

Teeltvervroeging bij consumptieaardappel en snijmaïs op zand ten behoeve van vanggewassen

Deskstudie naar mogelijkheden en beperkingen

J. Verhoeven¹, C. Bus¹, W. van Dijk¹, W. van Geel¹, H. van Schooten²,
J. Schröder³ & R. Wustman¹,

¹WUR-Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, sector AGV, Lelystad

²WUR-Livestock Research, Lelystad

³WUR-Plant Research International, Wageningen

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

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

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

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

Projectnummer: 32 501730 10

Uitgevoerd in opdracht en met financiering van:



Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit

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

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

Akkerbouw, groene ruimte en vollegrondsgroenten

Adres : Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad

: Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 - 29 12 11

Fax : 0317 - 23 04 79

E-mail : info.ppoagv@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	9
1.1 Kennisbehoefte/kennisvraag	9
1.2 Wat weten we al?	9
1.3 Doel en afbakening	11
2 VERVROEGING AARDAPPELOOGST OP ZANDGROND	13
2.1 Inleiding	13
2.2 De aardappelteelt in het zuidelijk zandgebied	13
2.2.1 Areaal, bestemming en logistiek	13
2.2.2 Oogstperiode	14
2.3 Vroegrijpheid van aardappel.....	15
2.4 Inventarisatie maatregelen teeltvervroeging	17
2.4.1 Voorjaar	17
2.4.1.1 Vroeg poten	17
2.4.1.2 Voorkiemen	17
2.4.1.3 Fysiologisch ouder pootgoed gebruiken.....	17
2.4.1.4 Verhoging standdichtheid	17
2.4.1.5 Grotere poters gebruiken	18
2.4.1.6 Rugopbouw uitstellen	18
2.4.1.7 Afdekken met vliesdoek of folie.....	18
2.4.1.8 Rassenkeuze	18
2.4.1.9 Samenvatting vervroeging voorjaar	18
2.4.2 Najaar.....	19
2.4.2.1 Voldoende afgeharde aardappelen na loofdoding eerder rooien	19
2.4.2.2 Twee weken eerder groen rooien	19
2.4.2.3 Conclusie vervroeging najaar	19
2.5 Drastische vervroegingsmaatregelen.....	19
2.5.1 Lagere stikstofbemesting	19
2.5.1.1 Huidige stikstofbemesting op zuidelijk zand	20
2.5.1.2 Mate van vervroeging door een lagere N-gift.....	20
2.5.1.3 Opbrengstderving	20
2.5.1.4 Rasverschillen	21
2.5.2 Vroegtijdig loof doden en oogsten.....	21
2.6 Financiële gevolgen van teeltvervroeging	24
2.6.1 Vervroegingsmaatregelen in het voorjaar	24
2.6.2 Vervroegingsmaatregelen in het najaar	25
2.6.3 Lagere stikstofbemesting	25
2.6.4 Vroegtijdig loof doden	25
2.7 Effect op het stikstofverlies en de N-gebruiksnorm	26
2.7.1 Uitgangspunten scenarioberekeningen	26
2.7.1.1 Scenario's	26
2.7.1.2 N-opname vanggewas	27
2.7.1.3 Benutting N uit ondergewerkte vanggewassen	28
2.7.1.4 Overige uitgangspunten.....	28
2.7.2 Resultaten scenarioberekeningen.....	29
2.7.2.1 Effecten bij gebruiksnorm overeenkomend met nitraatnorm	29
2.7.2.2 Effecten bij gebruiksnorm 2012/2013	30

2.7.3	Financiële gevolgen.....	31
2.8	Praktische knelpunten van een vanggewas na aardappel.....	32
2.8.1	Bestrijding van aardappelopslag.....	32
2.8.2	Aaltjes	32
3	VERVROEGING MAÏSOOGST OP ZANDGROND.....	35
3.1	Inventarisatie maatregelen teeltvervroeging	35
3.1.1	Voorjaar	35
3.1.1.1	Vroeg zaaien	36
3.1.1.2	Lagere plantdichtheid.....	36
3.1.1.3	Andere plantverdeling.....	37
3.1.1.4	Maïs onder folie	38
3.1.1.5	Stikstofbemesting	38
3.1.2	Najaar.....	39
3.1.2.1	Langere stoppellingte.....	39
3.1.2.2	Vroege rassen	39
3.2	Gevolgen vroegtijdig oogsten	41
3.2.1	Maïsoogst in de praktijk	41
3.2.2	Gevolgen vroegtijdig oogsten voor opbrengst en kwaliteit	43
3.2.3	Gevolgen vroegtijdig oogsten voor N-opname	43
3.3	Vroegere rassen en/of vroeger oogsten	45
3.3.1	Effect op N-opbrengst	45
3.3.2	Areaal waarop de teelt vervroegd kan worden zonder vroeger oogsten.....	46
3.4	Gevolgen op bedrijfsniveau	46
3.4.1	Het programma BBPR	46
3.4.2	Basisbedrijf	47
3.4.3	Vroegtijdig oogsten.....	47
3.4.4	Zeer vroeg ras telen i.p.v. middenvroeg ras	49
3.5	Effect op het stikstofverlies en de N-gebruiksnorm	50
3.5.1	Inleiding	50
3.5.2	Werkwijze.....	50
3.5.3	Resultaten	52
3.5.3.1	Vanuit milieudoel terugredenerend naar toelaatbare giften.....	52
3.5.3.2	Vanuit gebruiksnormen 2012-2013 de milieuprestaties voorspellen	53
3.5.3.3	Conclusie	55
3.6	Praktische knelpunten van een vanggewas na snijmaïs.....	55
4	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	57
4.1	Discussie	57
4.1.1	Consumptieaardappelen.....	57
4.1.2	Snijmaïs.....	58
4.2	Conclusies	59
	LITERATUUR.....	61
	BIJLAGE 1. MECHANISMEN ACHTER DE BEPERKING VAN N-UITSPOELING DOOR VANGGEWASSEN ..	65

