

Ontwikkeling geleide bemestingssystemen in de teelt van prei 2002-2003

Ing. W.C.A. van Geel (PPO) & ing. E.J.J. Meurs (PRI)

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Business-unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente
december 2004

PPO nr. 510168

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

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

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

Dit onderzoek is financieel mede mogelijk gemaakt door:

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Projectnummer: 510168

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Business-unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente
Adres : Edelhartweg 1, Wageningen
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 – 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
1.1 Afbakening onderzoek.....	7
1.2 Stikstofbemestingsadviezen	8
1.2.1 Stikstofbemestingsrichtlijn.....	8
1.2.2 NBS-bodem.....	8
1.2.3 CropScan-methode	10
2 PROEFOPZET EN -UITVOERING.....	11
2.1 Proefopzet.....	11
2.2 Proefuitvoering.....	12
3 RESULTATEN 2002	15
3.1 Nmin-voorraden en bijmestgiften.....	15
3.2 Resultaten tusseñoogsten	17
3.3 Opbrengst, kwaliteit, stikstofopname en –benutting.....	18
3.4 Stikstofbalans.....	20
4 RESULTATEN 2003	23
4.1 Nmin-voorraden en bijmestgiften.....	23
4.2 Resultaten tusseñoogsten	24
4.3 Opbrengst, kwaliteit, stikstofopname en –benutting.....	25
4.4 Stikstofbalans.....	27
5 DISCUSSIE.....	29
6 CONCLUSIES	33
LITERATUUR.....	35
BIJLAGE 1. PROEFVELDSHEMA'S.....	37
BIJLAGE 2. INTENSIEVE NMIN-BEMONSTERING NA OOGST.....	39
BIJLAGE 3. TEMPERATUUR (°C) EN NEERSLAG (MM).....	41
BIJLAGE 4. STIKSTOFRESPONSE IN 2002 BIJ DE VASTE TRAPPEN.....	43
BIJLAGE 4. STIKSTOFRESPONSE IN 2002 BIJ DE VASTE TRAPPEN.....	43
BIJLAGE 5. STIKSTOFBALANSEN IN 2002 IN TWEE PERIODEN.....	45

Samenvatting

In 2002 heeft het ministerie van LNV het onderzoeksprogramma Mest- en Mineralen 398-I gestart, dat zich richt op maatregelen om de mineralenverliezen te verminderen. Één van de thema's in het programma is geleide bemesting. Geleide bemesting heeft tot doel om het aanbod van nutriënten beter af stemmen op de gewasvraag, zodat bij optimale productie en kwaliteit de mestgift zo klein mogelijk is en de verliezen naar het milieu worden beperkt.

Prei is qua areaal één van de meest geteelde groentegewassen in Nederland. Ca. 90% wordt geteeld op zandgrond. De stikstofgiften en -verliezen in de preiteelt zijn hoog, mede omdat de meeste prei wordt geteeld in een periode met een hoge kans op uitspoeling.

Om het stikstofverlies te beperken zijn stikstofbijmestsystemen beschikbaar, die een belangrijk onderdeel zijn van geleide bemesting. In 2002 en 2003 heeft PPO in samenwerking met PRI op proeftuin Meterikse Veld (zandgrond) in een late herfstteelt prei twee verschillende stikstofbijmestsystemen onderzocht:

- NBS-bodem: bijbemesting op basis de beschikbare hoeveelheid stikstof in de bodem en de verwachte stikstofopname door het gewas.
- CropScan-methode: bijbemesting op basis van de stikstofstatus van het gewas, afgeleid uit de lichtreflectie door het gewas, die wordt gemeten met de CropScan.

Naast het vergelijken van de twee systemen is het onderzoek gericht op het verbeteren ervan. Bij NBS-bodem zijn daartoe meerdere bemestingsniveaus in de verschillende perioden van de teelt vergeleken met het huidige NBS zoals dat in de adviesbasis bemesting is beschreven. Daarbij is met name gelet op het effect van een verlaagd bemestingsniveau in de herfst ten opzichte van het huidige NBS. Ook is het NBS-bodem volgens Stikstof^{plus} van Blgg in de proef opgenomen. Dit wijkt af van het NBS uit de adviesbasis bemesting.

De CropScan-methode is aanvankelijk ontwikkeld in prei die op een rijenafstand van 75 cm wordt geteeld. In dit onderzoek is de methode verder ontwikkeld voor prei die op een rijenafstand van 50 cm wordt geteeld.

Door een scherp uitgevoerde stikstofbijbemesting (een verdeling van de stikstofgift die zo goed mogelijk aansluit op de actuele gewasbehoefte in elke periode en de aanvoer van stikstof uit andere bronnen dan bemesting), kon ten opzichte van de stikstofbemestingsrichtlijn voor prei 65 kg N per ha worden bespaard in de proef van 2002 en 105 kg N per ha in de proef van 2003.

Het stikstofbijmeststelsel voor de late herfstteelt prei zoals dat is beschreven in de adviesbasis bemesting, voldeed niet. De stikstofopnamecurve die wordt gehanteerd voor het schatten van de stikstofopname per periode, wijkt sterk af van de opnamecurves die in de proeven zijn gemeten. Dit kan leiden tot een te laag stikstofaanbod in de eerste drie maanden van de teelt. Voor de periode na 1 oktober kon in de proeven 50-65 kg N per ha minder worden bemest dan volgens het NBS uit de adviesbasis.

Stikstof^{plus} leidde niet tot een besparing en gaf in deze proeven in alle perioden van de teelt te hoge bemestadviezen.

Gebruik van de CropScan-methode leidde in 2002 tot een nagenoeg optimale bijbemesting en een besparing van 60-65 kg N per ha ten opzichte van de stikstofbemestingsrichtlijn. In 2003 gaf de CropScan-methode te hoge bemestadviezen, doordat de methode geen rekening houdt met een hoge bodemvoorraad stikstof.

Overdosering van stikstof was de belangrijkste oorzaak van stikstofverlies. Deling van de stikstofgift gecombineerd met een goede synchronisatie van stikstofvraag en -aanbod in elke periode van de teelt en het zo laag mogelijk houden van de bodemvoorraad, was de beste manier om het stikstofverlies te minimaliseren.

Standaard is er breedwerpig bemest met KAS. Daarnaast is in NBS-bodem de besparingsmogelijkheid nagegaan van bandbemesting met de minder-uitspoelingsgevoelige meststof Entec vanaf half augustus. Hiermee was in 2002 slechts een geringe stikstofbesparing mogelijk, in de orde van grootte van 10-20 kg N per ha. In 2003 was geen besparing mogelijk. Uit oogpunt van stikstofbenutting was Entec een minder geschikte meststof voor late bijbemesting in de herfst (twee maanden vóór de oogst) dan KAS.

Met een scherp uitgevoerde stikstofbemesting bedroeg de benutting door het gewas van de totaal beschikbare stikstof 70% in 2002 en ruim 75% in 2003. Een nog lagere stikstofgift (suboptimale bemesting) leidde nauwelijks tot een beter benuttingspercentage.

Aan de hand van de diverse aangebrachte niveaoverschillen stikstof, is beoordeeld of stikstofvensters in prei toepasbaar zouden zijn. Als onder de groeiomstandigheden van de proef in 2002 half augustus een stikstofvenster was aangelegd dat met het blote oog werd beoordeeld, had kunnen worden volstaan met een niveaoverschil van 50 kg N per ha. In de proef van 2003 was het niet mogelijk de bruikbaarheid van een N-venster te beoordelen.

1 Inleiding

In 2002 heeft het ministerie van LNV het onderzoeksprogramma Mest- en Mineralen 398-I gestart, dat zich richt op maatregelen om de mineralenverliezen te verminderen. Één van de thema's in het programma is het ontwikkelen en toepasbaar maken van systemen voor geleide bemesting. Het doel van geleide bemesting is om een maximale opbrengst en kwaliteit te realiseren met een zo nauwkeurig mogelijk op de gewasbehoefte afgestemd aanbod van nutriënten, waarbij de benutting van de nutriënten zo hoog mogelijk is en het verlies zo laag mogelijk. Geleide bemesting omvat de toepassing van bijmestsystemen, het gebruik van minder uitspoelingsgevoelige meststoffen en een betere plaatsing van de meststof (o.a. rijenbemesting).

Één van de deelprojecten binnen "Geleide Bemesting" is "Ontwikkeling van geleide bemestingssystemen", waarbij verschillende systemen van geleide bemesting voor stikstof in veldproeven worden vergeleken en verder ontwikkeld. In dit kader is in 2002 en 2003 op de Zuidoostelijke zandgrond een proef uitgevoerd met een late herfstteelt prei, in samenwerking met Plant Research International (PRI) te Wageningen.

Prei is qua areaal één van de meest geteelde groentegewassen in Nederland. Ca. 90% van het areaal ligt op zandgrond, hoofdzakelijk in de provincies Noord-Brabant en Limburg (De Kraker 1993). Er zijn meerdere teeltperioden te onderscheiden. De meest voorkomende teelten zijn de late herfstteelt en de winterteelt (plantijd juni-juli en oogsttijd november-maart).

De stikstofgiften en -verliezen in de preiteelt zijn hoog. Dit is het gevolg van de tamelijk ondiepe beworteling van het gewas in combinatie met de teelt in een periode dat de kans op uitspoeling hoog is (de herfst en winter). Daar komt bij dat de gewasgroei en stikstofopname relatief laag zijn en er in het najaar juist veel stikstof wordt gegeven met als doel een donkergroene gewas kleur te behouden, wat een kwaliteitseis is voor prei.

Geleide bemesting, specifiek stikstofbijmestsystemen, hebben perspectief in prei, omdat:

- er vrij gemakkelijk en ook vrij lang tijdens de teelt kan worden bijbemest;
- door deling van de stikstofgift en bijbemesting naar behoefte het stikstofverlies tijdens en na de teelt sterk kan worden verminderd.

1.1 Afbakening onderzoek

Om het stikstofverlies bij de preiteelt te verminderen, is het op de eerste plaats van belang ervoor te zorgen dat het stikstofaanbod en de stikstofbehoefte van het gewas met elkaar in evenwicht zijn. Gebruik van minder-uitspoelingsgevoelige meststoffen of bemestingsmethoden heeft weinig zin als het stikstofaanbod groter is dan de -behoefte, waardoor er na de teelt toch een groot overschot achterblijft, dat in de winter (grotendeels) uitspoelt. Het onderzoek is daarom in hoofdzaak gericht op de afstemming van vraag en aanbod c.q. op het optimaliseren van de stikstofbijmestsystemen.

Er zijn voor prei dan wel de groente in zijn algemeenheid minder bijmestsystemen ontwikkeld dan voor aardappelen. Er zijn slechts twee systemen beschikbaar: NBS-bodem en de CropScan-methode. Er is geen bijmeststelsysteem voor prei beschikbaar gebaseerd op metingen met de chlorofylmeter. Vanwege de dikte van de bladeren van prei kan met dit apparaat niet goed worden gemeten. Bijbemesting aan de hand van stikstofvensters is in prei niet ontwikkeld. Overhaupt is onduidelijk of stikstofvensters in prei toepasbaar zijn. Dit aspect wordt in het onderzoek meegenomen.

Zomogelijk kan het stikstofverlies verder worden beperkt wanneer in een NBS de minder-uitspoelingsgevoelige korrelmeststof Entec wordt gebruikt in plaats van KAS. Entec bestaat uit ammoniumsulfaat-salpeter waaraan de nitrificatieremmer DMPP is toegevoegd. Deze remmer vertraagt de omzetting van ammonium naar nitraat in de bodem. Ammonium spoelt minder snel uit dan nitraat. In de proef is het gebruik van Entec bij NBS-bodem opgenomen.

Gecoate meststoffen (slow release-meststoffen) worden niet opgenomen, omdat ze momenteel weinig perspectief hebben in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Ze zijn erg duur (economisch niet interessant) en tot op heden lieten ze in de proeven van PPO geen duidelijk betere stikstofbenutting zien.

De Cultan-methode is de afgelopen jaren al door PPO is onderzocht. Het leidde in de PPO-proeven niet tot een betere stikstofbenutting dan een gedeelde stikstofgift met KAS. Cultan wordt derhalve niet in dit onderzoek opgenomen.

Een optie voor bijbemesting in de herfst is bladbespuiting met ureum of urean. Vanwege het risico van bladverbranding kunnen per keer slechts kleine hoeveelheden worden toegediend (< 15 kg N/ha in prei). De methode is in eerste instantie geschikt om snel een stikstoftekort tijdelijk op te heffen. Voor bemesting over een langere periode, moet zeer frequent worden gespoten. De besparingsmogelijkheid t.o.v. NBS met korrelmeststoffen is klein. Bovendien is het twijfelachtig of bladbespuiting tot een betere stikstofbenutting leidt. Bijbemesting via bladbespuitingen wordt niet in dit onderzoek opgenomen.

Fertigatie, zowel via druppelslangen als bovenover het gewas, wordt evenmin opgenomen. Het druppelsysteem is erg duur en lijkt economisch niet rendabel in prei. De besparingsmogelijkheid en het perspectief in prei wordt beoordeeld in het bedrijfssystemenonderzoek van PPO. Fertigeren bovenover het gewas via een vast opgestelde beregeningsinstallatie (met sectorsproeiers of sprinklers) is al eerder onderzocht en bleek een geschikte methode voor bijbemesting voor bedrijven die over zo'n beregeningssysteem beschikken. Afhankelijk van de weersomstandigheden, kan het leiden tot een betere stikstofbenutting. Deze toedieningstechniek is niet in de proef opgenomen, omdat het al eerder is onderzocht.

1.2 Stikstofbemestingsadviezen

1.2.1 Stikstofbemestingsrichtlijn

Om uitspoeling tijdens de teelt te verminderen, is het advies voor prei om de gift te delen. Bij bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn is de totale gift 270 – Nmin(0-60 cm), waarvan 120 – Nmin(0-60 cm) bij de start, 75 kg N per ha 6 weken na planten en de resterende 75 kg N per ha vóór half september (Van Dijk, 2003).

1.2.2 NBS-bodem

1.2.2.1 Adviesbasis bemesting

Daarnaast is voor prei een stikstofbijmeststelsel (NBS) beschikbaar voor de herfst- en winterteelten (Van Dijk, 2003). Hiermee wordt beoogd de gift beter af te stemmen op de gewasopname in elke periode van de teelt en beter in te spelen op de actuele groeiomstandigheden, waaronder mineralisatie en uitspoeling. De stikstofgiften worden als volgt berekend:

$$N\text{-gift} = (NOG\text{-}t_2 - NOG\text{-}t_1) - MBN\text{-}t_1 - MIN + BUF$$

waarbij:

- t_1 = het tijdstip waarop de bodemvoorraad stikstof is gemeten
- t_2 = het tijdstip van de volgende meting of de oogst
- N-gift = de bijmestgift
- $NOG\text{-}t_2 - NOG\text{-}t_1$ = stikstofopname door het gewas tussen tijdstip t_1 en t_2
- $MBN\text{-}t_1$ = hoeveelheid minerale bodemstikstof op tijdstip t_1
- MIN = bijdrage door mineralisatie in de periode tussen t_1 en t_2 .
- BUF = buffer (een veiligheidsmarge)

Voor de bepaling van stikstofopname door het gewas tussen tijdstip t_1 en t_2 wordt uitgegaan van een globaal stikstofopnameverloop gedurende de teeltperiode (zie figuur 1).

