 0         | 197                  | 196                                    | 1                              |
| Winterrogge HN | T1              | 15                                 | 190                                | 57                                 | 50        | 140                  | 196                                    | -56                            |
|                | T2              | 13                                 | 192                                | 47                                 | 42        | 150                  | 196                                    | -46                            |
|                | T3              | 7                                  | 198                                | 42                                 | 43        | 155                  | 196                                    | -41                            |
| Winterrogge LN | T1              | 15                                 | 190                                | 36                                 | 29        | 161                  | 196                                    | -35                            |
|                | T2              | 15                                 | 190                                | 29                                 | 22        | 168                  | 196                                    | -28                            |
|                | T3              | 1                                  | 204                                | 18                                 | 25        | 179                  | 196                                    | -17                            |
| gemiddeld      | T1              | 15                                 | 190                                | 47                                 | 40        | 151                  | 196                                    | -46                            |
| gemiddeld      | T2              | 14                                 | 191                                | 38                                 | 32        | 159                  | 196                                    | -37                            |
| gemiddeld      | T3              | 4                                  | 201                                | 30                                 | 34        | 167                  | 196                                    | -29                            |

<sup>1</sup> N-korting op de gift op basis van de afgeleide N-werking uit de rogge per object (tabel 12, gemiddelde van afgeleide N-werking (kg N per ha) op basis van droge-stof-opbrengst en N-opname).

<sup>2</sup> Berekend uit de responscurve bij braak (figuur 7).





## 4 Discussie en conclusies

Het aanbrengen van twee verschillende N-bodemniveaus in het najaar bij de winterrogge leidde niet tot een gewenst verschil in C/N-verhouding.

Het hogere N-niveau gaf een betere gewasgroei van de rogge, een hogere droge-stofproductie en een hogere N-opname in de bovengrondse delen dan het lagere N-niveau. De C/N-verhouding was echter gelijk. Er was dus geen relatie tussen de waargenomen uiterlijke gewaskenmerken en C/N-verhouding.

De C/N-verhouding verschilde enkel per inwerktijdstip en steeg naarmate later werd ingewerkt. Bij inwerken op T3 was al hergroei opgetreden van de rogge.

Timmer et al. (2003) noemen voor een goed ontwikkelde winterrogge-groenbemester (3 ton droge stof en 100 kg N per ha in de bovengrondse delen) een C/N-verhouding van 15. Hoek et al. (2006) vonden voor winterrogge die rond 1 september is gezaaid, een C/N van 10. De C/N-verhouding die in deze proef te Vredepeel is gevonden op 23 november 2010 en 9 februari 2011 zat hier tussenin. De verwachting was dat het lage N-aanbod, behalve tot een slechtere groei en lagere N-opname, ook zou leiden tot een lager N-gehalte in de droge stof en een hogere C/N-verhouding, maar dat bleek niet het geval te zijn.

Uit proefgegevens van Van Dijk et al. (1995) en Schröder et al. (1992) blijkt dat een lagere Nmin-voorraad in de bodem in de herfst soms leidde tot een wat hogere C/N-verhouding van winterrogge, maar lang niet altijd. De rogge was in hun onderzoek meestal eind september gezaaid en een keer begin oktober. De verwachting was dat er bij eerdere zaai (twee weken eerder in deze proef te Vredepeel) mogelijk een sterker effect van het N-aanbod op de N-opname en de C/N-verhouding zou optreden door een langere groei- en N-opnameperiode vóór de winter. Die verwachting kwam niet uit.

De onderzoeksvraag in hoeverre de C/N-verhouding het optimale inwerktijdstip beïnvloedt, kan derhalve niet worden beantwoord.

Bij inwerken op T1 (9 februari) leek de stikstof uit de ingewerkte rogge tussen 9 februari en 23 maart al snel vrij te komen, ondanks de dan nog lage bodemtemperatuur (zie bijlage 2). Dit stemt overeen met bevinding uit de literatuurstudie dat de stikstof uit een groenbemester, bij lage C/N-verhouding, in de eerste weken na inwerken ook bij lage temperatuur al snel mineraliseert (van Geel et al., 2010).

Dat de Nmin-voorraad bij het braakobject in de periode 8 feb – 12 april constant bleef, duidt erop dat er vanuit de bodemorganische stof geen of weinig stikstof beschikbaar kwam. In februari is er mogelijk uitspoelingsverlies tot beneden 60 cm –mv opgetreden, maar in maart en april is dat, gezien de lage hoeveelheid neerslag in die periode, onwaarschijnlijk.