Samenvatting

Inleiding

Een na-oogstmaatregel om het verlies van stikstof (N) naar het grond- en oppervlaktewater te beperken, is het telen van een onbemeste groenbemester als stikstofvanggewas na de hoofdteelt. Belangrijke factoren die de effectiviteit van een 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. De mate van ontwikkeling en stikstofopname van het vanggewas hangt onder meer af van het zaaitijdstip. Naarmate het vanggewas vroeger in de nazomer/herfst wordt gezaaid, kan het zich forser ontwikkelen en meer stikstof vastleggen. Hoe eerder het hoofdgewas het veld heeft geruimd, des te eerder kan het vanggewas worden gezaaid.

Momenteel ruimt het hoofdgewas meestal te laat het veld om nog een goed geslaagd stikstofvanggewas te kunnen telen. Dit knelpunt doet zich onder meer voor bij de teelt van aardappelen en maïs. Beide gewassen worden aangemerkt als uitspoelingsgevoelig. Ze laten relatief veel stikstof na in de bodem en dragen door hun grote areaal (met name maïs) in ruime mate bij aan de overschrijding van de nitraatnorm op gebiedsniveau. De onderhavige studie gaat na welke mogelijkheden voor teeltvervroeging in voor- en najaar er bij aardappelen en maïs bestaan en wat de consequenties zijn voor de rentabiliteit van de teelt en voor de nitraatuitspoeling. De deskstudie spitte zich toe op de zuidelijke zandgronden, omdat de nitraatuitspoeling hier het hoogst is in Nederland.

Aardappel

De aardappelteelt op de zuidelijke zandgronden in Nederland betreft hoofdzakelijk de teelt van consumptieaardappelen voor de verwerkende industrie. De oogst ervan is gespreid van juli tot november, omwille van regelmaat van aanvoer naar de verwerkende industrie en beschikbare capaciteit van arbeid, rooimachines, transportmiddelen en dergelijke.

Op circa 18% van het aardappelareaal op zuidelijk zand (zo'n 2.200 ha, incl. pootgoedteelt) worden op dit moment de aardappelen vroeg genoeg geroid (vóór 1 september) om een geslaagd vanggewas te kunnen telen. Daarnaast zouden op circa 27% van het areaal (zo'n 3.200 ha), waar de aardappelen in september worden geroid, vervroegingsmaatregelen kunnen worden genomen. Dergelijke maatregelen helpen om uiterlijk half september te oogsten en tijdig een vanggewas te kunnen zaaien. Het merendeel van het areaal (55%; zo'n 6.550 ha) wordt na 1 oktober geoogst. Om ook in dat geval nog een redelijk geslaagd vanggewas te kunnen telen, zou er zeker een maand moeten worden vervroegd door een combinatie van vroegere rassen en aangepaste teeltmaatregelen.

Het vervroegen van de oogst op dit late areaal gaat gepaard met opbrengstderving. Daarnaast moeten er in dat geval in een kortere periode meer aardappelen worden geoogst en verwerkt. De huidige verwerkingscapaciteit van de verwerkende industrie is daar niet op berekend. In de periode augustus tot en met oktober betrekken de verwerkende fabrieken bij voorkeur hun grondstof van het zand. De aardappelen gaan dan meteen vanaf het land naar de fabriek. Omdat de fabrieken maar een bepaalde hoeveelheid per dag kunnen verwerken, wordt de oogst gespreid. Oogstspreading en continuïteit van aanvoer zijn voor de verwerkende industrie belangrijke voordelen van de aardappelteelt op zand. Onder nattere omstandigheden kan op zand vrijwel altijd wel ergens kan worden geroid, in tegenstelling tot klei, waar regen de oogst soms wel weken lang kan stilleggen. Oogstvervroeging beperkt dit voordeel. Bij vervroeging zouden de aardappelen tijdelijk moeten worden opgeslagen, voordat ze kunnen worden verwerkt. Dit brengt extra kosten en arbeid met zich mee en leidt tot meer knolbeschadiging.

Bij vervroegingsmaatregelen in het voorjaar kan worden gedacht aan: eerder poten, voorkiemen, fysiologisch ouder pootgoed gebruiken, het verhogen van de standdichtheid, grotere poters gebruiken, rugopbouw uitstellen, afdekken met vliesdoek of folie in het voorjaar en vroegrijpende rassen poten. Afdekken met vliesdoek leidt weliswaar tot een vervroeging, maar de kosten van deze maatregel zijn hoger dan de financiële opbrengstderving die optreedt bij vroegtijdige oogst zonder afdekking met vliesdoek. De overige maatregelen worden deels al toegepast in praktijk of zijn bij oogst na 1 augustus te weinig effectief om de meerkosten ervan te compenseren. Vroegrijpende rassen kunnen in principe bijdragen aan vervroeging van de oogst, maar vroegrijpheid gaat niet altijd samen met andere gewenste eigenschappen.