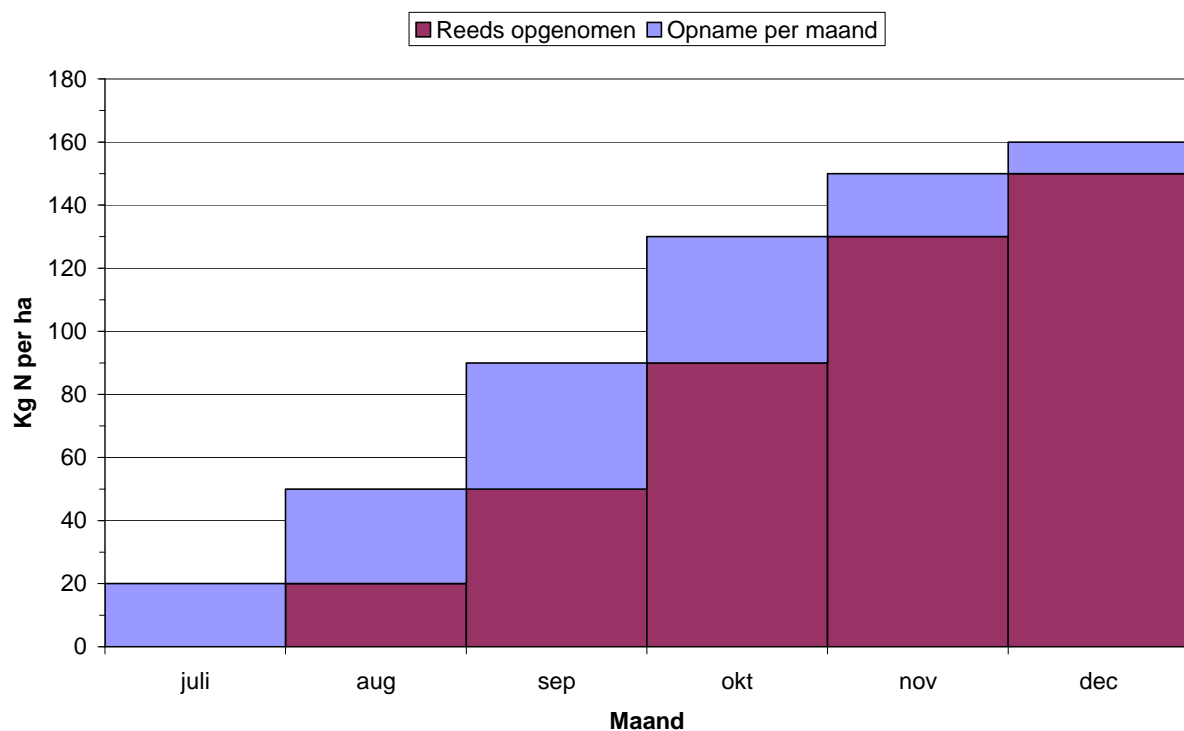
Bij mineralisatie kan de stikstofnalevering uit gewasresten en organische mest worden ingevuld en eventueel de basismineralisatie van de bodem. Vooralsnog wordt de mineralisatie in het NBS voor de meest groentegewassen, waaronder prei, niet in de formule meegeteld.

De buffer bedraagt 30 of 50 kg N per ha, afhankelijk van het teelttype en de periode van het jaar (globaal genomen 50 kg N per ha in de zomermaanden en 30 kg N per ha in de herfst).

De opname + de buffer is het streefniveau.

Er kan worden uitgegaan van vaste meettijdstippen (de standaard tijdstippen) of van zelf gekozen tijdstippen. De standaardmeetmomenten en streefniveau's, volgens de adviesbasis bemesting (Van Dijk, 2003), voor de late herfstteelt zijn:

- vlak vóór planten: $85 - N_{\min}(0-30 \text{ cm})$; als het een volgteelt betreft kan worden volstaan met een vaste startgift van 25-30 kg N per ha
- half augustus: $105 - N_{\min}(0-30 \text{ cm})$
- begin oktober: $100 - N_{\min}(0-30 \text{ cm})$; indien de bewortelingsdiepte $\geq 40 \text{ cm}$ is, wordt $N_{\min}(0-60 \text{ cm})$ genomen



Figuur 1. Stikstofopnamecurve voor de late herfstteelt en wintersteelt prei uit de adviesbasis bemesting

Bij het huidige NBS-advies zijn een aantal kanttekeningen te plaatsen:

- Het is meer dan 10 jaar oud en opgesteld aan de hand van onderzoek met zaadvaste rassen. Sinds enkele jaren maken hybride rassen steeds meer opmars in praktijk en deze zullen waarschijnlijk het assortiment zaadvaste rassen geheel gaan vervangen. De hybride rassen zijn productiever en nemen waarschijnlijk meer stikstof op.
- Het huidige NBS gaat voor de late herfstteelt en wintersteelt uit van een stikstofopname van 90 kg N per ha vóór 1 oktober en 70 kg N per ha na 1 oktober. Uit PPO-proeven van de afgelopen jaren met een late herfstteelt prei (hybride rassen) op de proeftuin Meterikse Veld werd de indruk verkregen dat de stikstofbehoefte van het gewas vóór 1 oktober hoger is en na 1 oktober lager. Überhaupt zal een stikstofopname van 70 kg N per ha na 1 oktober onder gemiddelde Nederlandse

klimaatomstandigheden niet nodig zijn voor de gewasproductie die dan nog plaatsvindt. Een deel van de opgenomen stikstof is luxe-consumptie, wat leidt tot een hoger stikstofgehalte in het gewas. Hierdoor neemt de plant meer water op en kleurt het blad sterker groen (Booij & Biemond, 1994). Vraag is echter hoe hoog het stikstofaanbod in het najaar precies moet zijn. In de PPO-proeven van de afgelopen jaren op de proeftuin Meterikse Veld had een wat lager bemestingsniveau in het najaar dan volgens NBS, geen nadelige invloed op de productie, de kwaliteit en de kleur.

- NBS gaat uit van een gemiddelde stikstofopnamecurve in de tijd. De daadwerkelijke stikstofopnamesnelheid (als wel de totale opname) kunnen daarvan afwijken, afhankelijk van de groeiuur, de groeiomstandigheden en wellicht ook het ras. Mogelijk kan er nog scherper worden bemest als de actuele stikstofopname door het gewas nauwkeuriger kan worden bepaald dan met behulp van de standaardopnamecurve van het huidige NBS. Wanneer men het tijdstip en de hoogte van de gift beter kan afstemmen op de daadwerkelijke behoefte, (actuele opname) kan er scherper worden bemest, waardoor de stikstofgift en het overschot na de oogst gemiddeld over de jaren naar verwachting omlaag zullen gaan. Zo'n verfijning vraagt echter om meer kennis over het stikstofopnamepatroon in relatie tot de gewasontwikkeling.

1.2.2.2 Stikstof^{plus}

Blgg te Oosterbeek hanteert binnen hun analyse- en adviessysteem Stikstof^{plus} een verfijnder NBS-bodem:

- Voor de bepaling van de stikstofopname wordt onderscheid gemaakt tussen zaadvaste en hybride rassen.
- De geschatte stikstofopname wordt ook afgestemd op het verwachte productieniveau.
- Er wordt een hogere buffer gehanteerd dan volgens de adviesbasis bemesting.
- Er wordt een aftrekpost gehanteerd voor mineralisatie. De mineralisatie wordt bepaald door:
 - een schatting van de mineralisatie uit oogstresten van het voorgewas, eventueel ondergewerkte groenbemesters en organische mestgiften;
 - een correctie voor een hogere of lagere basismineralisatie van de bodem dan gemiddeld, op basis van het organische-stofgehalte en het lutumgehalte.

De teler moet de daarvoor benodigde informatie geven, o.a. over de voorvrucht, groenbemesters, organische-mestgiften en over de bodem.

1.2.3 CropScan-methode

PRI te Wageningen heeft voor de herfst- en winterteelt prei een nieuwe bijmestmethode ontwikkeld die rekening houdt met de gewasontwikkeling en de actuele hoeveelheid opgenomen stikstof door het gewas. Deze worden bepaald aan de hand van de lichtreflectie door het gewas. De lichtreflectie wordt gemeten met de CropScan: een reflectiemeter met een minicomputer, bevestigd aan een aluminium buis. De meter wordt boven het gewas gehouden en meet aan de bovenkant het totale invallende licht van de gehele hemelbol en aan de onderkant het door het gewas gereflecteerde licht in verschillende golflengtes van het zichtbare licht en in een deel van het infrarode gebied (460, 510, 560, 610, 660, 710, 760 en 810 nm). Aan de hand van de reflectiekenmerken wordt de mate van grondbedekking berekend en de stikstofinhoud van het bovengronds gewas. De stikstofopname in de opvolgende periode wordt voorspeld aan de hand van de lichtonderschepping door het gewas (afgeleid uit de grondbedekking) en de gemiddelde hoeveelheid straling in die periode. Ook wordt op basis van de weersgegevens berekend, hoe hoog de actuele stikstofinhoud van het gewas tenminste zou moeten zijn voor een ongeremde productie. Als de werkelijke, vastgestelde stikstofinhoud van het gewas hoger of lager is dan de berekende norminhoud, wordt bij de berekening van de stikstofgift het verschil afgetrokken respectievelijk bijgeteld.

De CropScan-methode is ontwikkeld in prei die op een rijenafstand van 75 cm wordt geteeld. Er komen in praktijk echter ook andere afstanden voor van 50 of 60 cm. Hiervoor is nog een aanpassing nodig.

In hoofdstuk 2 van dit verslag wordt de opzet en uitvoering van de proef beschreven. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van de proef van 2002 weer en hoofdstuk 4 de resultaten van de proef van 2003. De resultaten worden in hoofdstuk 5 worden bediscussieerd. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies.

2 Proefopzet en -uitvoering

2.1 Proefopzet

In het onderzoek is onder meer nagegaan of de streefniveaus van NBS-bodem uit de adviesbasis bemesting zouden moeten worden verhoogd in de periode vóór 1 oktober en verlaagd na 1 oktober. Daartoe zijn de huidige streefniveaus voor de perioden vanaf planten tot half augustus en vanaf half augustus tot 1 oktober vergeleken met een 40 kg N per ha hoger stikstofaanbod in elk periode. Bij elke van deze twee stikstofniveaus zijn vervolgens drie stikstofniveaus gehanteerd voor de periode na 1 oktober (zie tabel 1).

Bij de objecten G en J (zie tabel 1) is via tussenooigsten het stikstofopnameverloop vastgesteld. Verder is bijbemesting volgens Stikstof^{plus} in de proef opgenomen en volgens de CropScan-methode De bijmestadviezen met de CropScan zijn door PRI gegenereerd.

Om de CropScan-methode aan te passen voor rijenafstand 50 cm, zijn twee stroken prei geplant met rijenafstand 50 en 75 cm. In deze stroken is regelmatig de Nmin-voorraad gemeten en is gezorgd voor een ruim voldoende stikstofvoorziening.

Bij al de voornoemde objecten is bijbemest met KAS. Deze meststof is breedwerpig gestrooid, op de bedden. Daarnaast is een bemestingsmethode opgenomen waarbij vanaf half augustus is bijbemest met Entec via bandbemesting (objecten N en O). De Entec is op de bedden gestrooid, in een 10 cm brede band midden tussen de plantenrijen en oppervlakkig ingewerkt. Door deze meer geconcentreerde toediening, duurt het langer voordat de ammonium naar nitraat is omgezet (naar verwachting minstens zes weken c.q. minstens tot aan het volgende meettijdstip. Bij object N is de gehele teeltperiode bemest volgens de streefniveaus van de adviesbasis bemesting, bij object O is voor de periode na 1 oktober de gift gehalveerd.

Tabel 1. **Overzicht van de proefobjecten**

Object	Omschrijving	Stikstofgift (kg N per ha)		
		bij de start	half augustus	rond 1 oktober
A	nulobject (ON)	0	0	0
B	vaste trap 60N	20	20	20
C	vaste trap 120N	40	40	40
D	vaste trap 180N	60	60	60
E	vaste trap 240N	80	80	80
F	vaste trap 300N	100	100	100
G	standaard NBS ¹ (S-NBS)	85 – Nmin	105 – Nmin	100 – Nmin
H	S-NBS tot 1 okt, ½x NBS erna (S-NBS/½)	85 – Nmin	105 – Nmin	0,5 * (100 – Nmin)
I	S-NBS tot 1 okt, nulgift erna (S-NBS/0)	85 – Nmin	105 – Nmin	0
J	verhoogd NBS tot okt, standaard erna (V-NBS)	125 – Nmin	145 – Nmin	100 – Nmin
K	V-NBS tot 1 okt, 2x NBS erna (V-NBS/2)	125 – Nmin	145 – Nmin	2 * (100 – Nmin)
L	V-NBS tot 1 okt, nulgift erna (V-NBS/0)	125 – Nmin	145 – Nmin	0
M	Stikstof ^{plus}	advies Stikstof ^{plus}	advies Stikstof ^{plus}	advies Stikstof ^{plus}
N	S-NBS Entec	85 – Nmin	105 – Nmin met Entec	100 – Nmin met Entec
O	S-NBS/½ Entec	85 – Nmin	105 – Nmin met Entec	0,5 * (100 – Nmin) met Entec
P	CropScan	85 – Nmin	na half augustus bijbemesting op basis van metingen met de CropScan	

Noot:

1 Object G betreft het NBS-advies volgens de adviesbasis bemesting

In principe is bij de NBS-bodemvarianten (G t/m O) uitgegaan van de standaardbijmestmomenten volgens NBS. Echter, als de groeiomstandigheden er aanleiding toe gaven (uitspoeling), is hiervan afgeweken en zijn de streefniveaus aangepast aan het moment van bijbemesting.

Voor de aftrek van de bodemvoorraad N_{min} is steeds rekening gehouden met de voorraad in de door het gewas doorwortelde laag.

De stikstofbijmestsystemen zijn beoordeeld op opbrengst en kwaliteit, stikstofgift en -benutting en vergeleken met de optimale gift bij een standaard-bemestingsmethode voor prei. Om die optimale gift te kunnen bepalen, is een reeks vaste stikstoftrappen aangelegd, variërend van 0 tot 300 kg N per ha (objecten A t/m F). Daarbij is een driedeling van de gift aangehouden, evenredig verdeeld over het groeiseizoen. Er is bemest met KAS. Tabel 1 geeft een overzicht van de opgenomen objecten in de proef.

2.2 Proefuitvoering

De proef is beide jaren uitgevoerd op de proeftuin Meterikse Veld en aangelegd als volledig gewarde blokkenproef in vier herhalingen. De proefveldschema's zijn opgenomen in bijlage 1. In tabel 2 zijn de bodemvruchtbaarheidsgegevens van de proefvelden vermeld. De teeltgegevens, meetmomenten en bijmestmomenten zijn in tabel 3 opgenomen.

Tabel 2. **Perceelsgegevens van de proefvelden (gemeten in het voorjaar)**

Jaar	grondsoort	o.s.%	pH-KCl	Pw	K-HCl	K-getal	MgO
2002	zwak lemig zand	2,9	6,4	136	10	16	141
2003	zwak lemig zand	2,6	5,9	114	14	22	133

Eind april 2002 en begin april 2003 zijn in de proefvelden grondmonsters genomen voor bepaling van de algemene bodemvruchtbaarheid in de laag 0-30 cm. Eveneens zijn grondmonsters genomen bij de herhalingen 1+2 en 3+4 afzonderlijk, voor bepaling van de potentiële mineralisatie in de lagen 0-30 en 30-60 cm.

Valk voor aanvang van de teelt is de N_{min}-voorraad in elke herhaling vastgesteld alsook in de extra stroken met de twee rijenafstanden. Nadien zijn voor de N_{min}-metingen ten behoeve van de bijbemestingen mengmonsters per object gemaakt of van meerdere objecten, indien deze tot op dat moment nog niet verschillend waren bemest. De N_{min}-monsters zijn op de bedden gestoken, tussen de plantenrijen. De stroken met de rijenafstanden 50/75 cm zijn steeds apart bemonsterd en bijbemest.

De bewortelingsdiepte is gedurende de teelt een aantal keer vastgesteld door naast de planten een kuil te graven en in de wand van de kuil naar wortels te zoeken.

Bij de tusse oogsten (objecten G en J) zijn per keer per veldje 24 planten geoogst. Hiervan is het gewicht vastgesteld (inclusief de meegeoogste wortels), het drogestofgehalte en het stikstofgehalte in de droge stof. Aan de hand hiervan is de stikstofopname berekend. In 2002 is op 16 september ook een tusse oogst uitgevoerd bij object M en op 15 oktober bij object N. In 2003 is op 11 september eveneens een tusse oogst uitgevoerd bij object M.

Vlak voor de eind oogst zijn de gewasstand- en kleur visueel beoordeeld.