Het mag evenwel niet worden uitgesloten dat het inwerken van de winterrogge met een frees de mineralisatie van de bodemorganische-stof heeft gestimuleerd. Grondbewerking kan namelijk de mineralisatie stimuleren. Daardoor staat niet vast dat de toename van Nmin in de bodem bij de roggeobjecten geheel is toe te schrijven aan mineralisatie uit de ingewerkte rogge. Opmerkelijk is hierbij ook dat er slechts een gering (niet significant) verschil was in Nmin-voorraad tussen HN en LN. Dat geldt ook voor de gemeten Nmin op 12 april. Deze was na inwerken op T2 bij rogge-LN zelfs niet lager dan bij rogge-HN.

Inwerken op T1 of T2 (21 maart) leidde tot een vrijwel gelijk Nmin-voorraad in de bodemlaag 0-30 cm voor de maïs (op 12 april). Inwerken op T3 (11 april) leidde tot een gemiddeld ca. 10 kg per ha lagere Nmin. Bij opvolging van de N-bemestingsrichtlijn voor snijmaïs (van Dijk & van Geel, 2010) zou daardoor na inwerken op T3 10 kg N per ha meer worden bemest dan na inwerken op T1 of T2.

De Nmin-meting van 16 juni leverde geen eenduidig beeld op van de N-werking uit de verschillende rogge-objecten. Bij het nulobject van de maïs leek eerder inwerken van de rogge tot een hogere Nmin te hebben geleid. Na inwerken van de rogge-LN op T3 leek er zelfs nog geen stikstof te zijn vrijgekomen. Bij de hoge N-gift in de maïs (200 kg N per ha) leek inwerken op T2 tot de hoogste Nmin-voorraad te hebben geleid.

Er was in de maïs een duidelijke stikstofwerking uit de ingewerkte winterrogge. Op basis van N-opname gaf inwerken op T1 de hoogste N-werking. Op basis van droge-stofproductie maakte het vrijwel niets uit of de rogge op T1 of T2 werd ingewerkt.

Inwerken op T3 leidde tot een lagere N-werking. Absoluut gezien was het verschil op basis van N-opname door de maïs niet zo groot ten opzichte van inwerken op T1 en T2, maar relatief (als percentage van de bovengrondse N-opname van de rogge) was de N-werking aanmerkelijk lager. Op basis van droge-stofopbrengst was de N-werking bij inwerken op T3 zowel absoluut als relatief duidelijk lager.

Daar komt nog bij dat bij inwerken op T3 van de rogge-HN de gewasgroei in het voorjaar en de zomer duidelijk zichtbaar achterbleef en dat de droge-stofproductie van de maïs per kg opgenomen stikstof ook lager was. Dit wijst erop dat andere groeifactoren dan stikstof de gewasgroei al vanaf het voorjaar hebben beperkt. Een mogelijke oorzaak is meer vochtonttrekking aan de bodem door de hergroeiende winterrogge, waardoor er minder beschikbaar was voor de maïs, in combinatie met het droge voorjaar. In de natte zomer zal de vochtvoorziening niet beperkend zijn geweest voor de gewasgroei, maar is de groeiachterstand niet meer ingehaald.

Voor de hogere droge-stofproductie per kg opgenomen stikstof van de maïs na inwerken van rogge-LN op T2 is geen goede verklaring gevonden. De gewasstand was bij dit object niet duidelijk beter. Waarschijnlijk berust het toch op toeval (veldvariatie). Ook de hoge N-opname in combinatie met de hoge N-gift (200 kg N per ha) in de maïs is opmerkelijk bij dit object. Daar de verschillen in N-opname tussen de objecten bij deze hoge N-trap niet significant waren, zal ook dit verschil berusten op veldvariatie.

De lagere N-werking bij T3 is voor een deel toe te schrijven aan de lagere N<sub>min</sub> voor zaai. De N<sub>min</sub> die bij vroeg inwerken al beschikbaar is gekomen voor zaai van de maïs, zit impliciet in de berekende N-werking verdisconteerd. Verder mineraliseert de stikstof bij hogere C/N-verhouding langzamer dan bij lagere C/N-verhouding. Het late inwerkstip in combinatie met de hoge C/N-verhouding leidde er dus toe dat de stikstof uit de rogge bij T3 later en langzamer vrijkwam.