De rassenkeuze hangt nog van vele andere raseigenschappen af, die verband houden met bewaarbaarheid, de bestemming van de aardappelen (teeltdoel) en de specifieke teeltomstandigheden. Verder hebben vroegrijpende rassen een hogere stikstofbehoefte dan laatrijpende rassen, voeren ze niet meer stikstof af en is derhalve het stikstofoverschot hoger. De teelt van een vroegrijpend ras dat begin september afsterft en medio september wordt geoogst, leidt door de kortere groeiperiode tot een lagere knolopbrengst dan de teelt van een laatrijpend ras dat begin oktober wordt geoogst.

Van het areaal dat op dit moment in september wordt geoogst (3.200 ha), kan naar schatting zo'n 500 ha aardappelen eerder worden gerooid, omdat de fabriek ze weliswaar nog niet voor verwerking heeft ingepland, alhoewel ze al wel voldoende zijn afgehard om te kunnen worden geoogst. Verder kan er naar schatting ook nog eens zo'n 1.000 ha extra, 'groen' worden gerooid. Eerder rooien van deze 1.500 ha in aanvulling op de 2.200 ha vroeg geoogste aardappelen (inclusief pootgoed), betekent dat in het zuidelijk zandgebied in principe op 3.700 hectare, ofwel ruim 30% van het aardappelareaal, nog tijdig een stikstofvanggewas kan worden gezaaid. Het eerder rooien zal er toe leiden dat afgeharde aardappelen, die men nu een paar weken in de grond bewaart tot de fabriek ze nodig heeft, een paar weken lang moeten worden opgeslagen.

Op het resterende areaal, een krappe 70%, zijn drastischer maatregelen nodig om de oogst te vervroegen. Dit kan door een lagere stikstofbemesting en het voortijdig doden van het loof. Naar verwachting leidt het verlagen van de N-bemesting met 50 kg N per ha gemiddeld tot een week vervroeging. Het leidt ook tot een opbrengstverlies van gemiddeld 3,3%.

Het twee weken eerder doden van het (nog vrij groene) loof kost 10-20% aan opbrengst per ha. Deze maatregel heeft alleen zin als het wordt gecombineerd met andere vervroegingsmaatregelen, zoals bijvoorbeeld minder stikstof geven; het heeft dan immers geen zin om het loof zo lang mogelijk groen te houden.

Door de zaai van een vanggewas na aardappel is geen bestrijding van aardappelopslag mogelijk. Aardappelziekten kunnen zich op opslagplanten gemakkelijker handhaven dan wel zich uitbreiden, waaronder aaltjes. Daardoor zal de besmettingsgraad in de bodem van plantparasitaire aaltjes toenemen. Ook zijn veel vanggewassen zelf een waardplant voor plantparasitaire aaltjes en verhogen ze de besmettingsgraad in de bodem.

Uit simulatieberekeningen blijkt dat de teelt van een N-vanggewas de nitraatconcentratie onder aardappelen in de zandregio Zuid (bij de gebruiksnorm van 2012/2013) op gewasniveau verlaagt van 94 naar 90 mg NO₃ per liter. Dit betreft een situatie waarin op 13% van het aardappelareaal de oogst is vervroegd door reeds afgerijpte aardappelen eerder te rooien en door een deel groen te rooien. Hierdoor kan op circa 30% van het aardappelareaal vóór 10 september een vanggewas worden gezaaid. Om eenzelfde verlaging van de nitraatuitspoeling te realiseren, zou in een situatie zonder een vanggewas, de gebruiksnorm van aardappel met circa 10 kg N per ha moeten worden verlaagd.

Om meer ruimte te creëren voor vanggewassen zal, naast voorgenoemde maatregelen, het resterende areaal (70%) vroegtijdig moeten worden geoogst door het loof voortijdig te doden. Deze variant is ook meegenomen in de berekeningen door op deze 70% het loof twee weken eerder te doden en na het rooien een vanggewas te zaaien. Dit scenario resulteert in een toename van de nitraatconcentratie van 94 naar 97 mg NO₃ per liter. Dit komt omdat de N-afvoer met het oogstproduct daalt door de vroegtijdige loofdoding, waardoor het stikstofoverschot toeneemt. Die toename is groter dan de extra stikstofopname van het vanggewas door een eerdere zaai.

In zandregio Zuid beslaan aardappelen 17% van het areaal akker- en tuinbouwgewassen. Op regionaal bouwplanniveau verlaagt de teelt van een N-vanggewas na aardappel de nitraatconcentratie van 70 naar 69 mg NO₃ per liter. Vroegtijdig rooien in combinatie met een vanggewas resulteert op regionaal niveau in een toename van 69 naar 70 mg NO₃ per liter.

Snijmaïs

In Nederland wordt circa 225.000 ha snijmaïs geteeld, waarvan 130-140.000 ha op de oostelijke en zuidelijke zandgronden. De meeste snijmaïs wordt geoogst tussen half september en half oktober.