Na de oogst zijn per veldje aselect 10 niet-rotte planten uitgenomen. Hiervan is de verhouding bepaald veilbaar stuk (56 cm) : niet-veilbaar stuk : meegeoogste wortels. Van elke van deze plante-onderdelen is het drogestofgehalte bepaald en het stikstofgehalte in de droge stof. Voor de bepaling van het stikstofgehalte in de wortels zijn mengmonsters per object gemaakt.

De overige planten zijn verwerkt volgens de veilingnormen van veiling ZON. De planten zijn onderverdeeld in de klassen 1, 2 en 3. De niet-veilige planten zijn onderverdeeld in rotte planten en planten met schot. Binnen de klassen 1 en 2 zijn de planten gesorteerd naar dikte van de schacht: < 2 cm, 2-4 cm en > 4 cm. Per klasse en sortering zijn de planten geteld en gewogen.

Direct na de oogst zijn Nmin-monsters per veldje genomen in de lagen 0-30 en 30-60 cm. Bij de objecten N en O is daartoe op intensieve wijze bemonsterd, vanwege de niet-uniforme verdeling van stikstof na bandbemesting (zie bijlage 2).

Verder zijn de stikstofopname van het geoogste gewas berekend en de recovery van de toegediende stikstof, volgens: (N-opname bemest object – N-opname nulobject) / N-gift. Ook is de stikstofbenuttingsindex berekend: N-opname / totale N-aanvoer. De totale N-aanvoer is berekend volgens: Nmin vóór aanvang teelt + mineralisatie + depositie + N-aanvoer via het beregeningswater + N-gift. De hoeveelheid niet-benutte stikstof is berekend als: totale N-aanvoer – N-opname. Tot slot is de hoeveelheid stikstof die tijdens de teelt is verdwenen, berekend via: niet-benutte stikstof – Nmin na oogst.

De resultaten zijn statistisch geanalyseerd met behulp van het programma Genstat. Daarbij is gebruik gemaakt van variantieanalyse, de tweezijdige t-toets en regressie-analyse. Bij de reeks vaste stikstoftrappen is de optimale stikstofgift bepaald door het omslagpunt te berekenen waarop de kosten van extra stikstof hoger zijn dan de stijging van de financiële opbrengst. Hierbij is uitgegaan van een prijs van €0,65 per kg stikstof en €0,35 gemiddeld per kg veilbaar product (bron: KWIN 2002).

Tabel 3a. **Teeltgegevens, meet- en bijmestmomenten 2002**

Teelt:	late herfstteelt				
Ras:	Apollo (een hybride)				
Voorvrucht:	Italiaans raigras (groene braak); begin maart doodgespoten en half mei ingefreesd				
Basisbemesting:	825 kg Patenkali (248 kg K ₂ O en 83 kg MgO) en 200 kg Kieseriet (50 kg MgO) per ha op 24 juni				
Plantdatum:	26 juni (herhaling 1 en 2) en 27 juni (herhaling 3 en 4 + de stroken met de rijenafstanden)				
Plantverband:	drie rijen planten à 50 x 12 cm op een bed van 1,70 m (incl. rijsporen) (bij de rijenafstanden daarnaast twee rijen planten à 75 x 9 cm op een bed van 1,70 m)				
Gewasbescherming:	conform praktijk				
Berekening:	25 juni: 4 mm	20 aug: 8 mm	10 okt: 12 mm		
	26 juni: 4 mm	29 aug: 8 mm	16 okt: 4 mm		
	28 juni: 4 mm	14 sep: 16 mm	21 okt: 4 mm		
	1 aug: 16 mm	17 sep: 12 mm			
	17 aug: 20 mm	24 sep: 6 mm			
Data Nmin-meting:	18 juni, 12 aug, 28 aug ¹ , 11 sep ¹ , 17 sep, 3 okt, 27 nov (na oogst)				
Data N-bemesting vaste trappen:	26 juni, 20 aug, 10 okt				
Data N-bem. NBS-bodem-objecten:	26 juni, 20 aug, 17 sep, 10 okt				
Data N-bemesting rijenafstanden:	26 juni, 20 aug, 28 aug, 10 okt				
Data CropScan-meting:	22 aug, 17 sep, 1 okt, 17 okt				
Data N-bemesting CropScan-object:	26 juni, 28 aug, 24 sep, 10 okt				
Data tussenoogsten:	13 aug, 16 sep, 15 okt				
Datum gewasbeoordeling:	15 november				
Datum eind oogst:	22 en 25 november				

Noot:

1. met de nitracheck

Tabel 3b. **Teeltgegevens, meet- en bijmestmomenten 2003**

Teelt:	late herfstteelt				
Ras:	Apollo (een hybride)				
Voorvrucht:	Italiaans raigras (groene braak); in januari doodgespoten en vervolgens ingefreesd				
Basisbemesting:	1000 kg Patenkali (300 kg K ₂ O en 100 kg MgO) en 400 kg Kieseriet (100 kg MgO) per ha op 23 juni				
Plantdatum:	24 juni (herhalingen 1 t/m 4) en 25 juni (de stroken met de rijenafstanden)				
Plantverband:	drie rijen planten à 50 x 12 cm op een bed van 1,70 m (incl. rijsporen) (bij de rijenafstanden daarnaast twee rijen planten à 75 x 9 cm op een bed van 1,70 m)				
Gewasbescherming:	conform praktijk				
Beregening:	24 juni:	6 mm	20 juli:	9 mm	16 aug: 18 mm
	25 juni:	3 mm	24 juli:	9 mm	3 sep: 9 mm
	26 juni:	4,5 mm	3 aug:	18 mm	20 sep: 18 mm
	10 juli:	4 mm	9 aug:	18 mm	1 okt: 9 mm
	18 juli:	4,5 mm	12 aug:	18 mm	
Data Nmin-meting:	16 juni, 11 aug, 24 sep, 27 nov (na oogst)				
Data CropScan-meting:	26 aug, 11 sep, 25 sep, 23 okt				
Data N-bemesting (alle objecten):	24 juni, 3 sep, 1 okt				
Data tussenoogsten:	14 aug, 11 sep, 9 okt				
Datum gewasbeoordeling:	medio november				
Datum eindoogst:	17 en 24 november				

3 Resultaten 2002

Het groeiseizoen van 2002 was over het geheel genomen warm, zonnig en nat. In de maanden juni, juli en augustus wisselden droge, zonnige perioden en natte, sombere perioden elkaar af. De maand juli was wat natter dan normaal. De periode 19 t/m 24 augustus was zeer nat: totaal 101 mm neerslag. September en de eerste helft van oktober waren zonnig en vrij droog. De tweede helft van oktober was wat natter dan normaal. Qua temperatuur was oktober vrij koud. November was zacht en zonnig. De eerste helft van november was behoorlijk nat. De tweede helft was droger en relatief warm. De temperatuur- en neerslaggegevens zijn weergegeven in bijlage 3.

3.1 Nmin-voorraden en bijmestgiften

In tabel 4 is de gemeten Nmin-voorraad op 18 juni weergegeven. Voor de eerste stikstofgift (bij de start van de teelt) is uitgegaan van 45 kg N per ha in de laag 0-30 cm. In tabel 5 zijn de gemeten Nmin-voorraden tijdens de teelt weergegeven. In tabel 6 is de bewortelingsdiepte van het gewas weergegeven en in tabel 7 de stikstofgiften. In augustus en september is voor de bijbemesting uitgegaan van de Nmin-voorraad in de laag 0-30 cm en in oktober van de laag 0-45 cm. De laatste is berekend als: Nmin 0-30 cm + 50% van Nmin 30-60 cm.

Na de hevige regenval in de derde week van augustus, vlak nadat was bijbemest, is de bodemvoorraad Nmin regelmatig gecontroleerd met de nitracheck. Op 11 september was de voorraad bij de objecten G, H, I in de laag 0-30 cm zo laag geworden dat besloten is om bij te bemesten. De bijmestgift is gebaseerd op de periode tot begin oktober, omdat dan opnieuw zou worden gemeten en bijbemest om drie niveauverschillen aan te brengen. De berekende gift voor G, H, I bedroeg 40 kg N per ha. Om het niveauverschil tussen de NBS-bodemvarianten te handhaven, is bij J, K, L en bij M ook 40 kg N per ha bijbemest. Vlak voordat werd gestrooid, zijn nogmaals Nmin-monsters gestoken bij alle NBS-bodemobjecten voor een lab-bepaling van de Nmin-voorraad door Blgg.

Bij de Entec-objecten (N en O) is 17 september niet bijbemest. Aangezien deze meststof als minder uitspoelingsgevoelig wordt aangemerkt, zou deze zich nu moeten bewijzen.

Tabel 4. **N-mineraalvoorraad in de bodem op 18 juni 2002 (kg N per ha)**

	0-30 cm	30-60 cm
herhaling 1	50	11
herhaling 2	63	13
herhaling 3	44	11
herhaling 4	44	12
gemiddeld	50	12
stroken rijenafstanden 50/75 cm	46	12

Tabel 5a. **N-min-voorraad in de groeiperiode van 2002 bij de vaste stikstoftrappen (kg N per ha)**

Object	12 aug		17 sep		3 okt	
	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
A	28	39	5	4	0	0
B	29	40	6	7	4	0
C	49	50	13	15	7	12
D	41	58	20	29	9	14
E	66	50	49	47	10	30
F	68	67	47	74	20	42

Tabel 5b. **N-min-voorraad de groeiperiode van 2002 bij de NBS-objecten (kg N per ha)**

Object(en)	12 aug		27 aug ¹		11 sep ¹		17 sep		3 okt	
	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	
G, H, I, N, O	37	50								
G, H, I			51	51	29	30	23	23	19	
J, K, L	53	65	81	110		49	60	61	36	
M	71	83				55	87	81	48	
N, O						182 ²	23	30 ³	10	
P	43	44				56	13	72	13	
Stroken rijen-afstanden	39	52	31	37		73	23	26	18	

Noten:

1. gemeten met de nitrameet
2. overschatting wegens niet-uniforme verdeling van stikstof
3. gemeten Nmin in de meststofband: 129 kg N per ha en naast de planten: 11 kg N per ha

Tabel 6. **Bewortelingsdiepte van de prei in 2002 (cm –mv)**

15 aug	35 cm (meeste wortels rond 20 cm diepte)
5 sep	35 cm
16 sep	35 cm
9 okt	43 cm
25 nov	46 cm

Na de bandbemesting met Entec bleek het niet mogelijk om de Nmin-voorraad in de laag 0-30 cm nog goed te meten. Op 17 september zijn de grondmonsters op de gangbare wijze gestoken (zie paragraaf 2.2). Daarbij is waarschijnlijk relatief vaak in de meststofband gestoken, wat resulteerde in een zeer hoge meetwaarde, die onmogelijk representatief kon zijn voor werkelijk aanwezige Nmin-voorraad. Op 3 oktober zijn daarom twee monsters genomen. Bij de ene is consequent midden tussen de rijen gestoken (op de plaats waar de meststof was toegediend) en bij de andere consequent naast de planten. De bestrooide breedte van het bed in geval van breedwerpige bemesting bedroeg ca. 155 cm. De breedte van de meststofband na inwerken is geschat op 12,5 cm. Er lagen twee banden op een bed. De gemiddelde Nmin-voorraad is als volgt geschat: $(25 * N_{\text{min in de meststofband}}) + (130 * N_{\text{min naast de planten}}) / 155$. Bij de meting op 17 september bleek ruim 70% van de gemeten stikstof in de laag 0-30 cm uit ammonium te bestaan. Bij de meting op 3 oktober in de meststofband werd 80% ammonium gevonden. Bij de met KAS bemeste objecten werd niet of nauwelijks ammonium aangetroffen.

Op 12 augustus was de Nmin-voorraad in de laag 30-60 cm bij alle objecten toegenomen sinds 18 juni (ook bij het nulobject). De toename was hoger dan de geschatte mineralisatie in de laag 30-60 cm in die periode (18 kg N per ha). De toename was ook groter naarmate de stikstofgift op 26 juni hoger was. Dit duidt erop dat in de zomermaanden stikstof uit de laag 0-30 cm is gespoeld.

Tussen 17 september en 3 oktober nam de Nmin-voorraad in de laag 30-60 cm af. Uitspoeling heeft in deze periode geen rol gespeeld (zie bijlage 3). Dit duidt erop dat het gewas in deze periode stikstof heeft opgenomen uit de laag 30-60 cm.

Bij de objecten GHI, JKL en M nam de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm tussen 17 september en 3 oktober ruim 50 kg N per ha af:

	GHI	JKL	M
Nmin 0-60 cm op 17 sep:	53	109	142
N-gift op 17 sep:	40	40	40
Nmin 0-60 cm op 3 okt:	<u>43</u>	<u>97</u>	<u>129</u>
Afname:	50	52	53

Zonder bijbemesting op 17 september zou er bij GHI waarschijnlijk stikstoftekort zijn opgetreden. De totale stikstofgift kwam bij M veel hoger uit dan bij de overige NBS-objecten, doordat in Stikstof^{plus} een hogere buffer wordt gehanteerd en door de opbrengstcorrectie.

Bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn (zie paragraaf 1.2.1) zou hebben geresulteerd in een gift van 210 kg N per ha, verdeeld als 60 kg N per ha bij de start, 75 kg N per ha half augustus en 75 kg N per ha vóór half september.

Indien begin oktober bij standaard NBS (object G) was bijbemest op basis van de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm, zou 55 kg N per ha zijn gegeven.

Tabel 7. **Stikstofgiften bij de verschillende objecten in 2002**

Object	Omschrijving	26-jun	20-aug	28-aug	17-sep	24-sep	10-okt	21-okt	Totaal
A	0N	0	0				0		0
B	60N	20	20				20		60
C	120N	40	40				40		120
D	180N	60	60				60		180
E	240N	80	80				80		240
F	300N	100	100				100		300
G	S-NBS	40	65		40		65		210
H	S-NBS/½	40	65		40		30		175
I	S-NBS/0	40	65		40		0		145
J	V-NBS	80	90		40		20		230
K	V-NBS/2	80	90		40		40		250
L	V-NBS/0	80	90		40		0		210
M	Stikstof ^{plus}	115	115		40		85		355
N	S-NBS Entec	40	65				65		170
O	S-NBS/½ Entec	40	65				30		135
P	CropScan	40		44		44		20	148
Stroken rijen-afstanden		40	65	70			65		240

3.2 Resultaten tussenoogsten

Bij de bemesting volgens de NBS-streefwaarden uit de adviesbasis bemesting (object G) of het verhoogde bemestingsniveau (object J) werd op 13 augustus en 16 september geen verschil gevonden in drogestofproductie (tabel 8). Op 15 oktober echter, was de drogestofproductie bij J significant lager dan bij G.

Het drogestofgehalte van de planten verschilde op 13 augustus niet. Op 16 september nam het significant lineair af, naarmate de stikstofgift op 20 augustus hoger was. Op 15 oktober was het bij J ook significant lager dan bij G.

Het stikstofgehalte van de planten was het hele groeiseizoen bij J hoger dan bij G. De stikstofopname per ha verschilde alleen significant op 16 september. Zowel het stikstofgehalte als de stikstofopname per ha waren op 16 september significant lineair hoger, naarmate de stikstofgift op 20 augustus hoger was.

Op 15 oktober leken de drogestofproductie en het stikstofgehalte bij object N (bandbemesting Entec) iets lager dan bij G (n.s.). Het drogestofgehalte leek iets hoger (n.s.). De stikstofopname per ha was significant lager. Het is niet met zekerheid te zeggen of de gevonden effecten een gevolg zijn van de 40 kg N/ha lagere stikstofgift (er is op 17 september niet bijbemest) of van de aard van de meststof.