De consequentie hiervan is dat het gewas niet optimaal profiteert van de door het vanggewas vastgelegde stikstof en dat er meer stikstof vrijkomt in de periode nadat de gewasopname van de maïs is gestopt. Dat laatste kwam echter niet tot uiting in een hogere N<sub>min</sub> bij oogst. De verschillen in N<sub>min</sub> waren klein.

Mogelijk zijn ze genivelleerd door uitspoeling van stikstof tot beneden 60 cm -mv tijdens de natte perioden in de zomer en/of de eerste helft van oktober.

Het proefresultaat komt overeen met de bevindingen van de literatuurstudie, namelijk dat het winterharde stikstofvanggewas het beste vroeg in het voorjaar kan worden ingewerkt, voordat er hergroei en stikstofopname optreedt. Bij inwerken in de periode tussen begin februari en begin hergroei lijkt het niet zo heel veel uit te maken voor de stikstofopname van het volggewas maïs of het vanggewas een paar weken vroeger of later wordt ingewerkt.

Bij hoge temperaturen aan het einde van de winter en het begin van het voorjaar zal de hergroei eerder optreden dan bij lage temperatuur. De teler moet dit dus goed in de gaten houden (letten op het vanggewas en de weersomstandigheden).

T1 en T2 (21 maart) waren in deze proef de meest optimale inwerkmomenten. In deze proef leek vroeg inwerken (9 februari; T1) een nog wat hogere N-werking te geven dan inwerken op T2 (op basis van N-opname door de maïs). Het lijkt erop dat tussen 9 februari en 21 maart uitspoeling van stikstof naar diepere bodemlagen van geen of weinig betekenis is geweest, gezien de relatief hoge N<sub>min</sub> in de laag 0-30 cm op 21 maart en relatief lage N<sub>min</sub> in de laag 30-60 cm (figuur 3). Als deze periode zeer nat was geweest en er veel gemineraliseerde stikstof verloren was gegaan, was de N<sub>min</sub>-voorraad 0-30 cm vóór zaai van de maïs na inwerken op T1 wellicht lager geweest dan na inwerken op T2. Dan had inwerken op T2 misschien een beter resultaat gegeven. Gezien het geringe verschil tussen inwerken op T1 en T2 en omdat men de neerslagsituatie van te voren niet kent, zou wat later inwerken in deze periode dan de voorkeur hebben om de periode tussen inwerken en zaaimoment van de maïs te bekorten en daarmee het risico van N-verlies te verminderen.

Gemiddeld over T1 en T2 bedroeg de berekende relatieve N-werking uit de ingewerkte winterrogge 77% op basis van droge-stofproductie en 74% op basis van N-opname in de bovengrondse gewasdelen. Dit stemt overeen met de bevinding van Van Dijk et al. (1995). Op basis van meerjarig onderzoek schatten zij de

N-werking van winterrogge bij maïs op zandgrond op 75% op basis van de N-opname in de bovengrondse delen.

Doordat bij het braakobject in de herfst geen stikstof is toegediend en het Nmin-niveau in de bodem lager was dan bij de roggeobjecten, is de afgeleide N-werking echter niet helemaal zuiver. Bij een hogere Nmin-voorraad in de bodem in het najaar bij 'braak', was deze wellicht in het voorjaar ook nog iets hoger geweest. De droge-stofproductie en N-opname van de maïs bij het nulobject 'braak' waren dan waarschijnlijk iets hoger geweest, het verschil met de nulobjecten na rogge iets kleiner en de afgeleide N-werking iets lager.

### **Conclusie**

Uit deze veldproef en de eerder uitgevoerde literatuurstudie volgt dat een winterhard stikstofvanggewas het beste vroeg in het voorjaar kan worden ingewerkt, voordat er hergroei en stikstofopname optreedt.