Bij vervroegingsmaatregelen in het voorjaar kan worden gedacht aan: eerder zaaien, verlagen van het plantgetal, andere plantverdeling, lagere stikstofbemesting en afdekken met folie na zaai. Eerder zaaien is

in de praktijk nauwelijks mogelijk omdat veelal al zo vroeg mogelijk wordt gezaaid. Een andere plantverdeling biedt evenmin perspectief om de teelt te vervroegen. Door een lager plantgetal te kiezen (-25%), kan de oogst ongeveer een halve week worden vervroegd, dit resulteert in een opbrengstderving van 1-8%. Met betrekking tot stikstofbemesting is het effect op de vroegrijpheid van maïs binnen normale bemestingsniveaus afwezig. Om een vervroeging van ongeveer een halve week te bereiken, moet de stikstofgift tot 120 kg N per ha verlaagd worden. Dit resulteert in een forse opbrengstderving (halvering van stikstofbemesting geeft een opbrengstverlaging van 15-20%). Door maïs onder folie te zaaien kan er één tot twee weken eerder worden geoogst en zijn de opbrengst en het zetmeelgehalte hoger. De voordelen wegen niet op tegen de extra kosten (€225,- tot €300,-) van deze maatregel.

Een eventuele vervroegingsmaatregel in het najaar is oogsten met een langere stoppellingte. Om een week eerder te kunnen oogsten bij een gelijkblijvend gehalte aan droge stof (DS), zou geoogst moeten worden bij een 50 cm langere stoppellingte. De totale voederwaardeopbrengst daalt daardoor met 10%. Daarnaast blijft 4-6 kg N per ha per 10 cm langere stoppellingte op het land achter.

De meest perspectiefvolle maatregel om de snijmaïsoogst te vervroegen, vormt de teelt van vroegere rassen. Met het telen van zeer vroege rassen in plaats van middenvroeg rassen kan de maïsoogst op circa 50% van het maïsareaal in het zuidelijk veehouderijgebied en 25-30% in het oostelijk veehouderijgebied circa twee weken worden vervroegd. Dit gaat gepaard met circa 7% opbrengstdaling.

Vroeger oogsten van snijmaïs heeft consequenties voor de opbrengst en voederwaarde. Door de maïs twee weken voor het optimale oogstmoment te oogsten, daalt het drogestofgehalte van 35-36% naar circa 30%. Bovendien daalt de VEM-opbrengst met 9% en het zetmeelgehalte met 50 gram per kg DS. Daarnaast stijgen de conserveringsverliezen met 2,5% en zullen er lichte persapverliezen optreden. Twee weken vroeger oogsten heeft nauwelijks effect op de N-opname, omdat snijmaïs aan het einde van het seizoen weinig N meer opneemt. Uit berekeningen in bedrijfsverband blijkt dat twee weken vroeger oogsten op een gemiddeld bedrijf op zandgrond met 600 ton melkquotum, 32 ha grasland en 10 ha maïs, een daling van het arbeidsinkomen geeft van ruim €2300,-. Door het telen van een zeer vroeg ras in plaats van een middenvroeg ras daalt het arbeidsinkomen circa €750,- per bedrijf.

Uit simulatieberekeningen blijkt dat een vroege oogst in combinatie met een vanggewas de nitraatuitspoeling substantieel vermindert. Bij een oogstdatum van 1 september is dit 5,3 mg nitraat-N per liter (ofwel 23,5 mg NO₃ per liter). Dat kost weliswaar enige maïsopbrengst (circa 7%) maar komt de groei van een vanggewas dusdanig ten goede dat, om beneden een zeker niveau van uitspoeling te blijven, meer N gegeven kan worden dan in een situatie zonder vanggewas. De nitraatconcentraties die onder snijmaïsland in combinatie met een geslaagd vanggewas gerealiseerd worden, zijn zonder vanggewas pas te verwezenlijken in combinatie met een vermindering van de gebruiksnorm met 14-45 kg N per ha. Dit gegeven is op droge zandgrond relevanter dan op natte zandgrond, omdat op natte zandgrond geen normoverschrijding onder maïsland optreedt. Op droge zandgrond lijkt oogsten in de eerste decade van september vanuit het oogpunt van zowel de realisatie van de nitraatdoelstelling als de wens om de opbrengst op peil te houden, het beste compromis.

Conclusie

Oogstvervroeging van consumptieaardappel in het zuidelijk zandgebied gecombineerd met de teelt van een vanggewas levert op gewasniveau een reductie van nitraatconcentratie onder aardappelen van 4 mg NO₃ per liter op. Op bouwplanniveau is de reductie 1 mg NO₃ per liter. Oogstvervroeging resulteert bovendien in een aantal praktische knelpunten.

Bij snijmaïs reduceren vanggewassen de nitraatuitspoeling betekenisvol, vooral op droge zandgrond. Snijmaïs moet het veld wel tijdig ruimen om een vanggewas te laten slagen. Dit kost enige opbrengst (circa 7%). Oogsten in de eerste decade van september is daarvoor vereist. De meest perspectiefvolle maatregel om de snijmaïsoogst te vervroegen, vormt de teelt van vroegere rassen.