Tabel 8. **Drogestofproductie, -gehalte, N-gehalte en N-opname bij de tusseñoogsten in 2002**

Object	Omschrijving	Datum	Drogestof- productie (ton per ha)	Drogestof- gehalte (%)	N-gehalte (g/kg d.s.)	N-opname (kg N per ha)
G	S-NBS	13 aug	1,32	9,33	45,7	60
J	V-NBS	13 aug	1,33	9,59	47,6	63
<i>lsd (p≤0,05)</i>			<i>0,37</i>	<i>0,59</i>	<i>2,0</i>	<i>15</i>
G	S-NBS	16 sep	5,18	9,85	33,0	171
J	V-NBS	16 sep	4,90	9,64	37,9	185
M	Stikstof ^{plus}	16 sep	4,80	9,17	40,9	195
<i>lsd (p≤0,05)</i>			<i>0,47</i>	<i>0,42</i>	<i>3,7</i>	<i>13</i>
G	S-NBS	15 okt	7,78	9,81	28,8	223
J	V-NBS	15 okt	6,77	9,06	32,7	221
N	S-NBS Entec	15 okt	7,42	10,03	26,3	195
<i>lsd (p≤0,05)</i>			<i>0,45</i>	<i>0,59</i>	<i>3,3</i>	<i>23</i>

3.3 Opbrengst, kwaliteit, stikstofopname en –benutting

Half augustus was er nog geen zichtbaar verschil tussen de objecten qua gewasstand en –kleur. Ook het nulobject tekende nog niet. Pas begin september bleef de gewasgroei bij het nulobject duidelijk achter en was de kleur lichter. Vanaf half september was ook het gewas bij object B zichtbaar lichter van kleur en later in het najaar ook bij object C.

Vlak voor oogst was het gewas enkel bij de objecten A, B en C lichter van kleur. Tussen de overige objecten was er geen duidelijk kleurverschil (tabel 9). Het gewas bij de objecten A en B vertoonde ook meer slijtage. Tussen de overige objecten was geen verschil in slijtage.

De bruto-productie alsook de opbrengst aan veilbaar product bleef bij de objecten A, B en C achter. Echter ook bij object M was de veilbare opbrengst wat lager. Tussen de overige objecten was er geen duidelijk verschil. De drogestofproductie werd niet verhoogd door stikstofbemesting.

Het aandeel planten < 2 cm was gering: bij het nulobject 2% van de opbrengst en bij de overige objecten < 1%. Bij de vaste trappen D, E en F was de sortering grover dan bij A, B en C. Bij de NBS-objecten was er geen eenduidig effect van de hoogte en verdeling van de stikstofgift op de sortering.

Bij de vaste stikstoftrappen werd de kwaliteit (percentage van de opbrengst in klasse 1) niet beïnvloed door de hoogte van de stikstofgift. Bij de NBS-bodemobjecten G, H en I (alle hetzelfde stikstofaanbod tot begin oktober) had de hoogte van de laatste stikstofgift, in oktober, geen duidelijk effect op de kwaliteit. Bij bandbemesting met Entec had de hoogte van de laatste gift ook geen significant effect op de kwaliteit. Bij de objecten J, K en L (alle hetzelfde, verhoogde stikstofaanbod tot begin oktober) nam de kwaliteit significant lineair toe, naarmate de laatste stikstofgift hoger was. De gevonden effecten zijn niet goed te verklaren. Er is geen duidelijke relatie gevonden tussen de hoogte en verdeling van de stikstofgift en de kwaliteit.

Het percentage in klasse 3 was bij alle objecten miniem. Gemiddeld in de proef bedroeg het < 1%. Ook waren er nauwelijks niet-veilbare planten (rotte planten en planten met schot): gemiddeld in de proef < 1%.

Als criteria voor de optimale stikstofgift zijn de opbrengst aan veilbaar product genomen en de gewaskleur. De relatie tussen opbrengst en stikstofgift bij de vaste N-trappen is beschreven met een exponentiële curve en met een broken stick (zie bijlage 4). De exponentiële curve gaf een iets hogere verklaring voor de gevonden variantie dan de broken stick. De berekende economisch optimale gift bij de exponentiële curve

bedroeg 254 kg N per ha. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van deze schatting bedroeg 49 tot 451 kg N per ha! Bij een gift van ca. 170 kg N per ha werd volgens de exponentiële curve al 99% van de maximale opbrengst (de asymptoot) bereikt. Bij de broken stick bedroeg de optimale gift (het breekpunt) 74 kg N per ha, met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 38 tot 109 kg N per ha. Bij een gift van ≤ 120 kg N per ha was het gewas echter lichter van kleur en was ook de opbrengst aan veilbaar product significant lager dan bij de hogere stikstofgiften.

Bij de vaste stikstoftrappen nam het stikstofgehalte in het veilbaar deel van de planten toe, naarmate de stikstofgift hoger was (tabel 9b). Het stikstofgehalte in het afgesneden blad was alleen bij de objecten A en B significant lager. Tussen de overige objecten verschilde het niet duidelijk. De totale stikstofopname nam toe, naarmate de totale stikstofgift hoger was. Het effect van stikstofbemesting op de stikstofopname was sterker dan op de gewasproductie, wat duidt op luxe-consumptie van stikstof.

Bij de NBS-objecten was het stikstofgehalte in het veilbaar stuk ook verhoogd door een hogere totale stikstofgift. Een hoger stikstofaanbod begin oktober leidde tot een hogere stikstofopname (met name bij G en H), maar dat had geen effect meer op de productie en gewaskleur.

Bij de Entec-objecten (N en O) leidde een hogere stikstofgift begin oktober niet tot een hoger stikstofgehalte in het veilbaar stuk en ook niet tot een hogere stikstofopname (in tegenstelling tot de bemesting met KAS). Hiervoor is geen goede verklaring gevonden. Het hangt mogelijk samen met de stikstofvorm (meer ammonium in de grond en minder nitraat).

Maximaal nam het gewas ca. 285 kg N per ha op. De hoeveelheid stikstof in de meege oogste wortels bedroeg 6-8% van de totale opname.

Bij de vaste stikstoftrappen nam de recovery significant lineair af, naarmate de stikstofgift hoger was. Bij de objecten J en K was de recovery lager dan bij G en H (n.s.). Bij object P was de recovery het hoogst, gevolgd door object O. Daarentegen was de recovery bij object N aan de lage kant.

Tabel 9. **Opbrengst, kwaliteit, sortering en stikstofopname van de prei in 2002**

Obj.	Omschrijving	Totale N-gift (kg N/ha)	Gewasbeoordeling 15-11			Bruto-opbrengst (ton/ha)	Drogestof-productie (ton/ha)	Veilbaar ⁴ (ton/ha)	Klasse 1 (%)
			Kleur ¹	Slijtage ²	Stand ³				
A	ON	0	5,0	5,9	4,5	65,3	8,75	39,5	89,2
B	60N	60	6,3	6,8	6,4	73,1	8,89	44,7	90,4
C	120N	120	6,9	7,0	6,8	76,3	8,03	44,1	92,9
D	180N	180	7,1	7,1	7,3	82,7	8,92	46,8	87,0
E	240N	240	7,1	7,0	6,9	79,2	8,38	45,6	87,2
F	300N	300	7,1	7,1	7,1	82,8	8,64	47,1	92,9
G	S-NBS	210	7,0	7,0	7,3	83,8	8,66	47,9	89,1
H	S-NBS/½	175	7,1	7,0	7,1	81,4	8,43	46,4	87,8
I	S-NBS/0	145	7,0	7,0	7,0	80,6	8,19	47,0	91,7
J	V-NBS	230	7,1	7,1	7,1	80,8	8,16	45,6	84,6
K	V-NBS/2	250	7,1	7,1	7,1	82,2	8,22	47,3	88,0
L	V-NBS/0	210	7,1	7,1	7,5	80,3	8,10	46,3	81,8
M	Stikstof ^{plus}	355	7,0	7,0	7,0	80,0	8,01	44,7	84,3
N	S-NBS Ent.	170	7,0	6,9	6,9	79,4	8,34	46,2	89,3
O	S-NBS/½ Ent.	135	7,1	7,1	7,1	79,4	8,53	46,0	92,1
P	CropScan	148	7,0	7,0	7,0	81,7	8,49	46,8	86,3
<i>lsd (p≤0,05)</i>			<i>0,2</i>	<i>0,3</i>	<i>0,5</i>	<i>4,2</i>	<i>0,56</i>	<i>2,5</i>	<i>6,2</i>

Noten:

1. Een hoger cijfer betekent een donkerdere kleur.
2. Een hoger cijfer betekent minder slijtage.
3. Een hoge cijfer betekent een betere algehele gewasstand.
4. De totale opbrengst aan veilbaar product (klasse 1, 2 en 3).

Tabel 9. Vervolg

Obj.	Omschrijving	Totaal N-gift (kg N/ha)	Sortering		N-gehalte (g per kg d.s.)			N-opname (kg N/ha)	Recovery (%)
			2-4 cm (%)	> 4 cm (%)	Veilbaar deel ⁵	Blad- afval ⁶	Wortels ⁷		
A	ON	0	96,5	1,4	17,1	27,3	15,0	157	-
B	60N	60	96,2	3,5	21,3	30,2	22,7	199	70
C	120N	120	92,6	7,0	26,9	36,1	29,3	227	58
D	180N	180	85,6	13,8	27,6	36,0	32,5	260	57
E	240N	240	86,7	12,5	29,3	37,1	36,3	260	43
F	300N	300	84,6	14,6	31,3	38,6	39,0	285	42
G	S-NBS	210	91,8	7,9	31,3	37,1	36,7	283	60
H	S-NBS/ ¹ / ₂	175	91,6	8,3	28,9	37,5	37,4	260	59
I	S-NBS/0	145	88,5	11,0	27,4	35,3	28,9	237	55
J	V-NBS	230	88,0	11,8	32,4	36,3	33,5	270	49
K	V-NBS/2	250	88,8	10,6	32,7	39,7	40,2	283	50
L	V-NBS/0	210	89,6	9,9	31,8	37,8	36,2	267	52
M	Stikstof ^{plus}	355	92,3	7,3	33,5	38,0	41,7	278	34
N	S-NBS Ent.	170	89,9	9,4	27,1	36,2	29,0	238	47
O	S-NBS/ ¹ / ₂ Ent.	135	89,4	10,1	27,5	35,2	26,3	243	63
P	CropScan	148	88,2	11,4	29,0	38,0	30,7	258	68
<i>lsd (p≤0,05)</i>			<i>5,5</i>	<i>5,5</i>	<i>2,7</i>	<i>2,6</i>	<i>-</i>	<i>19</i>	<i>16</i>

Noten:

5. Het veilbare stuk van de planten (de schacht + een klein stukje groen blad).
6. Het afgesneden blad.
7. Het stikstofgehalte in de wortels is bepaald in mengmonsters per object.

3.4 Stikstofbalans

De stikstofaanvoer in de laag 0-45 cm uit andere bronnen dan stikstofbemesting, is geschat op 214 kg N per ha (zie tabel 10). De wijze waarop de mineralisatie is geschat, is beschreven in Van Geel, 2003. Voor de Nmin op 18 juni in de laag 30-45 cm en de mineralisatie in deze laag is de helft genomen van de laag 30-60 cm.

Tabel 10. Overige posten stikstofaanvoer in 2002 (kg N per ha)

Nmin 0-30 cm op 18 juni:	50
Nmin 30-45 cm op 18 juni:	6
Mineralisatie 0-30 cm tussen 19 juni en 27 nov:	66
Mineralisatie 30-45 cm tussen 19 juni en 27 nov:	15
Geschatte aanvoer via berekening ¹ :	50
Aanvoer via depositie ² :	<u>27</u>
Totale aanvoer N:	214

Noten:

1. Het bronwater dat voor de berekening wordt gebruikt bevat 40-45 mg N per liter (= 0,40-0,45 kg N/ha per mm).
2. 65 kg N per ha per jaar (bron: RIVM juli 2002)

Bij de vaste stikstoftrappen waren de hoeveelheid niet-benutte stikstof, het stikstofverlies tijdens de teelt en de Nmin na oogst hoger, naarmate de totale stikstofgift hoger was (tabel 11).

Bij de objecten J, K en L was de hoeveelheid niet-benutte stikstof en het stikstofverlies tijdens de teelt hoger dan bij de objecten G, H en J. Bij M waren deze het allerhoogst.

Bij de objecten GHI, JKL en NO waren de hoeveelheid niet-benutte stikstof en de Nmin na oogst hoger naarmate de stikstofgift in oktober hoger was. Het stikstofverlies tijdens de teelt werd echter niet duidelijk beïnvloed door de hoogte van de stikstofgift in oktober.

Bij G en L was de totale stikstofgift gelijk, maar de verdeling van de gift verschilde. Bij L ging er tijdens de teelt 29 kg N per ha meer verloren dan bij G, waardoor de benutting en stikstofopname lager waren. Bij hogere stikstofbemesting was er in de eerste helft van de teeltperiode vooral sprake van een hoger uitspoelingsverlies uit de laag 0-30 cm, maar nog niet zozeer uit de laag 0-60 cm. Wel bouwde zich in de laag 30-60 cm een hogere Nmin-voorraad op. Deze stikstof kan sneller uitspoelen tot beneden de 60 cm dan de stikstof die zich in de laag 0-30 cm bevindt. Daardoor was in de herfst het stikstofverlies uit de laag 0-60 cm hoger, als er in de zomer meer was bemest. In bijlage 5 zijn de stikstofbalansen weergegeven voor de afzonderlijke teeltperioden.

Bij de objecten P en I was de totale stikstofgift ook vrijwel gelijk. De hoeveelheid stikstof die tijdens de teelt verloren ging, was bij P 28 kg N per ha lager dan bij I. Het verschil in benutting bedroeg 18 kg N per ha (n.s.). Het verlies was bij P lager, omdat de stikstof in augustus toevallig niet voor de hevige regenval was gestrooid, maar erna (zie bijlage 5).

Bij object O was de stikstofgift slechts 10 kg N per ha lager dan bij object I en 13 kg N per ha lager dan bij P. Het verlies tijdens de teelt was bij O 22 kg N per ha lager dan bij I en de hoeveelheid onbenutte stikstof was 16 kg N per ha lager (n.s.). Tussen P en O was er geen verschil in benutting en verlies.

Van de overgebleven Nmin na oogst in de laag 0-30 cm werd bij object O nog 3 kg N per ha in ammoniumvorm aangetroffen en bij object N 12 kg N per ha (38%). Bij de met KAS bemeste objecten werd geen ammonium aangetroffen.

Tabel 11. **Stikstofbalans (kg N per ha) over de gehele teeltperiode in 2002**

Obj.	Omschrijving	Totaal ¹ N-aanbod	N-opname gewas	Niet benut	Benuttings- index ²	Nmin na oogst		N-verlies tijdens teelt ³
						0-30 cm	30-60 cm	
A	ON	214	157	57	74%	0	1	56
B	60N	274	199	75	73%	6	0	69
C	120N	334	227	107	68%	11	6	93
D	180N	394	260	134	66%	19	17	106
E	240N	454	260	194	57%	22	33	156
F	300N	514	285	229	55%	23	48	182
G	S-NBS	424	283	141	67%	20	22	110
H	S-NBS/½	389	260	129	67%	15	8	110
I	S-NBS/0	359	237	122	66%	11	4	110
J	V-NBS	444	270	174	61%	18	13	149
K	V-NBS/2	464	283	181	61%	19	18	152
L	V-NBS/0	424	267	157	63%	15	7	139
M	Stikstof ^{plus}	569	278	291	49%	26	43	244
N	S-NBS Ent.	384	238	146	62%	32	6	111
O	S-NBS/½ Ent.	349	243	106	70%	16	3	88
P	CropScan	362	258	104	71%	17	8	82
<i>lsd (p≤0,05)</i>			<i>19</i>	<i>19</i>	<i>6%</i>	<i>4</i>	<i>7</i>	<i>22</i>

Noten:

1. laag 0-45 cm; Nmin vóór de teelt + mineralisatie + depositie + N-aanvoer via berekening + stikstofgift
2. N-opname gewas / totaal N-aanbod
3. berekend als: niet-benutte stikstof – Nmin(0-45 cm);
Nmin(0-45 cm) is berekend als: Nmin(0-30 cm) + 0,5 * Nmin(30-60 cm)

4 Resultaten 2003

Het groeiseizoen van 2003 was over het geheel genomen zonnig, warm en droog. Belangrijkste verschil ten opzichte van de zomer van 2002 was de veel lagere hoeveelheid neerslag. Het voorjaar was zacht en warm. De maanden juni, juli en augustus waren warm en droog. Ook september kende nog een aantal warme tot zeer warme dagen, was zeer zonnig en droog. Oktober was koud, zonnig en nat. November was zacht en zonnig en de hoeveelheid neerslag was lager dan normaal. De temperatuur- en neerslaggegevens zijn weergegeven in bijlage 3.