## Referenties

- Boer, D.J. den & G.H. Ros (2005). Bemestingsadvies voor snijmais na het oogsten van een snede gras of vanggewas. Rapport 967.04, Nutriënten Management Instituut NMI B.V. Wageningen, 59 p.
- Dijk, W. van & W. van Geel (2010). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 100 p. + bijlagen. *Alleen elektronisch beschikbaar op de web site Kennisakker ([www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl))*
- Dijk, W. van, J.J. Schröder, L. ten Holte & W.J.M. de Groot (1995). Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmais. Verslag van onderzoek op ROV Aver-Heino tussen voorjaar 1991 en najaar 1994. Proefstation voor Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, verslag nr. 201, Lelystad, 97 pp.
- Geel, W. van, H. van Schooten & J. Verhoeven (2010). Inwerkijdstip van winterharde vanggewassen. Deskstudie. Projectnr. 32 501725 10, PPO-AGV, Lelystad, 29 pp.
- Hilhorst, G.J. & J. Verloop (2009). Opbrengst vanggewas na maïs. Rapport nr. 51, Koeien & Kansen, 21 p.
- Hoek, J., R.D. Timmer & G.W. Korthals (2006). Actualisatie kengetallen groenbemesters. PPO nr. 32520106. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. 44 p.
- Schröder, J.J. (1996). Estimates of the carbon and nitrogen yield of shoots and roots of cover crops. In: J.J. Schröder (Ed), Long term reduction of nitrate leaching by cover crops. Second progress report of EU concerted action (AIR3) 2108. AB-DLO Nota 53, p. 81-93.
- Schröder, J.J., L. ten Holte, W. van Dijk, W.J.M. de Groot, W.A. de Boer & E.J. Jansen (1992). Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmais. Proefstation voor Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, verslag nr. 148, Lelystad, 105 pp.
- Timmer, R.D., G.W. Korthals & J. Hoek (2005). Actualisatie kengetallen groenbemesters 2004. PPO nr. 520106. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. 48 p.
- Timmer R.D., G.W. Korthals & L.P.G. Molendijk (2003). Groenbemesters: van teelttechniek tot ziekten en plagen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. 59 p.



# Bijlage 1. Proefveldschema

Het proefveldschema van de proef 'inwerkijdstippen winterhard vanggewas voor maïs' is hieronder weergegeven. Ten behoeve van een ander project, van Plant Research International, zijn in de proef ook twee bladrammenasobjecten opgenomen.