1 Inleiding

1.1 Kennisbehoefte/kennisvraag

Vooraf onder zandbouwland worden in het grondwater hogere nitraatconcentraties aangetroffen dan toegestaan is volgens de Nederlandse interpretatie van de Europese Nitraatrichtlijn. Beperking van (kunst)mestgiften kan dit probleem verkleinen. Om aan de vereiste concentratie van 50 mg nitraat per liter te voldoen, kunnen echter ook andere middelen worden ingezet. Voorbeelden hiervan zijn de vervanging van gewassen die inefficiënt met stikstof (N) omgaan door efficiëntere gewassen (granen, grassen), het verlagen van N-giften, of een betere afstemming in ruimte en tijd van het aanbod aan N op de vraag naar N. Een invulling van dat laatste kan bestaan uit de teelt van onbemeste groenbemesters, zogenaamde vanggewassen. Vanggewassen hebben tot doel om de minerale N die is achtergebleven na de teelt van het hoofdgewas of alsnog mineraliseert, tijdelijk vast te leggen en deze N, aansluitend aan de opnamebehoefte van een volggewas, weer af te geven.

Ongelukkigerwijs groeien vanggewassen slecht waar ze vanuit een uitspoelingsrisico het hardst nodig zijn, te weten na aardappelen en snijmaïs. Dat komt door het late oogsttijdstip van deze beide gewassen. Dit rapport beantwoordt de vraag of de teelt, en daarmee de oogst, van aardappelen en snijmaïs kan worden vervroegd opdat vanggewassen een betere groeikans krijgen.

1.2 Wat weten we al?

Onderzoek heeft duidelijk aangetoond dat vanggewassen de uitspoeling van N ook op langere termijn betekenisvol kunnen beperken. Uit onderzoek van Schröder et al. (1992) en Van Dijk et al. (1995a) op proefbedrijf Heino bleek bijvoorbeeld dat winterharde vanggewassen (rogge en Italiaans raaigras) de nitraatuitspoeling met 50-60% verminderden. Dit effect is terug te voeren op de vastlegging van N en in mindere mate op het verlagen van het neerslagoverschot (Meisinger et al., 1991; Kaspar et al., 2007). Uit een nadere analyse van proefgegevens blijkt niet dat vanggewassen de N-uitspoeling ook via nog andere mechanismen verkleinen (Bijlage 1).

Geslaagde vanggewassen kunnen de benutting van N verbeteren en daarmee de opbrengstderving beperken die verbonden is aan een verlaging van de N-gift. Zo'n verlaging is bij inefficiënte gewassen nodig om aan een bepaalde nitraatconcentratie in het grondwater te kunnen voldoen. Dat vanggewassen de opbrengstderving kunnen beperken, laat zich illustreren met het simulatieprogramma dat gebruikt is bij de onderbouwing van Nederlandse derogatieverzoeken (tabel 1).

Tabel 1. **Mest- en kunstmestgift aan continue snijmaïs, gericht op een fosfaatoverschot van 0 kg per ha en een nitraatconcentratie van 50 mg per liter in het bovenste grondwater van een droge zandgrond (Gt VII), in afhankelijkheid van een geslaagd vanggewas (naar Schröder et al., 2007)**

	N in vanggewas (kg N per ha) ¹ :			
	0	0	40	80 ²
Nitraatdoel (mg per l)	Geen	50	50	50
Fosfaatoverschot (kg per ha)	0	0	0	0
Toelaatbare mestgift (kg N per ha)	153	127	144	157
en kunstmestgift (kg N per ha)	68	28	29	29
Werkzame N ³ (kg N per ha)	160	104	139	171
Relatieve N-opbrengst (%)	100%	83%	95%	103%

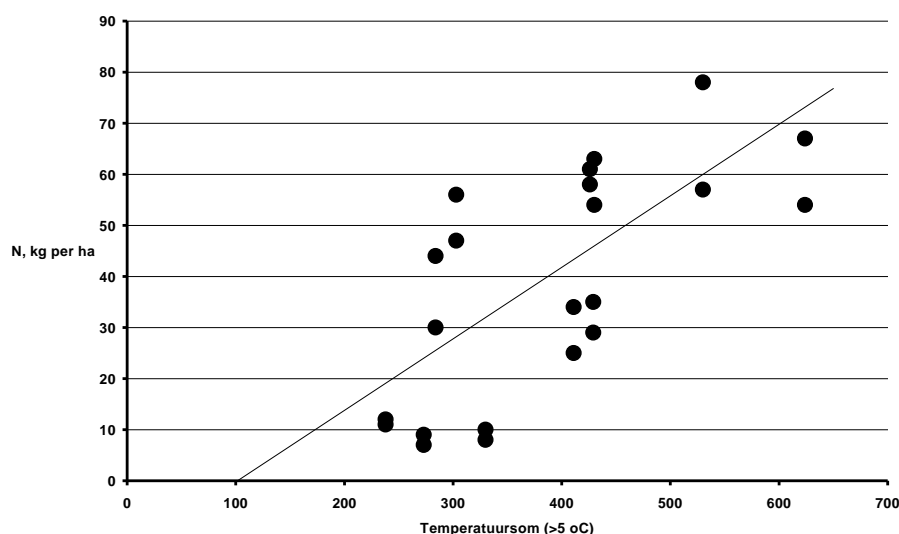
¹ In boven- en ondergrondse delen tesamen.