4.1 Nmin-voorraden en bijmestgiften

In tabel 12 is de gemeten Nmin-voorraad op 16 juni weergegeven. In tabel 13 zijn de gemeten Nmin-voorraden tijdens de teelt weergegeven en in tabel 14 de stikstofgiften. In augustus en september is voor de bijbemesting uitgegaan van de Nmin-voorraad in de laag 0-30 cm en in oktober van de laag 0-35 cm. De laatste is berekend als: Nmin 0-30 cm + 1/6 deel van Nmin 30-60 cm.

Tabel 12. **N-mineraalvoorraad in de bodem op 16 juni 2003 (kg N per ha)**

	0-30 cm	30-60 cm
herhaling 1	76	30
herhaling 2	80	29
herhaling 3	95	41
herhaling 4	91	40
gemiddeld	85	35
stroken rijenafstanden 50/75 cm	114	46

De bewortelingsdiepte van het gewas bedroeg op 5 september 30 à 35 cm. Op 1 oktober bevonden de meeste wortels zich tussen de 20 en 35 cm diepte en gingen enkele wortels tot 45 à 50 cm.

In het relatief warme voorjaar mineraliseerde vrij veel stikstof, wat resulteerde in een hoge Nmin-voorraad vóór aanvang van de teelt. Tussen 16 juni en 11 augustus nam de bodemvoorraad stikstof toe door mineralisatie en door nitraataanvoer via beregening (ca. 50 kg N per ha). Uitspoeling was in die periode, door de lage hoeveelheid neerslag, van geen betekenis.

Tussen 11 augustus en 24 september nam de bodemvoorraad stikstof af. In die periode nam het gewas veel stikstof op. Aangezien augustus en september droog waren, zal ook in deze periode uitspoeling geen grote rol hebben gespeeld. De stikstofaanvoer door beregening bedroeg ca. 12 kg N per ha.

Door de hoge bodemvoorraad stikstof in de zomermaanden is bij standaard-NBS pas op 1 oktober voor het eerst bijbemest. Ook de Entec is pas 1 oktober gestrooid. Bij verhoogd NBS is vóór aanvang van de teelt bemest en daarna pas weer op 1 oktober. Stikstof^{plus} gaf na alle drie de meetmomenten een advies tot bijbemesten. De CropScan-methode gaf na de meting van eind augustus het advies om bij te bemesten, ondanks de hoge bodemvoorraad stikstof in de bodem. Verder gaf de CropScan-methode eind september een bijmestadvies.

Bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn (zie paragraaf 1.2.1) zou hebben geresulteerd in een gift van 150 kg N per ha, verdeeld als 0 kg N per ha bij de start, 75 kg N per ha half augustus en 75 kg N per ha vóór half september.

Indien begin oktober bij standaard NBS (object G) was bijbemest op basis van de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm, zou 70 kg N per ha zijn gegeven.

Tabel 13. N-min-voorraad tijdens de groeiperiode van 2003 bij de verschillende objecten (kg N per ha)

Object	Omschrijving	11 aug		24 sep	
		0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
A	ON	123	57	5	22
B	60N	152	82	11	28
C	120N	157	80	26	35
D	180N	219	68	58	47
E	240N	243	82	96	65
F	300N	226	97	125	76
G, H, I, N en O	S-NBS/S-NBS Entec	96	61	5	22
J, K en L	V-NBS	146	86	41	39
M	Stikstof ^{plus}	166	88	25	51
P	CropScan	108	64	28	29
Stroken rijenafstanden		141	103	22	60

Tabel 14. Stikstofgiften bij de verschillende objecten in 2003

Object	Omschrijving	24-jun	3-sep	1-okt	Totaal
A	ON	0	0	0	0
B	60N	20	20	20	60
C	120N	40	40	40	120
D	180N	60	60	60	180
E	240N	80	80	80	240
F	300N	100	100	100	300
G	S-NBS	0	0	95	95
H	S-NBS/½	0	0	45	45
I	S-NBS/0	0	0	0	0
J	V-NBS	40	0	40	80
K	V-NBS/2	40	0	75	115
L	V-NBS/0	40	0	0	40
M	Stikstof ^{plus}	70	20	150	240
N	S-NBS Entec	0	0	95	95
O	S-NBS/½ Entec	0	0	45	45
P	CropScan	0	55	58	113
Stroken rijen-afstanden		0	0	60	60

4.2 Resultaten tusse oogsten

Tussen de bemesting volgens de NBS-streefwaarden uit de adviesbasis bemesting (object G) of het verhoogde bemestingsniveau (object J) werd bij alle drie de tusse oogsten geen significant verschil gevonden voor wat betreft de drogestofproductie en het drogestofgehalte (tabel 15). Het stikstofgehalte in de planten en de stikstofopname per ha waren bij J iets hoger dan bij G (n.s.).

Bij de tusse oogst van 11 september leek de hoge N-bemesting bij Stikstof^{plus} (object M) de drogestofproductie nadelig te hebben beïnvloed (n.s.). Het stikstofgehalte in de planten was verhoogd, maar de stikstofopname per ha niet (door de lagere drogestofproductie).

Tabel 15. **Drogestofproductie, -gehalte, N-gehalte en N-opname bij de tusse oogsten in 2003**

Object	Omschrijving	Datum	Drogestof- productie (ton per ha)	Drogestof- gehalte (%)	N-gehalte (g/kg d.s.)	N-opname (kg N per ha)
G	S-NBS	14 aug	1,48	9,44	44,2	65
J	V-NBS	14 aug	1,53	9,35	44,7	69
<i>Isd (p≤0,05)</i>			<i>0,14</i>	<i>0,99</i>	<i>2,5</i>	<i>8</i>
G	S-NBS	11 sep	4,83	10,06	32,1	155
J	V-NBS	11 sep	4,86	9,82	34,0	166
M	Stikstof ^{plus}	11 sep	4,40	9,78	35,8	157
<i>Isd (p≤0,05)</i>			<i>0,57</i>	<i>0,40</i>	<i>2,2</i>	<i>17</i>
G	S-NBS	9 okt	7,69	10,48	27,9	215
J	V-NBS	9 okt	7,62	10,54	30,8	235
<i>Isd (p≤0,05)</i>			<i>1,69</i>	<i>0,70</i>	<i>4,0</i>	<i>42</i>

4.3 Opbrengst, kwaliteit, stikstofopname en –benutting

Tot oktober tekenden zich geen zichtbare verschillen af tussen de objecten qua gewasstand en -kleur. Ook het nulobject tekende niet. In de loop van oktober werd de kleur van de onbemeste veldjes iets lichter groen. Tussen de overige objecten was er tot aan de oogst geen zichtbaar verschil in gewaskleur en -stand.

De resultaten van de eind oogst zijn weergegeven in tabel 16. Zonder N-bemesting waren de bruto-opbrengst en de opbrengst aan veilbaar product slecht iets lager dan bij de bemeste objecten. Echter ook bij de vaste N-trap van 300 kg N per ha was de veilbare opbrengst lager. Tussen de overige objecten was er geen duidelijk verschil in bruto-opbrengst en veilbare opbrengst. De drogestofproductie nam significant lineair af bij stijging van de totale N-gift.

De verschillen in kwaliteit (percentage van de opbrengst in klasse 1) tussen de objecten waren klein. De kwaliteit nam enigszins af (significant lineair) bij stijging van de totale N-gift.

Het percentage in klasse 3 was bij alle objecten miniem. Gemiddeld in de proef bedroeg het < 0,5%. Er waren nagenoeg geen niet-veilbare planten (rotte planten en planten met schot) in de proef.

Er waren geringe verschillen in sortering (dikte) van de planten tussen de objecten. Die verschillen waren soms significant, maar er was geen duidelijke relatie met de stikstofbemesting. Het aandeel planten dunner dan 2 cm was gering: gemiddeld in de proef < 1%.

Gelet op de opbrengst aan veilbaar product en de kwaliteit, was vóór oktober geen aanvullende stikstofgift nodig en was voor de periode daarna een N-gift van 45 kg N per ha (object H) voldoende. Er zijn geen stikstofresponsecurves meer opgesteld om de relatie tussen N-gift en opbrengst bij de vaste N-trappen te beschrijven.

Een hogere totale stikstofgift leidde tot een significante stijging van het stikstofgehalte in de planten. Bij N-giften boven de 180 kg N per ha nam het stikstofgehalte in het veilbaar deel van de planten niet duidelijk meer toe en in het afgesneden blad nam het bij N-giften boven de 120 kg N per ha niet duidelijk meer toe. De totale stikstofopname nam significant toe, naarmate de totale stikstofgift hoger was, tot een N-gift van 180 kg N/ha. Bij hogere N-giften nam de N-opname niet duidelijk meer toe.

Maximaal nam het gewas ca. 300 kg N per ha op. De hoeveelheid stikstof in de meege oogste wortels bedroeg 8-9% van de totale opname.

De hogere N-opname bij N-giften van >45 kg N per ha resulteerde niet duidelijk in een hogere productie, wat duidt op luxe-consumptie van stikstof.

De recovery nam significant lineair af, naarmate de stikstofgift hoger was. Bij gelijke stikstofgift was er geen significant verschil in recovery tussen de verschillende bemestingsmethoden met KAS (vaste N-trappen, NBS-objecten, CropScan-methode). De verdeling van de stikstofgift had geen duidelijk effect gehad op de recovery.

Bij de Entec-bemesting (objecten N en O) verschilden de veilbare opbrengst en kwaliteit niet significant van de KAS-bemesting (objecten G en H). Het stikstofgehalte in het veilbaar plantendeel was gemiddeld over de objecten N en O significant lager dan gemiddeld over de objecten G en H. Het N-gehalte in het blad verschilde niet duidelijk tussen de Entec-bemesting of de KAS-bemesting. Het N-gehalte in de wortels was bij de Entec-bemesting lager.

Ook de N-opname en de recovery waren bij de Entec-bemesting lager dan bij de KAS-bemesting. Gemiddeld over de objecten N en O enerzijds en G en H anderzijds waren dit zwak significante verschillen ($p = 0,08$ respectievelijk $0,09$).

Tabel 16. **Opbrengst, kwaliteit, sortering en stikstofopname van de prei in 2003**

Obj.	Omschrijving	Totale N-gift (kg N/ha)	Bruto-opbrengst (ton/ha)	Drogestof-productie (ton/ha)	Veilbaar ¹ (ton/ha)	Klasse 1 (%)	Sortering	
							2-4 cm (%)	> 4 cm (%)
A	ON	0	73,8	9,68	44,8	94,9	94,1	5,0
B	60N	60	78,4	9,84	47,2	95,9	89,8	9,6
C	120N	120	78,9	9,16	48,0	96,2	92,6	6,5
D	180N	180	79,3	9,06	46,1	94,7	90,2	8,8
E	240N	240	76,8	8,58	45,9	94,8	89,6	9,1
F	300N	300	74,8	8,53	44,7	93,4	96,2	3,1
G	S-NBS	95	76,5	9,30	46,2	96,3	90,9	8,7
H	S-NBS/½	45	76,6	9,40	46,6	98,3	94,7	4,6
I	S-NBS/0	0	74,8	10,13	44,5	96,4	93,3	5,8
J	V-NBS	80	77,2	9,37	47,4	96,5	91,8	7,5
K	V-NBS/2	115	77,1	8,95	46,0	93,3	89,0	10,3
L	V-NBS/0	40	75,5	9,77	45,4	96,4	95,5	3,8
M	Stikstof ^{plus}	240	77,8	9,44	45,2	94,1	92,2	6,9
N	S-NBS Ent.	95	75,1	9,46	45,8	96,6	91,0	7,9
O	S-NBS/½ Ent.	45	74,7	9,62	45,8	96,9	92,1	7,3
P	CropScan	113	78,1	9,10	47,0	96,0	92,6	6,9
<i>Isd (p≤0,05)</i>			<i>4,6</i>	<i>0,86</i>	<i>2,8</i>	<i>3,4</i>	<i>4,2</i>	<i>4,3</i>

Noot:

1. De totale opbrengst aan veilbaar product (klasse 1, 2 en 3).

Tabel 16. Vervolg

Obj.	Omschrijving	Totaal N-gift (kg N/ha)	N-gehalte (g per kg d.s.)			N-opname (kg N/ha)	Recovery (%)
			Veilbaar deel ²	Blad- afval ³	Wortels ⁴		
A	0N	0	22,3	24,8	27,9	223	-
B	60N	60	25,5	27,5	33,4	259	67
C	120N	120	29,3	31,8	41,3	279	50
D	180N	180	32,8	31,2	43,9	300	45
E	240N	240	34,4	31,6	47,1	296	32
F	300N	300	33,5	32,0	46,5	292	24
G	S-NBS	95	29,2	29,1	40,5	278	62
H	S-NBS/½	45	26,1	28,8	32,5	255	80
I	S-NBS/0	0	20,3	23,0	25,7	215	-
J	V-NBS	80	27,6	28,3	33,7	263	55
K	V-NBS/2	115	31,1	28,9	41,4	279	52
L	V-NBS/0	40	23,5	27,5	30,3	240	51
M	Stikstof ^{plus}	240	32,7	30,7	46,3	313	39
N	S-NBS Ent.	95	26,6	28,7	31,6	257	40
O	S-NBS/½ Ent.	45	24,2	27,4	30,9	242	52
P	CropScan	113	28,2	31,2	37,3	267	43
<i>lsd (p≤0,05)</i>			<i>3,2</i>	<i>3,3</i>	<i>-</i>	<i>27</i>	<i>40</i>

Noten:

2. Het veilbare stuk van de planten (de schacht + een klein stukje groen blad).
3. Het afgesneden blad.
4. Het stikstofgehalte in de wortels is bepaald in mengmonsters per object.

4.4 Stikstofbalans

De stikstofaanvoer in de laag 0-45 cm uit andere bronnen dan stikstofbemesting, is geschat op 285 kg N per ha (zie tabel 17). De wijze waarop de mineralisatie is geschat, is beschreven in Van Geel, 2003. Voor de Nmin op 16 juni in de laag 30-45 cm en de mineralisatie in deze laag is de helft genomen van de laag 30-60 cm.

Tabel 17. **Overige posten stikstofaanvoer in 2003 (kg N per ha)**

Nmin 0-30 cm op 16 juni:	85
Nmin 30-45 cm op 16 juni:	18
Mineralisatie 0-30 cm tussen 16 juni en 27 nov:	76
Mineralisatie 30-45 cm tussen 16 juni en 27 nov:	14
Geschatte aanvoer via berekening ¹ :	65
Aanvoer via depositie ² :	27
Totale aanvoer N:	285

Noten:

1. Het bronwater dat voor de berekening wordt gebruikt bevat 40-45 mg N per liter (= 0,40-0,45 kg N/ha per mm).
2. 65 kg N per ha per jaar (bron: RIVM juli 2002)

De resultaten met betrekking tot de stikstofbenutting zijn weergegeven in tabel 18. Naarmate de totale N-gift hoger was, nam de benutting door het gewas van de totaal beschikbare stikstof significant lineair af. De verdeling van de stikstofgift had hierop geen duidelijke invloed. De Nmin na oogst nam sterk toe, maar ook nam de hoeveelheid stikstof die tijdens de teelt was verdwenen significant lineair toe. Het meeste verlies is waarschijnlijk in oktober opgetreden.

Bij de Entec-objecten (N en O) was het stikstofbenuttingspercentage wat lager dan bij de gelijk bemeste objecten met KAS (G en H). Gemiddeld over de objecten N en O enerzijds en G en H anderzijds was dit verschil bijna significant ($p = 0,06$). De Nmin na oogst was bij de Entec-objecten iets lager (n.s.). De berekende hoeveelheid stikstof die tijdens de teelt was verdwenen was gemiddeld over de beide Entec-objecten (N en O) significant hoger dan gemiddeld over de KAS-objecten (G en H). Het is echter onwaarschijnlijk dat bij de Entec-bemesting meer stikstof is uitgespoeld (zie paragraaf 1.1). Mogelijk is er meer vervluchtigingsverlies opgetreden of is de stikstof in de bodem geïmmobiliseerd. Van de overgebleven Nmin na oogst in de laag 0-30 cm werd bij object N nog 12 kg N per ha in ammoniumvorm aangetroffen (17%) en bij object O niets.