|        |              |    |             |      |                         |    |              |    |             |    |                         |        |              |      |             |    |                         |    |              |    |             |    |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--------------|----|-------------|------|-------------------------|----|--------------|----|-------------|----|-------------------------|--------|--------------|------|-------------|----|-------------------------|----|--------------|----|-------------|----|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 19     | Rogge        | HN | T1          | N0   | SPUITSPOOR / KEERSTROOK | 38 | Bladrammenas | -  | wel afvoer  | N0 | SPUITSPOOR / KEERSTROOK | 57     | Rogge        | HN   | T3          | N4 | SPUITSPOOR / KEERSTROOK | 76 | Bladrammenas | -  | geen afvoer | N0 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18     | Rogge        | HN | T1          | N4   |                         | 37 | Bladrammenas | -  | geen afvoer | N0 |                         | 56     | Rogge        | HN   | T3          | N0 |                         | 75 | Bladrammenas | -  | wel afvoer  | N0 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17     | Rogge        | HN | T3          | N0   |                         | 36 | Braak        | -  | -           | N4 |                         | 55     | Rogge        | LN   | T1          | N4 |                         | 74 | Braak        | -  | -           | N2 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16     | Rogge        | HN | T3          | N4   |                         | 35 | Braak        | -  | -           | N0 |                         | 54     | Rogge        | LN   | T1          | N0 |                         | 73 | Braak        | -  | -           | N4 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15     | Rogge        | LN | T2          | N4   |                         | 34 | Braak        | -  | -           | N3 |                         | 53     | Rogge        | HN   | T2          | N0 |                         | 72 | Braak        | -  | -           | N3 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14     | Rogge        | LN | T2          | N0   |                         | 33 | Braak        | -  | -           | N1 |                         | 52     | Rogge        | HN   | T2          | N4 |                         | 71 | Braak        | -  | -           | N1 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13     | Rogge        | LN | T1          | N4   |                         | 32 | Braak        | -  | -           | N2 |                         | 51     | Rogge        | HN   | T1          | N0 |                         | 70 | Braak        | -  | -           | N0 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12     | Rogge        | LN | T1          | N0   |                         | 31 | Rogge        | LN | T3          | N0 |                         | 50     | Rogge        | HN   | T1          | N4 |                         | 69 | Rogge        | LN | T2          | N4 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11     | Rogge        | HN | T2          | N4   |                         | 30 | Rogge        | LN | T3          | N4 |                         | 49     | Rogge        | LN   | T2          | N0 |                         | 68 | Rogge        | LN | T2          | N0 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10     | Rogge        | HN | T2          | N0   |                         | 29 | Rogge        | LN | T2          | N4 |                         | 48     | Rogge        | LN   | T2          | N4 |                         | 67 | Rogge        | HN | T3          | N0 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9      | Rogge        | LN | T3          | N0   |                         | 28 | Rogge        | LN | T2          | N0 |                         | 47     | Rogge        | LN   | T3          | N0 |                         | 66 | Rogge        | HN | T3          | N4 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8      | Rogge        | LN | T3          | N4   |                         | 27 | Rogge        | HN | T1          | N4 |                         | 46     | Rogge        | LN   | T3          | N4 |                         | 65 | Rogge        | LN | T1          | N4 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7      | Braak        | -  | -           | N4   |                         | 26 | Rogge        | HN | T1          | N0 |                         | 45     | Braak        | -    | -           | N2 |                         | 64 | Rogge        | LN | T1          | N0 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6      | Braak        | -  | -           | N3   |                         | 25 | Rogge        | HN | T3          | N4 |                         | 44     | Braak        | -    | -           | N1 |                         | 63 | Rogge        | HN | T2          | N0 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5      | Braak        | -  | -           | N2   |                         | 24 | Rogge        | HN | T3          | N0 |                         | 43     | Braak        | -    | -           | N3 |                         | 62 | Rogge        | HN | T2          | N4 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4      | Braak        | -  | -           | N0   |                         | 23 | Rogge        | LN | T1          | N0 |                         | 42     | Braak        | -    | -           | N0 |                         | 61 | Rogge        | HN | T1          | N0 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3      | Braak        | -  | -           | N1   |                         | 22 | Rogge        | LN | T1          | N4 |                         | 41     | Braak        | -    | -           | N4 |                         | 60 | Rogge        | HN | T1          | N4 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2      | Bladrammenas | -  | wel afvoer  | N0   |                         | 21 | Rogge        | HN | T2          | N0 |                         | 40     | Bladrammenas | -    | geen afvoer | N0 |                         | 59 | Rogge        | LN | T3          | N4 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1      | Bladrammenas | -  | geen afvoer | N0   |                         | 20 | Rogge        | HN | T2          | N4 |                         | 39     | Bladrammenas | -    | wel afvoer  | N0 |                         | 58 | Rogge        | LN | T3          | N0 |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|        |              |    |             | I    |                         |    |              |    | II          |    |                         |        |              | III  |             |    |                         |    | IV           |    |             |    |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ←----- |              |    |             |      |                         |    |              |    |             |    |                         | ←----- |              |      |             |    |                         |    |              |    |             |    |  | ←----- |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ←----- |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ←----- |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|        |              |    |             | 12 m |                         |    |              |    | 12 m        |    |                         |        |              | 12 m |             |    |                         |    | 12 m         |    |             |    |  | 12 m   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Veldjesgrootte: 6 x 12 m<sup>2</sup> bruto  
1,5 x 10 m<sup>2</sup> netto

## Nmin-voorraad in de bodem (kg N/ha) op 17 augustus 2010

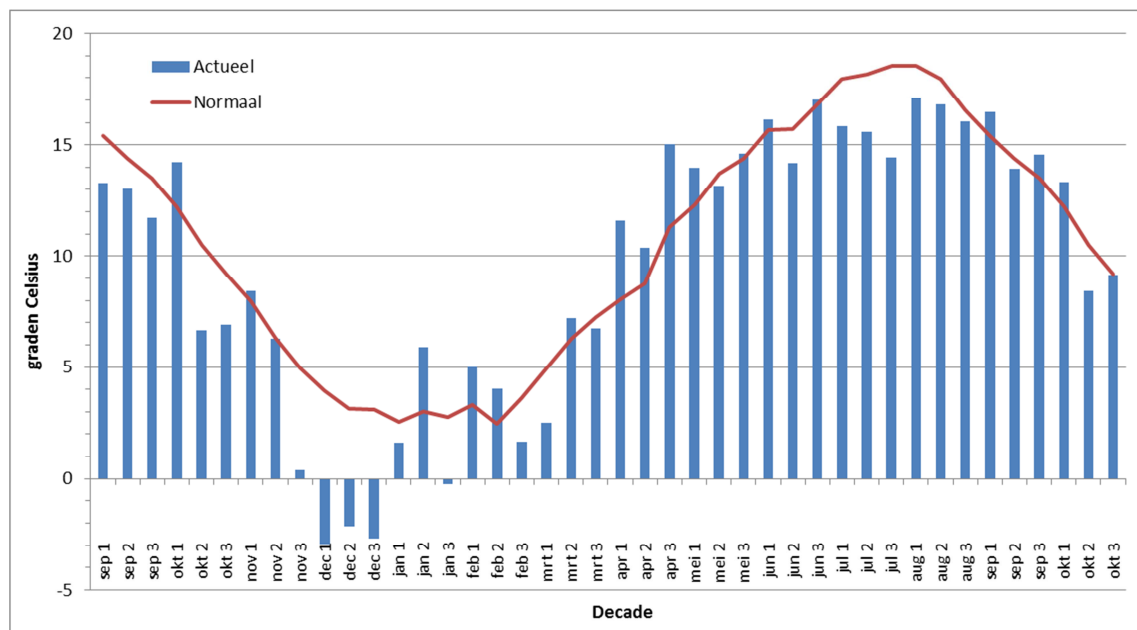
| Laag (cm) | Blok 1 | Blok 2 | Blok 3 | Blok 4 | Gemiddeld |
|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| 0-30      | 8      | 5      | 4      | 6      | 5,8       |
| 30-60     | 33     | 19     | 16     | 10     | 19,5      |
| 0-60      | 41     | 24     | 20     | 16     | 25,3      |