² Hierbij is nog niet verrekend dat voor een dergelijke hoge N-vastlegging concessies aan de opbrengst van het voorafgaande maïsgewas nodig kunnen zijn.

³ Berekend als kunstmest x 100% + mest-N x 60% + vanggewas-N x 60%.

Het Nederlandse Vierde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (LNV, 2009) wijst dan ook op de rol die vanggewassen hebben bij het beperken van N-verliezen naar de omgeving. Vooral nog is de teelt van een vanggewas echter alleen verplicht na de teelt van maïs op zandgrond, en wel sinds 2006. Dit is ingegeven door de waarnemingen dat het bodemprofiel van maïsland in de nazomer en herfst nog veel onbenutte minerale N bevat. Hoewel dit ook voor aardappelland geldt, beperkt de Meststoffenwet zich voornamelijk tot maïsland. Beide gewassen worden aangemerkt als uitspoelingsgevoelig. De hoge N_{min}-waarden na de oogst zijn niet alleen een gevolg van de hoogte van de stikstofgift op genoemde gewassen, maar hangen ook samen met het feit dat deze gewassen na begin augustus niet of nauwelijks nog stikstof opnemen terwijl de mineralisatie van stikstof in de bodem dan nog volop doorgaat. Door hun grote areaal (met name dat van maïs) dragen aardappelen en snijmaïs in grote mate bij aan de overschrijding van de nitraatnorm op gebiedsniveau.

Vanggewassen kunnen, zoals aangegeven, de uitspoeling in principe beperken. Op basis van visuele waarnemingen ontstaat echter de indruk dat vanggewassen op maïsland, aan het begin van de winter, in de praktijk doorgaans minder dan hooguit 10-20 kg N per ha vastleggen. Dit is minder dan wenselijk, gezien vanuit de hoeveelheid minerale N die na maïs doorgaans voor uitspoeling behoed zou moeten worden. Die achterblijvende prestatie heeft vermoedelijk vooral te maken met het late tijdstip waarop vanggewassen de onderschepping van N starten. Er bestaat namelijk een verband tussen de N-vastlegging in een vanggewas en de temperatuursom (figuur 1), met als vuistregel dat iedere week verlaten van de zaai, circa 10 kg N-vastlegging per ha kost. Voor een bovengrondse N-opbrengst van 30 kg per ha blijken ongeveer 300 graaddagen nodig, welke in de periode 1971-2000 gemiddeld op 3 november gerealiseerd zou zijn bij een veronderstelde maïsogst op 15 september. Op zichzelf is het opmerkelijk dat de N-vastlegging in de praktijk zo tegenvalt, omdat negen van de tien afgelopen jaren warmer waren dan het meerjarig (1971-2000) gemiddelde. Zo zou de genoemde temperatuursom van 300 graaddagen in de periode 2000-2009 al op 23 oktober bereikt zijn. Tabel 2 geeft op basis van de aan figuur 1 ontleende relatie weer hoezeer de N-opbrengsten van vanggewassen van jaar tot jaar en afhankelijk van het tijdstip van inzaaien kunnen verschillen. Deze cijfers suggereren dat snijmaïs in de praktijk vaak te laat geoogst wordt om een hoge N-opname door volgende vanggewassen mogelijk te maken. In lijn hiermee stelde De Ridder (1992) vast dat een goed geslaagd vanggewas dat op 1 september wordt gezaaid, 80 kg N per ha opneemt en dat iedere dag later zaaien dan 1 september de stikstofopname 2 kg N per ha per dag minder is. Bij zaai op 15 september neemt het vanggewas dus nog maar 50 kg N per ha op en bij zaaien na 1 oktober minder dan 20 kg N per ha.



Figuur 1. Stikstofopbrengst in de bovengrondse delen van vanggewassen na snijmaïs, in afhankelijkheid van de temperatuursom (= gesommeerde gemiddelde dagtemperaturen voor zover boven 5 °C) tussen de datum van de maïsogst en/of inzaai van het vanggewas en het daarop volgende voorjaar (Schröder et al., 1996)

Tabel 2. **Meerjarig gemiddelde (1971-2000, 2000-2009) en per jaar (2000-2009) gesimuleerde N-opbrengst van vanggewassen (boven- en ondergrondse delen tezamen, kg N per ha) op 1 april, in afhankelijkheid van de datum waarop de maïs geoogst en/of het vanggewas gezaaid wordt (naar Schröder et al. (1996) en Schröder (1997))**

Jaren/jaar	Aanvang groeiseizoen van vanggewas:			
	1 september	15 september	1 oktober	15 oktober
1971-2000	64	42	20	6
2000-2009	88	63	37	22
2003/04	58	37	15	9
2008/09	66	46	25	12
2007/08	73	52	31	18
2002/03	78	55	32	20
2004/05	80	55	30	14
2000/01	81	55	29	13
1999/00	93	63	33	18
2001/02	101	80	60	36
2005/06	105	70	34	13
2006/07	147	115	84	62

In de Nederlandse Meststoffenwet wordt geen tijdstip voorgeschreven waarop maïs het veld geruimd moet hebben om de inzaai van het vanggewas in de maïsstoppel mogelijk te maken, ondanks het klaarblijkelijke belang daarvan voor de slagingskansen van een vanggewas.