Tabel 18. **Stikstofbalans (kg N per ha) over de gehele teeltperiode in 2003**

Obj.	Omschrijving	Totaal ¹ N-aanbod	N-opname gewas	Niet benut	Benuttings- index ²	Nmin na oogst		N-verlies tijdens teelt ³
						0-30 cm	30-60 cm	
A	ON	285	223	62	78%	2	7	56
B	60N	345	259	86	75%	9	9	73
C	120N	405	279	126	69%	10	17	107
D	180N	465	300	165	65%	23	31	126
E	240N	525	296	229	56%	45	70	150
F	300N	585	292	293	50%	55	86	195
G	S-NBS	380	278	102	73%	15	11	82
H	S-NBS/½	330	255	75	77%	9	11	61
I	S-NBS/0	285	215	70	75%	1	6	66
J	V-NBS	365	263	102	72%	9	10	88
K	V-NBS/2	400	279	121	70%	20	19	91
L	V-NBS/0	325	240	86	74%	6	7	76
M	Stikstof ^{plus}	525	313	212	60%	69	41	122
N	S-NBS Ent.	380	257	123	68%	12	9	107
O	S-NBS/½ Ent.	330	242	88	73%	6	7	78
P	CropScan	398	267	131	67%	14	19	108
<i>Isd (p≤0,05)</i>			<i>27</i>	<i>27</i>	<i>7%</i>	<i>8</i>	<i>12</i>	<i>29</i>

Noten:

1. laag 0-45 cm; Nmin vóór de teelt + mineralisatie + depositie + N-aanvoer via berekening + stikstofgift
2. N-opname gewas / totaal N-aanbod
3. berekend als: niet-benutte stikstof – Nmin(0-45 cm);
Nmin(0-45 cm) is berekend als: Nmin(0-30 cm) + 0,5 * Nmin(30-60 cm)

5 Discussie

Het effect van stikstofbemesting op de opbrengst was in beide jaren relatief klein. Zonder stikstofgift werd in 2002 al ca. 80% van de maximale opbrengst aan veilbaar product gehaald en in 2003 meer dan 90%. De via regressie-analyse afgeleide optimale stikstofgift in 2002 bij de vaste stikstoftrappen varieerde sterk, afhankelijk van het gekozen regressiemodel. Uitgaande van een exponentieel model bedroeg de optimale gift 254 kg N per ha en uitgaande van een broken-stick-model 74 kg N per ha. Bovendien waren de betrouwbaarheidsintervallen van deze schattingen groot. Afgaande op de opbrengst aan veilbaar product, de kwaliteit en de gewaskleur, was de gift van 180 kg N per ha in 2002 voldoende. Hogere giften leidden niet tot een duidelijk betere opbrengst, kwaliteit en kleur.

In 2003 was bij de vaste stikstoftrappen de gift van 60 kg N per ha voldoende. De gift van 120 kg N per ha leidde niet tot een duidelijke hogere opbrengst en kwaliteit. Bij nog hogere N-giften namen de opbrengst en kwaliteit zelfs af.

Van de NBS-bodemobjecten waren de stikstofgift en -verdeling in 2002 het meest optimaal bij object I (S-NBS/0) en in 2003 bij object H (S-NBS/½). Een hoger N-aanbod in de periode vóór oktober leidde niet tot een hogere productie, noch tot een betere kwaliteit. Een hoger N-aanbod begin oktober leidde weliswaar tot meer stikstofopname door het gewas, maar dat vertaalde zich niet in een hogere marktbaar opbrengst, een betere kwaliteit of een donkerdere kleur.

De behaalde besparingen in 2002 (object I) en 2003 (object H) bedroegen:

- 65 resp. 105 kg N per ha ten opzichte van bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn;
- 65 resp. 50 kg N per ha in de herfst ten opzichte van het NBS volgens de adviesbasis bemesting;
- 35 resp. 15 kg N per ha ten opzichte van de optimale gift bij de vaste trappen.

Met de CropScan-methode (object P) werd in 2002 evenveel stikstof bespaard als bij object I. Wellicht had met een nog lagere gift kunnen worden volstaan van 128 kg N per ha. De laatste stikstofgift à 20 kg N per ha op 21 oktober heeft waarschijnlijk geen effect meer gehad op de productie en kwaliteit en is daarom wellicht overbodig geweest. Er zat op 3 oktober bij P nog een ruime hoeveelheid stikstof in de bodem, meer dan bij de objecten GHI. Bij de objecten G, H en I werden de productie en kwaliteit niet meer beïnvloed door een hoger stikstofaanbod begin oktober.

In 2003 gaf de CropScan-methode te hoge bijmestadviezen, doordat de methode geen rekening houdt met een hoge bodemvoorraad stikstof. Dit is een punt voor verbetering.

Stikstof^{plus} leidde niet tot een besparing en gaf beide jaren in de proef veel te hoge bijmestadviezen.

Bij de Entec-objecten kon in oktober 2002 niet zonder stikstofgift worden volstaan. Half oktober werd vastgesteld dat de stikstofopname bij de Entec-objecten achter was gebleven. Volgens Booij et al. (1996) moet het stikstofgehalte gedurende de gehele groeiperiode minstens 28-31 g per kg d.s. bedragen. Het stikstofgehalte in de droge stof bedroeg 26,3 g per kg. Dit duidt erop dat het stikstofaanbod bij de Entec-objecten te laag was en bijbemesten noodzakelijk was geweest.

Uitgaande van de drogestofproductie bij object I zou er bij de oogst minstens 230-254 kg N per ha moeten zijn opgenomen (8,2 ton d.s. per ha * 28-31 kg per ton d.s.). Op 15 oktober was er bij I al 223 kg N per ha opgenomen en bij object O (S-NBS/½ Entec) slechts 195 kg N per ha. Bij I werd daarna nog 14 kg N per ha opgenomen, wat voldoende was voor de opbrengst aan veilbaar product, de kwaliteit en de kleur. Om eenzelfde opname te bereiken als bij I (237 kg N per ha), zou er bij O nog 42 kg N per ha moeten worden opgenomen. Gelet op de opname bij de oogst à 243 kg N per ha was de bijmestgift van 30 kg N per ha toereikend. Misschien had met iets minder kunnen worden volstaan, maar de besparing op de totale stikstofgift ten opzichte van een NBS met KAS blijft daardoor klein.

Het stikstofverlies tijdens de teelt was bij object O ca. 20 kg N per ha lager dan bij object I. Hierop gelet, had bij O maximaal met een 20 kg N per ha lagere stikstofgift kunnen worden volstaan dan bij I (ofwel een totale gift van 125 kg N per ha).

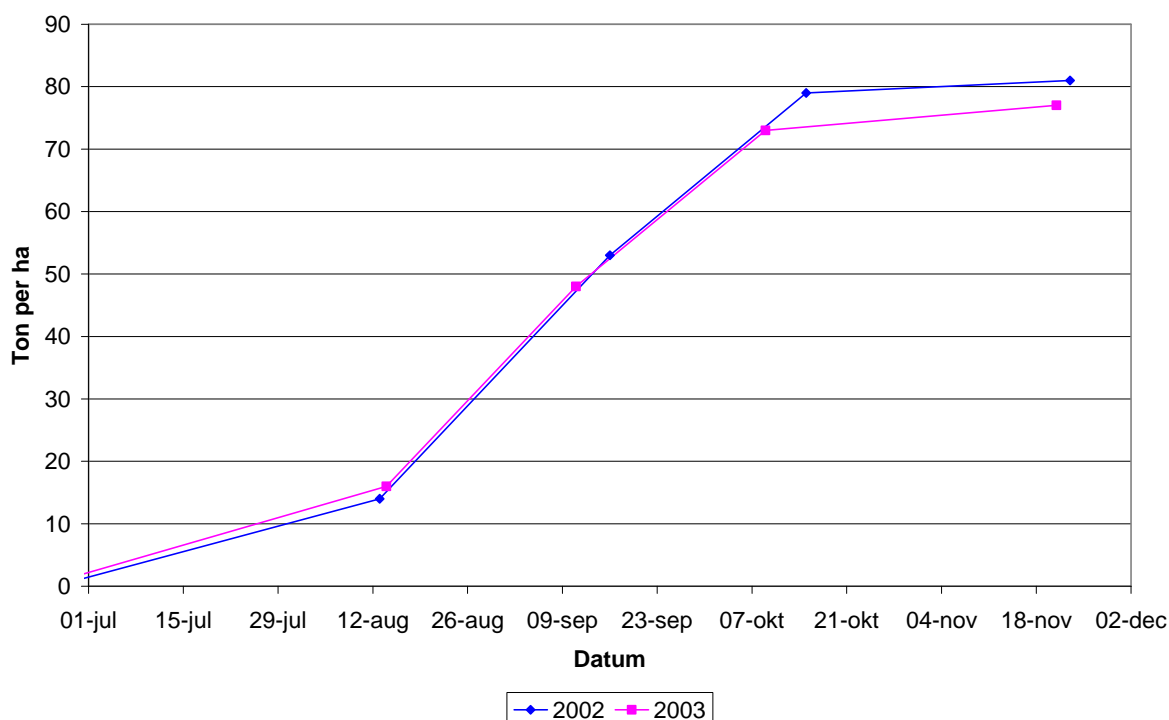
Het stikstofverlies bij object O was in 2002 niet lager dan bij het CropScan-object (P). Het verlies bij P was relatief laag, omdat de stikstof in augustus toevallig niet voor de hevige regenval was gestrooid, maar erna. Het geeft overigens aan dat uitstellen van de gift en laag houden van de bodemvoorraad het verlies ook kan verkleinen en in dat opzicht net zo goed scoorde als bandbemesting met Entec.

De hogere Entec-gift begin oktober bij object N leidde in 2002 niet tot een hogere N-opname dan bij object O, in tegenstelling tot KAS, waarbij de hogere N-gift wel tot een hogere N-opname leidde. De recovery van stikstof was daardoor bij object N laag.

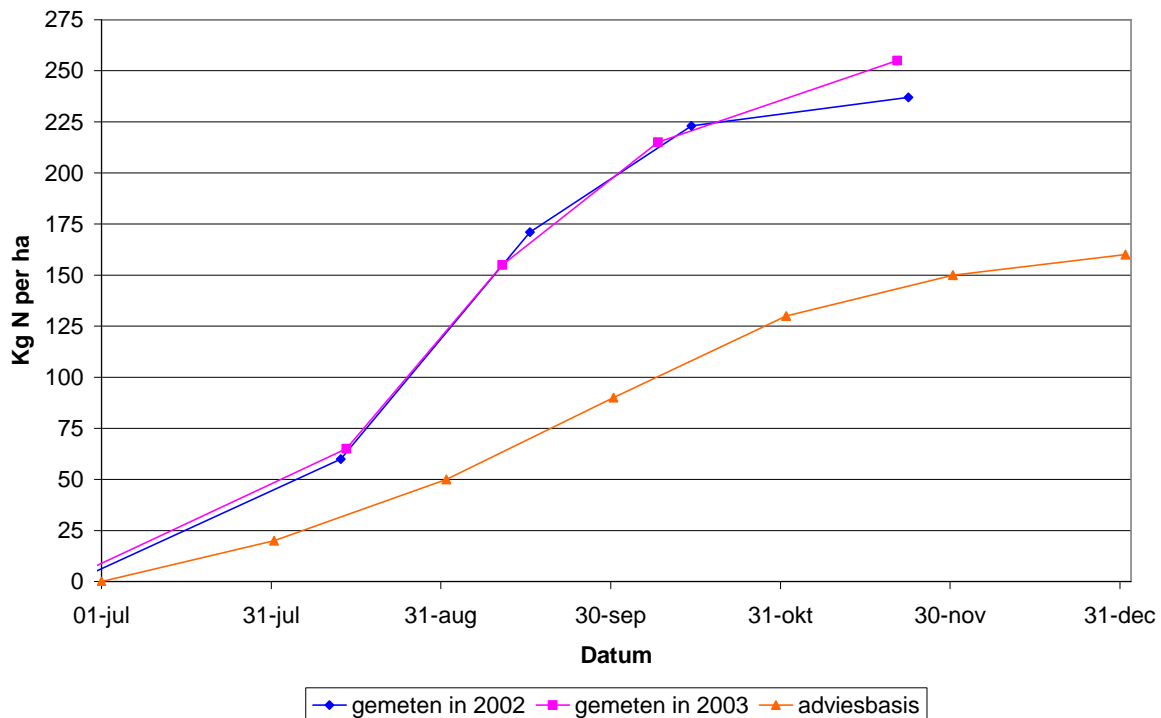
In 2003 leidde de bandbemesting met Entec begin oktober bij beide objecten tot een wat lagere N-opname en recovery dan de breedwerpige bemesting met KAS. Dit duidt erop dat Entec minder gemakkelijk of minder snel door het gewas kon worden opgenomen c.q. een langzaam-werkendere meststof is dan KAS. Vanwege de lagere recovery had bij Entec niet met een lagere stikstofgift kunnen worden volstaan dan met KAS. Uit oogpunt van stikstofbenutting was Entec een minder geschikte meststof voor late bijbemesting in de herfst (twee maanden vóór de oogst) dan KAS.

De gewasgroei was in beide jaren het grootst in de periode tussen half augustus en half oktober (figuur 2). Na half oktober nam de productie nog maar weinig toe. Daardoor kon in de laatste twee maanden van de teelt met een laag stikstofaanbod worden volstaan. Een hoog stikstofaanbod leidde tot luxe-consumptie van stikstof.

Bij het vaststellen van het stikstofopnamepatroon geeft het meten van luxe-consumptie een verkeerd beeld van de stikstofbehoefte. Het vastgestelde opnamepatroon bij object I in 2002 en object H in 2003 is daarom als meest representatief beschouwd (figuur 3). Het week fors af van de N-opnamecurve in de adviesbasis bemesting. In de periode tot half oktober was de opname hoger en in de periode erna lager.



Figuur 2. Verloop van de bruto-productie bij object I (S-NBS/0) in 2002 en object H (S-NBS/1/2) in 2003



Figuur 3. Stikstofopnamepatroon zoals gemeten bij object I (S-NBS/0) in 2002, bij object H (S-NBS/½) in 2003 en volgens de adviesbasis bemesting

Dat bemesting volgens het huidige NBS-advies in de periode tot half oktober niet tot stikstoftekort heeft geleid, komt omdat de stikstofaanvoer uit andere bronnen (mineralisatie, depositie en nitraat in het beregeningswater) hoog was, met name de aanvoer via beregening. Verder is in 2002 half september een keer extra gemeten en bijbemest.

Op andere locaties zit er meestal niet zo'n hoog nitraatgehalte in het beregeningswater als op de proeftuin Meterikse Veld. Zonder stikstofaanvoer via het beregening en/of op een zwakker mineraliserend perceel zou bemesten volgens het NBS uit de adviesbasis bemesting hoogstwaarschijnlijk wel tot een stikstoftekort hebben geleid. In de periode van half augustus tot 1 oktober bedroeg de actuele stikstofopname gemiddeld 135 kg N per ha, terwijl de adviesbasis bemesting uitgaat van 55 kg N per ha.

Opvolging van het NBS in de periode oktober en november leidde tot een onnodig hoge gift en tot een hogere Nmin-voorraad in de bodem na de oogst. Ook indien voor de berekening van de bijmestgift was uitgegaan van de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm, zou de gift te hoog zijn geweest.