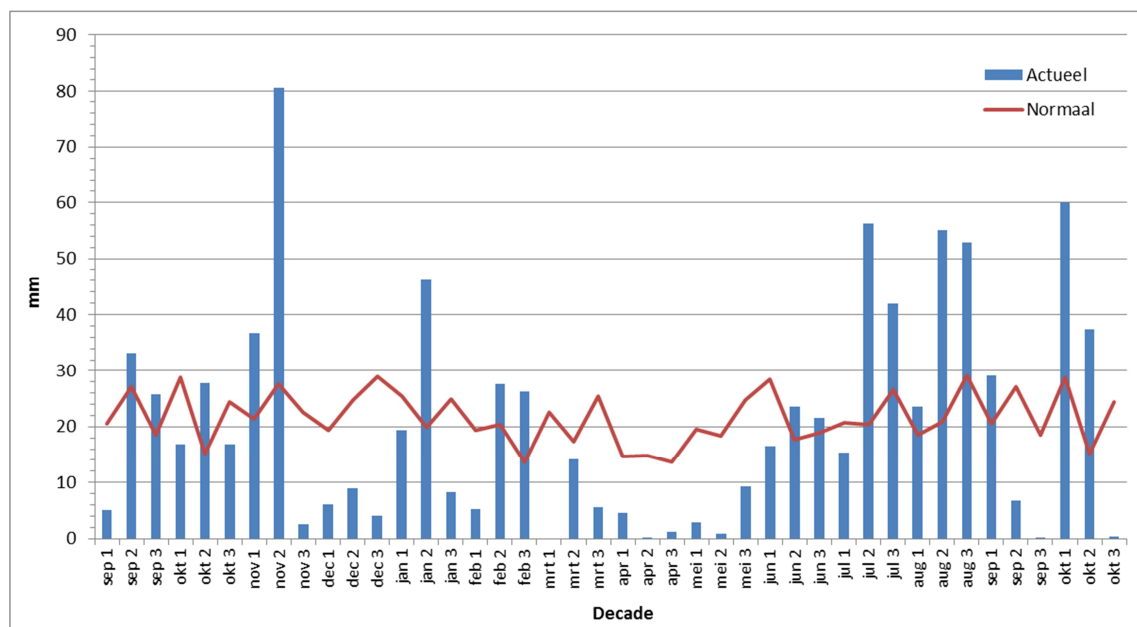


## Bijlage 2. Weersgegevens Vredepeel

In de onderstaande figuren zijn de gemiddelde dagtemperatuur en neerslagsom te Vredepeel per decade weergegeven. Decade 1 = dag 1 t/m 10, decade 2 = dag 11 t/m 20 en decade3 = dag 21 t/m 30 of 31. In de figuren is tevens de normale temperatuur en normale hoeveelheid neerslag weergegeven. Dit betreft het gemiddelde van de jaren 1981-2010 (de normaalperiode). De normalen zijn genomen van de dichtstbijzijnde meetpunten van het KNMI. Voor de neerslag betrof dit IJsselsteyn en voor de temperatuur is het gemiddelde genomen van Volkel en Arcen.



Figuur 2-1. Gemiddelde dagtemperatuur per decade te Vredepeel (september 2010 t/m oktober 2011)



Figuur 2-2. Neerslag per decade te Vredepeel (september 2010 t/m oktober 2011)