Een tijdiger oogst van aardappelen en maïs schept meer ruimte voor een vanggewas om de stikstof vast te leggen en de nitraatuitspoeling naar het grondwater in de winterperiode te reduceren. De vraag is welke mogelijkheden er bij maïs en aardappelen zijn voor teeltvervroeging en wat de consequenties zijn voor de rendabiliteit voor de teelt en de nitraatuitspoeling. Naast teelttechnische aspecten spelen hierbij ook organisatorische en logistieke factoren een rol.

1.3 Doel en afbakening

Het doel van deze deskstudie is om de mogelijkheden van vervroeging van de oogst bij de teelt van maïs en aardappel op zandgrond te inventariseren en de landbouwkundige, economische en milieukundige gevolgen ervan te kwantificeren. Ook organisatie, logistiek en afzet worden hierbij meegenomen.

De deskstudie spitst zich toe op de zuidelijke zandgronden, omdat de nitraatuitspoeling hier het hoogst is in Nederland en er nog een grote inspanning moet worden verricht om aan de nitraatnorm van 50 mg NO₃ per liter in grond- en oppervlaktewater te voldoen.

In het Vierde Nederlandse Actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2010-2013) wordt aangegeven dat de N-gebruiksnorm van uitspoelingsgevoelige gewassen nog met 30-40% zou moeten worden verlaagd ten opzichte van de normen van 2009 om in het gehele zand- en lössgebied aan de nitraatnorm te voldoen. Met de N-gebruiksnorm van 2012/2013 zullen melkveebedrijven op zandgrond, gemiddeld, naar verwachting kunnen voldoen aan de nitraatnorm. Daarbij is echter wel uitgegaan van een succesvolle teelt (40 kg N per ha) van vanggewassen na snijmaïs (Schröder et al., 2009).

Als door andere teelt- en na-oogstmaatregelen het stikstofverlies kan worden verlaagd, hoeft er mogelijk minder te worden gekort op de gebruiksnorm. Hieruit moet blijken wat financieel gunstiger is: een late aardappel- en maïs oogst zonder een geslaagd vanggewas maar een sterker gereduceerde gebruiksnorm of een vroegere oogst met een vanggewas maar een minder sterk gereduceerde gebruiksnorm.

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt ingegaan op de mogelijkheden en op de economisch en milieukundige effecten van teeltvervroeging bij de consumptieaardappelteelt op zandgrond en in hoofdstuk 3 op die bij de snijmaïsteelt op zandgrond. Ook de consequenties van doelbewust vroeger oogsten (voordat het optimale oogsttijdstip is bereikt) ten gunste van een vroeg gezaaid vanggewas, zijn hierbij aangegeven.

De bevindingen zijn tot stand gekomen door literatuurstudie en met name voor aardappelen ook op basis

van informatie vanuit de verwerkende industrie. De teelt van consumptieaardappelen op zandgrond is namelijk bijna geheel bestemd voor de verwerkende industrie en vindt plaats op contractbasis. De verwerkingscapaciteit van de fabrieken en de hele logistieke planning die daarmee samenhangt, stuurt in sterke mate het oogstmoment van de aardappelen. Dit wordt in hoofdstuk 2 verder uitgelegd. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de deskstudie bediscussieerd en worden conclusies getrokken.

2 Vervroeging aardappelooft op zandgrond

2.1 Inleiding

Op dit moment loopt de oogstperiode van aardappelen op zandgronden in Nederland van juli tot november. In de zomer vindt de oogst plaats van vroege aardappelen (primeurteelten), pootaardappelen en biologisch geteelde aardappelen. De oogst hiervan is nagenoeg altijd dermate vroeg dat er nog een vanggewas kan worden nageeteeld dat zich fors kan ontwikkelen en (nagenoeg) alle minerale stikstof uit het bodemprofiel kan opnemen.

Het grootste deel van het aardappelareaal wordt na 1 september geroid. Het oogstmoment wordt onder meer bepaald door het moment van oogstrijpheid van de aardappelen, de weersomstandigheden en grondsoort en spreiding van oogst (arbeid en machinegebruik), transport en verwerking. Het moment van oogstrijpheid hangt af van het geteelde ras, de groeiomstandigheden en teeltmaatregelen. Onder natte omstandigheden kan er op klei niet worden geroid (op zand vaak nog wel) en moet de oogst worden uitgesteld. Verder kunnen niet op alle percelen de aardappel tegelijkertijd worden geroid, getransporteerd en verwerkt. Dit moet omwille van beschikbare capaciteit van arbeid, rooimachines en transportmiddelen worden gespreid.

2.2 De aardappelteelt in het zuidelijk zandgebied

2.2.1 Areaal, bestemming en logistiek

De aardappelteelt op de zuidelijke zandgronden in Nederland betreft hoofdzakelijk de teelt van consumptieaardappelen voor de verwerkende industrie. Het geteelde areaal in 2009 per gebied is weergegeven in tabel 3. In Brabant en Limburg werd volgens het CBS in 2009 308 ha pootgoed geteeld. Dit zal deels op kleigrond hebben gelegen. Het areaal pootgoedteelt in de zandgebieden wordt geschat op 249 ha. De resterende 11.700 ha waren consumptieaardappelen bestemd voor de frietindustrie, chipsindustrie, vlokken, geschilde aardappelproducten en overige bestemmingen. Een heel beperkt deel gaat rechtstreeks als tafelaardappel naar de consument om in de lokale behoefte te voorzien. Het uiterlijk van zandaardappelen is, als gevolg van de vaak donkere schilkleur, ongeschikt om als tafelaardappel te verpakken en verhandelen.