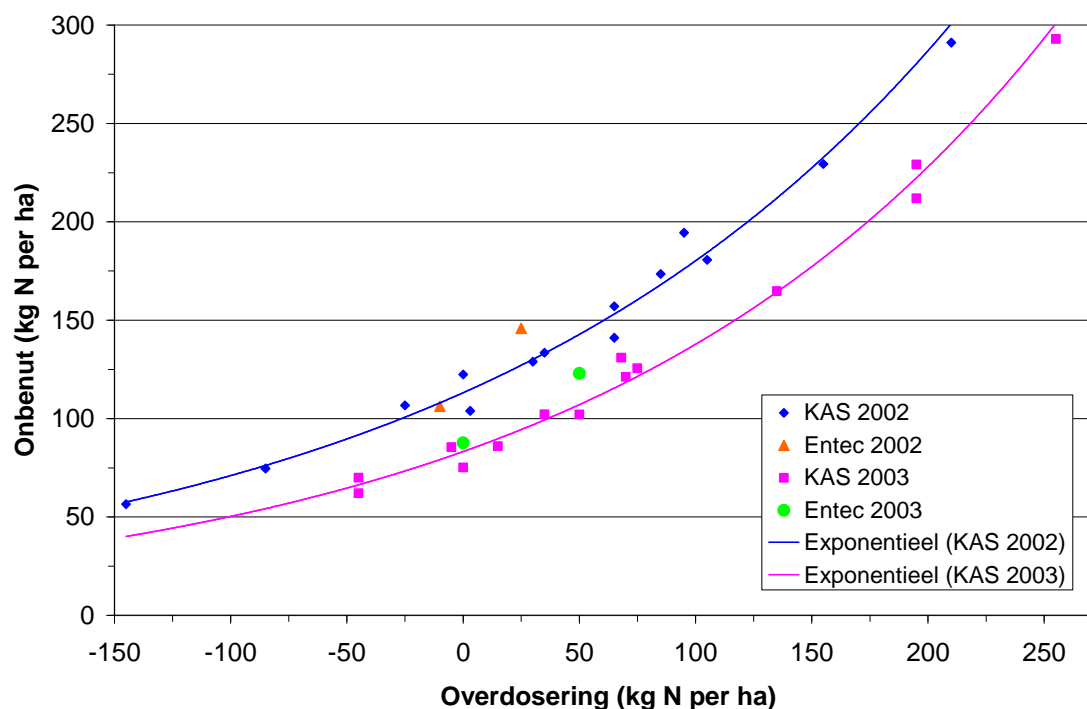
De hogere gift betekende overigens niet dat alle extra toegediende stikstof verloren ging. Het gewas nam deze stikstof namelijk deels op als luxe-consumptie. Die extra opname als luxe consumptie bedroeg in beide jaren ca. 45 kg N per ha.

Over het geheel genomen leidde een hogere stikstofgift tot meer (potentieel) stikstofverlies. In figuur 4 is de hoeveelheid niet-benutte stikstof door het gewas (c.q. het potentieel verlies) uitgezet tegen de overdosering aan stikstof. De overdosering is berekend als het verschil tussen de toegediende gift en de optimale gift. Als optimale gift is uitgegaan van 145 kg N per ha in 2002 en 45 kg N per ha in 2003. Een overdosering van 0 kg N per ha was dus de optimale N-gift.

Uit de figuur blijkt dat overdosering van stikstof de belangrijkste oorzaak was van (potentieel) stikstofverlies, met name indien de stikstofgift meer dan 50 kg N per ha boven de optimale gift lag. Verder was er een jaareffect: in 2002 was het verlies bij de optimale N-gift ca. 30 kg N per ha hoger dan in 2003. Bij overdosering van stikstof werd dit verschil groter.

In 2002 bleek dat naast de totale N-gift ook de verdeling van de gift c.q. de hoogte van de deelgiften in de verschillende perioden van de teelt invloed had op het verlies. Het verlies bouwde zich gedurende het hele groeiseizoen op. Een hogere stikstofbemesting in de zomer leidde nog niet zozeer tot een hogere

uitspoeling uit de laag 0-60 cm in de zomermaanden, maar wel tot meer uitspoeling uit de laag 0-30 cm, een hogere stikstofvoorraad in de laag 30-60 cm en daardoor tot meer uitspoelingsverlies in de herfst. Een goede synchronisatie van stikstofvraag en –aanbod in elke periode van de teelt is derhalve de beste manier om het stikstofverlies zo laag mogelijk te houden.



Figuur 4. Niet door het gewas benutte stikstof in 2002 en 2003, uitgezet tegen het teveel aan toegediende stikstof ten opzichte van de optimale stikstofgift

Smit (1994) vond voor prei via modelberekeningen een benutting van 57% van de totaal aangeboden stikstof (gift + mineralisatie) bij bemesting volgens de stikstofbemestingsrichtlijn en een gewasopname van 200 kg N per ha. Op grond hiervan werd prei ingedeeld bij de gewassen met een lage stikstofbenutting. In deze proef werd met een scherp uitgevoerde bemesting een benutting gevonden van 70% in 2002 en ruim 75% in 2003. Dat is weliswaar een verbetering, maar het geeft tevens aan dat er nog steeds sprake is van verlies. Verdere verlaging van de gift (suboptimale bemesting) leidde nauwelijks tot een beter benuttingspercentage.

Bij object C (120N) was de productie in 2002 wat lager dan bij D (180N), maar aan de gewaskleur en -stand werd dat pas vrij laat in het najaar zichtbaar. Waarschijnlijk te laat om nog te kunnen corrigeren met stikstof. Object B (60N) tekende half september en zou als venster een betere indicator zijn geweest. Na de bemesting in augustus was de bodemvoorraad 0-30 cm bij B aangevuld tot een niveau van ca. 50 kg N per ha en bij D en GHI tot 100 kg N per ha. Voor gebruik van een stikstofvenster, dat half augustus werd aangelegd, had dus kunnen worden volstaan met een niveauverschil van 50 kg N per ha. Doordat in 2003 pas in de loop van oktober kleurverschil zichtbaar werd tussen de onbemeste veldjes en de bemeste veldjes, was het niet mogelijk om het gebruik van een stikstofvenster te beoordelen aan de hand van aangebrachte niveauverschillen in de proef.

6 Conclusies

Door een scherp uitgevoerde stikstofbijbemesting (een verdeling van de stikstofgift die zo goed mogelijk aansluit op de actuele gewasbehoefte in elke periode van de teelt en de aanvoer van stikstof uit andere bronnen dan bemesting), kon ten opzichte van de stikstofbemestingsrichtlijn voor prei 65 kg N per ha worden bespaard in 2002 en 105 kg N per ha in 2003.

Het stikstofbijbemestingsysteem voor de late herfstteelt prei zoals dat is beschreven in de adviesbasis bemesting, voldeed niet. De stikstofopnamecurve die wordt gehanteerd voor het schatten van de stikstofopname per periode, wijkt sterk af van de opnamecurves die in de proeven zijn gemeten. Dit kan leiden tot een te laag stikstofaanbod in de eerste drie maanden van de teelt. Voor de periode na 1 oktober kon minder worden bemest dan volgens het NBS uit de adviesbasis.

Stikstof^{plus} leidde niet tot een besparing en gaf in deze proeven in alle perioden van de teelt te hoge bemestadviezen.

Gebruik van de CropScan-methode leidde in 2002 tot een nagenoeg optimale bijbemesting en een besparing van 60-65 kg N per ha ten opzichte van de stikstofbemestingsrichtlijn. In 2003 gaf de CropScan-methode te hoge bemestadviezen, doordat de methode geen rekening houdt met een hoge bodemvoorraad stikstof.

Overdosering van stikstof was de belangrijkste oorzaak van stikstofverlies. Deling van de stikstofgift gecombineerd met een goede synchronisatie van stikstofvraag en -aanbod in elke periode van de teelt en het zo laag mogelijk houden van de bodemvoorraad was de beste manier om het stikstofverlies te minimaliseren.

Door toepassing van bandbemesting met Entec in NBS-bodem in plaats van breedwerpige bemesting met KAS, was in 2002 slechts een geringe stikstofbesparing mogelijk, in de orde van grootte van 10-20 kg N per ha. In 2003 was geen besparing mogelijk. Uit oogpunt van stikstofbenutting was Entec een minder geschikte meststof voor late bijbemesting in de herfst (twee maanden vóór de oogst) dan KAS.

Met een scherp uitgevoerde stikstofbemesting bedroeg de benutting door het gewas van de totaal beschikbare stikstof 70% in 2002 en ruim 75% in 2003. Suboptimale bemesting leidde nauwelijks tot een beter benuttingspercentage.

Als onder de groeiomstandigheden van de proef in 2002 half augustus een stikstofvenster was aangelegd dat met het blote oog werd beoordeeld, had kunnen worden volstaan met een niveauverschil van 50 kg N per ha.

Literatuur

Booij, R. & H. Biemond, 1994. Stikstofhuishouding bij de teelt van prei en spruitkool. Themadag Stikstofstromen in de vollegrondsgroenteteelt. PAGV Themaboekje nr. 18, 9 dec 1994, p. 23-36

Booij, R., A.D.H. Kreuzer, A.L. Smit & A van der Werf. Effect of nitrogen availability on dry matter production, nitrogen uptake and light interception of Brussels sprouts and leeks.

Janssen, B.H. Organic Matter and Soil Fertility. LUW-dictaat J 100-225, editie 2002.

Kraker, J. de (1993). Teelt van prei. PAGV-teelthandleiding nr. 56 (oktober 1993).

Smit, A.L. (1994). Stikstofbenutting. Themadag Stikstofstromen in de Vollegrondsgroenteteelt. Thema-boekje nr. 18, 9 dec 1994. PAGV, Lelystad.

Van Dijk, W. (2003). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Publicatienr. 307. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad.

Van Geel, W.C.A. (2003). Ontwikkeling geleide bemestingssystemen in de teelt van prei. Jaarrapport 2002. PPO, sector agv, project nr. 510168.

Bijlage 1. Proefveldschema's

Jaar 2002

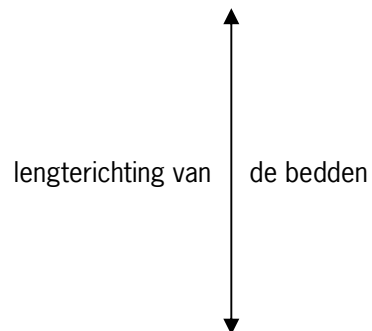
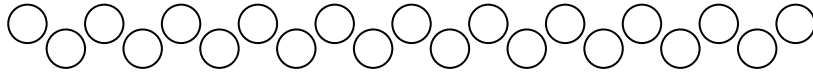
I	H	II	D	N	E	K	IV	D	M	2 bedden prei, plantverband 50 X 12 cm	2 bedden prei, plantverband 75 X 9 cm
8	16		J	L	J	H		P	I		
A	P		23	31	39	47		55	63		
7	15		C	M	A	F		54	62		
O	B	K	E	L	O	N	G				
6	14	21	29	37	45	53	61				
G	F	A	B	P	C	L	J				
5	13	20	28	36	44	52	60				
K	J	G	I	G	M	K	H				
4	12	19	27	35	43	51	59				
N	D	H	F	B	N	E	A				
3	11	18	26	34	42	50	58				
E	M	P	O	D	I	F	O				
2	10	17	25	33	41	49	57				
C	L										
1	9										

Jaar 2003

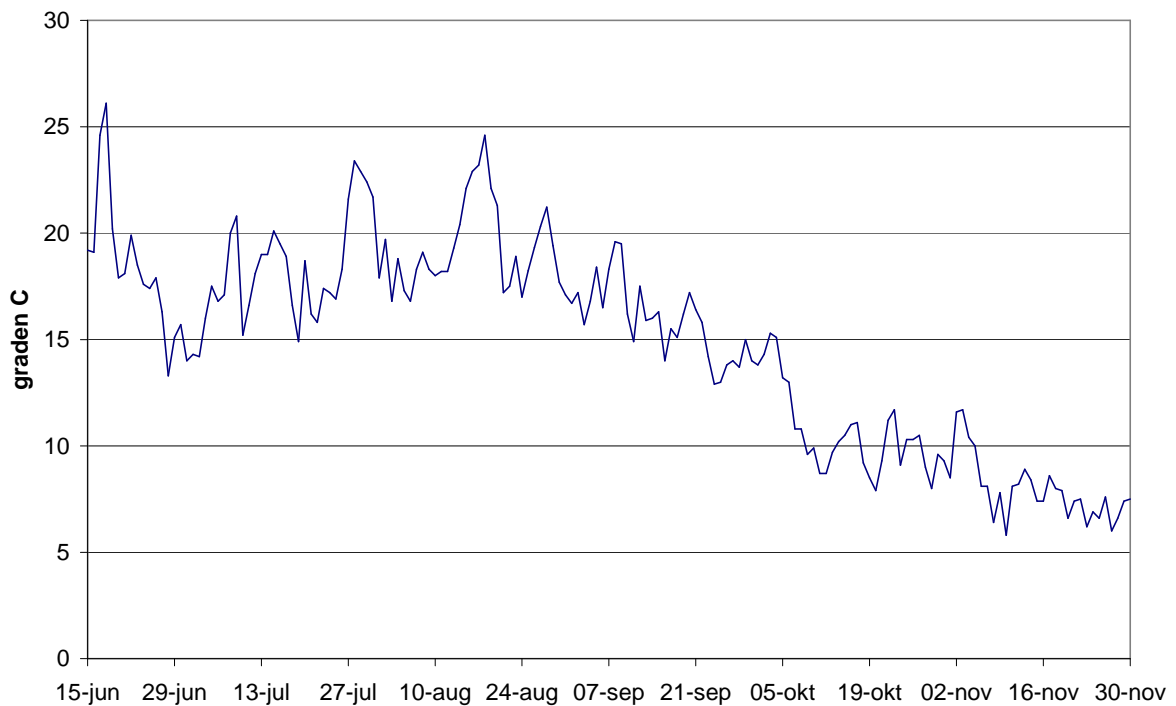
F	L	II	J	P	J	L	IV	G	P	Parker 50 cm	Parker 75 cm
8	16		24	32	40	48		56	64		
I	M		A	B	H	M		E	N	Apollo 50 cm	Apollo 75 cm
7	15		23	31	39	47		55	63		
E	N	C	K	F	O	D	K	Apollo 50 cm	Apollo 75 cm		
6	14	22	30	38	46	54	62				
H	O	G	D	I	B	A	C	Apollo 50 cm	Apollo 75 cm		
5	13	21	29	37	45	53	61	Parker 50 cm	Parker 75 cm		
C	G	L	N	K	N	M	J				
4	12	20	28	36	44	52	60	Parker 50 cm	Parker 75 cm		
J	K	H	O	A	P	O	I				
3	11	19	27	35	43	51	59	Parker 50 cm	Parker 75 cm		
B	D	I	E	D	C	F	B				
2	10	18	26	34	42	50	58	Apollo 50 cm	Apollo 75 cm		
P	A	F	M	E	G	L	H				
1	9	17	25	33	41	49	57				

Bijlage 2. Intensieve Nmin-bemonstering na oogst

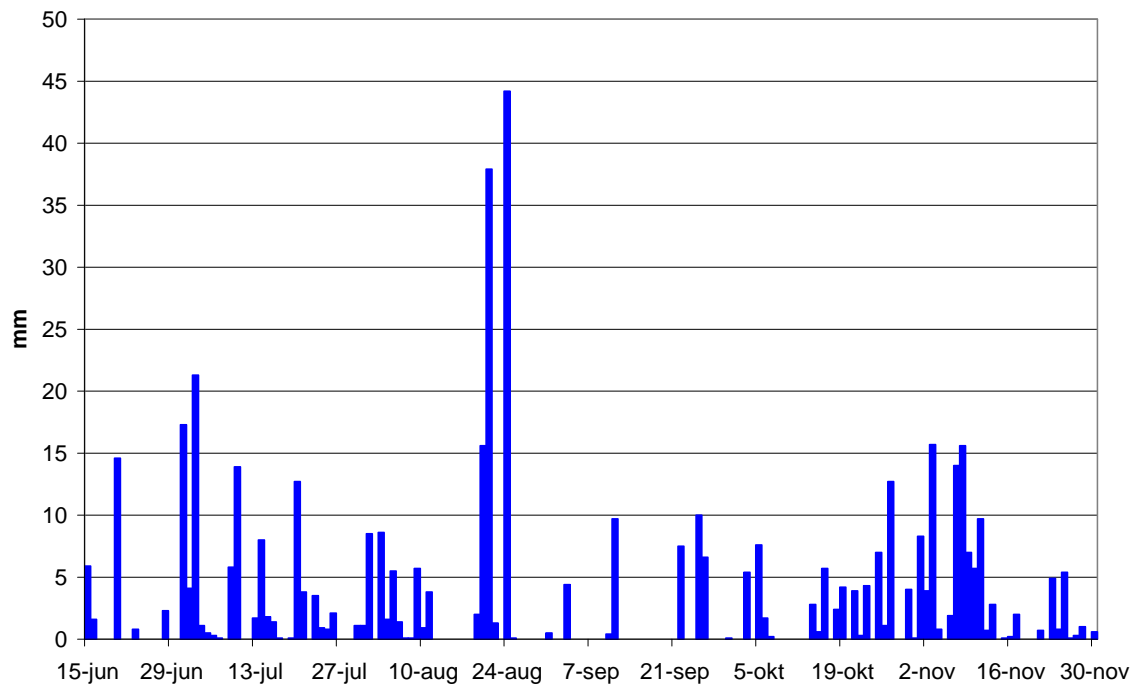
Bij de objecten N en O is na oogst op intensieve wijze bemonsterd door aaneengesloten te steken met de monsterboor, zoals hieronder schematisch is weergegeven.



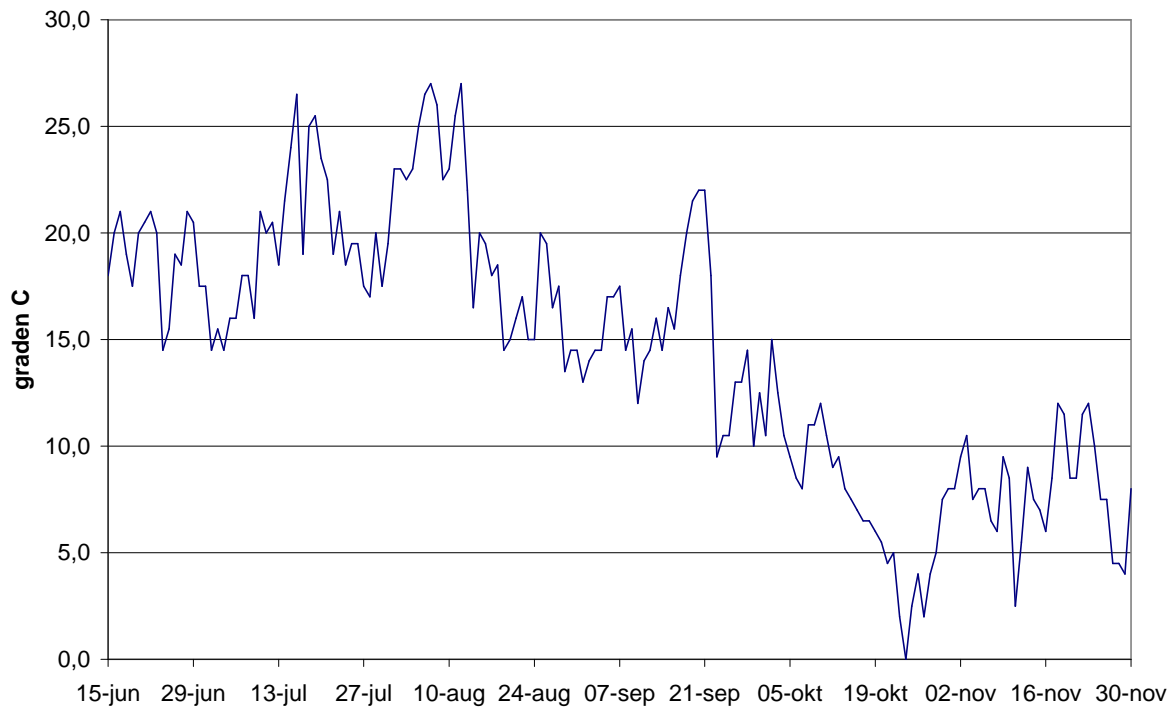
Bijlage 3. Temperatuur (°C) en neerslag (mm)



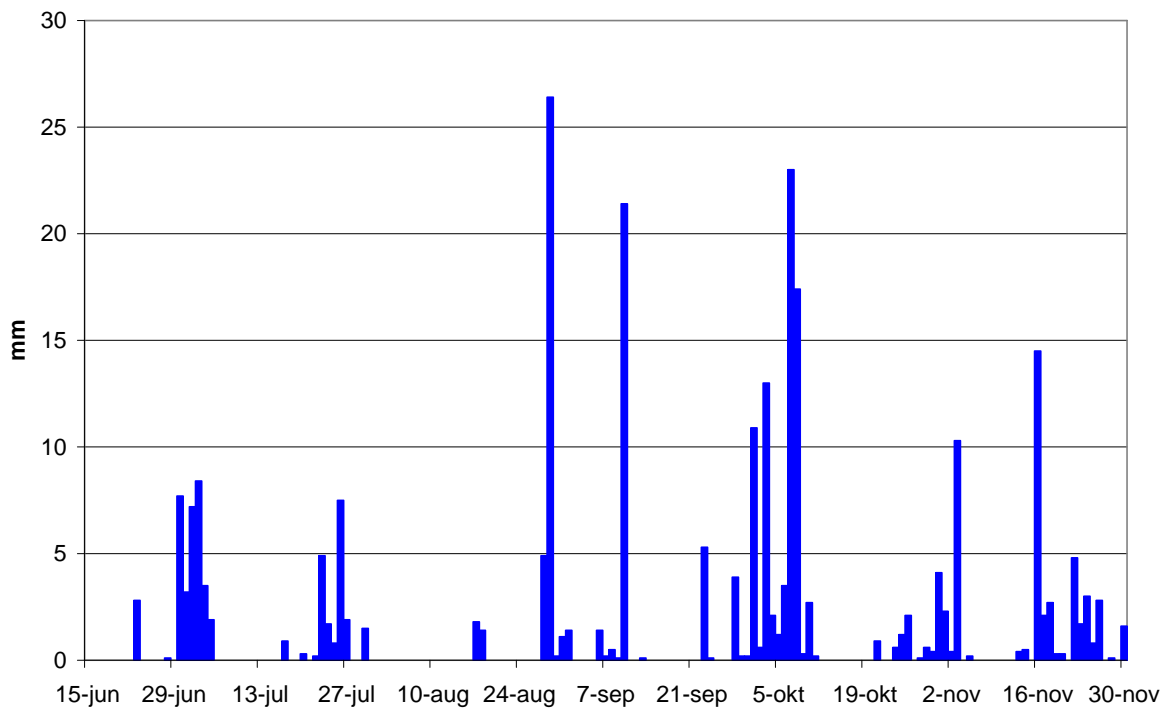
Figuur 3-1. Temperatuursverloop in 2002 op proeftuin Meterikse Veld



Figuur 3-2. Neerslag in 2002 op proeftuin Meterikse Veld

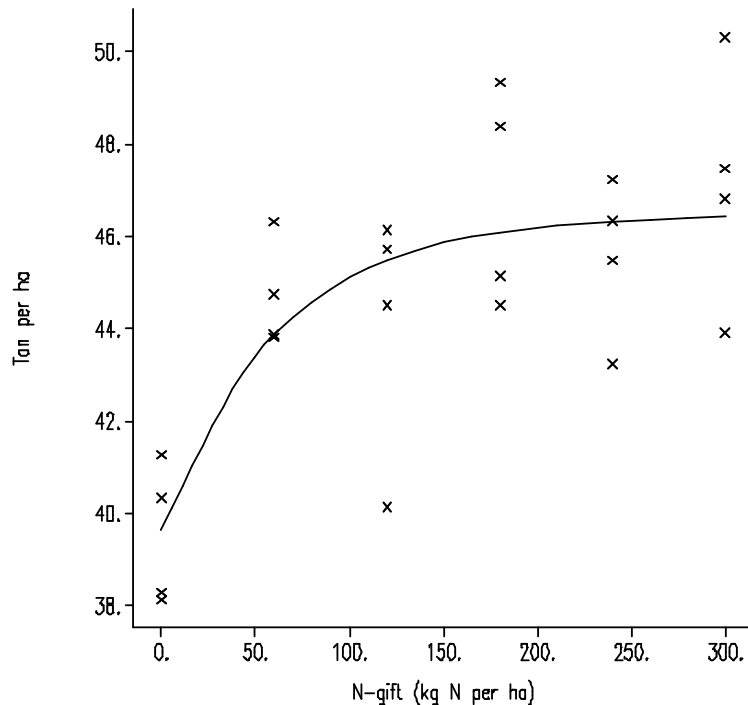


Figuur 3-3. Temperatuursverloop in 2003, data van proefboerderij Vredepeel

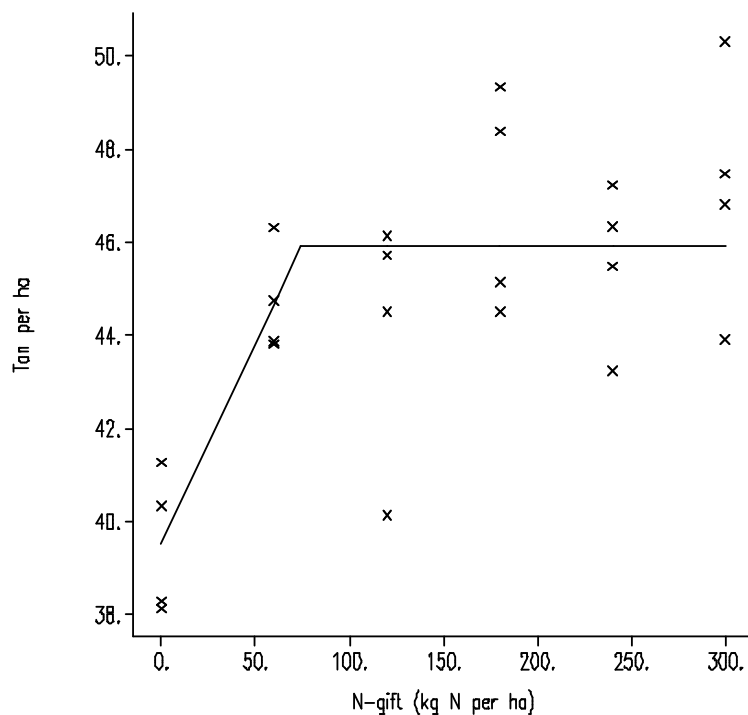


Figuur 3-4. Neerslag in 2003 op proeftuin Meterikse Veld

Bijlage 4. Stikstofresponse in 2002 bij de vaste trappen



Figuur 4-1. Opbrengst veilbaar product bij de vaste stikstoftrappen volgens een exponentiële curve ($R^2 = 55\%$)
 $(y = 46,5 - 6,82 * 0,98404^x)$



Figuur 4-2. Opbrengst veilbaar product bij de vaste stikstoftrappen volgens een broken stick ($R^2 = 52\%$)

Bijlage 5. Stikstofbalansen in 2002 in twee perioden

Met behulp van de tussentijds gemeten stikstofopnamen door het gewas en de gemeten Nmin-voorraden zijn stikstofbalansen over de eerste helft en de tweede helft van de teeltperiode in 2002 opgesteld om na te gaan hoe groot de verliezen in elk deel van de teeltperiode waren. Aangezien de Nmin-metingen aan mengmonsters per object zijn uitgevoerd (dus niet in herhalingen), is niet aan te geven of de gevonden verschillen al dan niet statistisch significant zijn.

Naarmate het stikstofaanbod in de zomer hoger was, spoelde er meer stikstof uit de laag 0-30 cm (tabel 4-1). Het verlies uit de laag 0-60 cm echter, was niet tot weinig hoger bij hoger stikstofaanbod. Wel was de Nmin-voorraad in de laag 30-60 cm op 17 september hoger (tabel 5, paragraaf 3.1). Deze stikstof zal sneller uitspoelen tot beneden de 60 cm dan de stikstof die zich in de laag 0-30 cm bevindt. In de tweede helft van de teelt ging er dan ook meer stikstof uit de laag 0-60 cm verloren, naarmate het stikstofaanbod in de zomermaanden vóór 17 september hoger was geweest. Uit vergelijking van de objecten G, H en I onderling en J, K en L onderling blijkt dat een hogere stikstofgift op 10 oktober niet tot een hoger verlies leidde (tabel 4-2). Daarentegen was het verlies bij J, K en L enerzijds (hoger bemest in de zomer) duidelijk hoger dan bij G, H en I anderzijds. Het hogere stikstofverlies bij hogere stikstofbemesting bouwde zich dus gedurende het groeiseizoen op. Een hogere stikstofbemesting in de zomer leidde tot meer uitspoelingsverlies uit de laag 0-60 cm in de herfst.

Bij object P was het stikstofverlies in de zomermaanden lager. Tot half augustus waren de objecten P, C, en GHI gelijk bemest: 40 kg N per ha op 26 juni. In de tweede helft van augustus werd bij P pas bijbemest na de zware regenval en bij de overige objecten net ervoor. In de periode tussen 12 augustus en 17 september nam de Nmin-voorraad bij P minder sterk af (tabel 4-3).

Tabel 5-1. **Stikstofbalans in de periode tussen 18 juni en 17 september 2002 bij de objecten GHI, JKL en M voor de lagen 0-30 cm en 30-60 cm (kg N per ha)**

	Object GHI (S-NBS)		Object JKL (V-NBS)		Object M (N ^{plus})	
	0-30 cm	0-60 cm	0-30 cm	0-60 cm	0-30 cm	0-60 cm
Nmin op 18 juni	50	62	50	62	50	62
Mineralisatie 19 juni – 17 sep	55	81	55	81	55	81
Aanvoer via beregening	34	34	34	34	34	34
Aanvoer via depositie	16	16	16	16	16	16
N-gift op 26 juni	40	40	80	80	115	115
N-gift op 20 aug	<u>65</u>	<u>65</u>	<u>90</u>	<u>90</u>	<u>115</u>	<u>115</u>
Totale aanvoer N	260	298	325	363	385	423
N-opname	171	171	185	185	195	195
N-aanvoer – N-opname	89	127	140	178	190	228
Nmin op 17 sep	30	53	49	109	55	142
Verdwenen tussen 18 juni en 17 sep	59	74	91	69	135	86

Tabel 5-2. **Stikstofbalans bij de objecten G t/m M in de periode 17 september tot 27 november 2002 voor de laag 0-60 cm**

	G (S-NBS)	H (S-NBS/½)	I (S-NBS/0)	J (V-NBS)	K (V-NBS/2)	L (V-NBS/0)	M (N ^{plus})
Nmin op 17 sep	53	53	53	109	109	109	142
Mineralisatie 18 sep – 27 nov	16	16	16	16	16	16	16
Aanvoer via beregening	16	16	16	16	16	16	16
Aanvoer via depositie	13	13	13	13	13	13	13
N-gift op 17 sep	40	40	40	40	40	40	40
N-gift op 10 okt	<u>65</u>	<u>30</u>	<u>0</u>	<u>20</u>	<u>40</u>	<u>0</u>	<u>85</u>
Totale aanvoer N	203	168	138	214	234	194	312
N-opname na 16 sep	112	89	66	85	98	82	83
N-aanvoer – N-opname	91	79	72	129	136	112	229
Nmin op 27 nov	42	22	15	31	37	21	69
Verdwenen tussen 17 sep en 27 nov	49	57	57	98	99	91	160

Tabel 5-3. **Verandering Nmin bij de objecten C, GHI en P in de periode 12 augustus - 17 september 2002 in de lagen 0-30 cm en 30-60 cm (kg N per ha)**

	GHI	C	P
Nmin 0-30 cm op 12 aug	37	49	43
N-gift in 2 ^e helft aug	<u>65</u>	<u>40</u>	<u>44</u>
Nmin + Ngift 0-30 cm	102	89	87
Nmin 0-30 cm op 17 sep	30	13	56
Afname Nmin 0-30 cm	72	76	31
Nmin 30-60 cm op 12 aug	50	50	44
Nmin 30-60 cm op 17 sep	<u>23</u>	<u>15</u>	<u>13</u>
Afname Nmin 30-60 cm	27	35	31
Afname Nmin 0-60 cm	99	111	62