Voor de verschillende bestemmingen worden verschillende eisen aan het product gesteld, o.a. ten aanzien van de sortering. Voor de verwerking tot friet bijvoorbeeld, zijn lange, grove knollen nodig en voor de verwerking in salades kleine knollen.

De sturing van de gewenste producteigenschappen en –kwaliteit vindt plaats door de rassenkeuze en teeltmaatregelen, waaronder bemesting. De teelt voor de verwerkende industrie vindt meestal plaats op contractbasis, waarbij de afnemer/verwerker de rassenkeuze bepaalt en instructies geeft voor de teelt.

Tabel 3. **Aardappelareaal in 2009 in het zuidelijk zandgebied (bron: CBS)**

Gebied	Hectare
Land van Breda	94
De Kempen	2.685
Midden-Noord Brabant	989
Westelijk Peelgebied	2.798
Noord-Limburg	5.383
Totaal	11.949

Er worden zowel vroege als late(re) aardappelen geteeld. De vroege aardappelen worden vóór 1 september geroid (vanaf half juli) en gaan veelal direct vanaf het veld naar de fabriek, zonder loofdoding, zonder afharding van de schil en zonder tussenopslag. Bij de late(re) aardappelen wordt van een deel van het areaal het loof doodgespoten en bij het andere deel niet. Het niet-doodgespoten deel van de late(re)

aardappelen wordt meteen verwerkt. Het doodgespoten deel wordt nagenoeg geheel in aardappelbewaarplaatsen opgeslagen voor verwerking in de wintermaanden en het vroege voorjaar. Aardappelen die de bewaring ingaan, moeten onder zo goed mogelijke omstandigheden worden geroid om zo min mogelijk rooibeschatiging op te lopen. Vóór de laatste week van september worden er nauwelijks bewaar-aardappelen geroid, omdat de omgevingstemperatuur dan nog te hoog kan zijn voor de bewaring. De aardappelen kunnen dan onvoldoende worden gekoeld met buitenlucht. Een te hoge bewaartemperatuur kan tot een kortere kiemrustperiode van de aardappelen leiden, tot zwarte harten door zuurstofgebrek (broei) en vooral uitbreiding van ziekten en plagen veroorzaken.

Anderzijds kunnen aardappelen die de bewaring in gaan, beter niet worden geroid bij temperaturen onder de 8 °C (Veerman, 2003). Naarmate de temperatuur lager is, zijn de aardappelen gevoeliger voor rooibeschatiging. Ook is het ene ras hiervoor gevoeliger dan het andere. Bij een gemiddelde Nederlandse jaartemperatuur betekent dit dat na eind oktober beter niet meer kan worden geroid voor de bewaring.

De aardappelteelt op zandgronden zorgt voor continuïteit in de aanvoer naar de verwerkende fabrieken. Zandgronden bieden namelijk de mogelijkheid om in het najaar op nagenoeg elk moment aardappelen te oogsten. Er is altijd wel ergens een perceel te vinden waar het niet te nat is, dit in tegenstelling tot de kleigebieden waar natte omstandigheden de oogst soms wekenlang kunnen stilleggen. Laat in het najaar, vanaf eind oktober, wordt door natheid de kans op gunstige rooi-omstandigheden steeds kleiner. Als de oogst van aardappelen voor de verwerking op klei stilvalt, kan men uitwijken naar de zandgronden. Op zandgrond kan nog wel tot laat in het najaar worden geroid. Invallende vorst vormt vanaf november natuurlijk wel een risico voor het niet (goed) meer kunnen oogsten door bevriezing van de grond en de knollen. Door de mogelijkheid van late oogst op zandgronden kan de aanvoer naar de verwerker vanaf het land beter worden gespreid.

2.2.2 Oogstperiode

Voor de oogstperiode van aardappelen op zandgrond zijn de aardappelen in drie groepen ingedeeld:

1. vroege oogst: vóór 1 september
2. middenoogst: tussen 1 september en 1 oktober
3. late oogst: na 1 oktober

Bij vijf grote aardappelverwerkende bedrijven is nagevraagd welke rassen zij o.a. in 2009 lieten telen en wanneer deze werden geroid. De industrie wilde uit concurrentieoverwegingen geen rassen noemen, of slechts vertrouwelijk. Wel bleek het aandeel vroege aardappelen heel beperkt te zijn. In juli en augustus worden veel vroege aardappelen uit het Duitse Rijngebied gehaald. Ze zijn daar vroeger dan in het zuidelijke zandgebied van Nederland. In principe zouden deze vroege aardappelen ook in het zuiden van Nederland kunnen worden geteeld, maar de opbrengst is lager dan in het Duitse Rijngebied en de Nederlandse telers kunnen prijstechnisch niet concurreren tegen de Duitse telers. De Duitse telers nemen door de hogere opbrengst voor de vroege aardappelen dan in Nederland genoeg met een lagere prijs per kg.

Op basis van de verstrekte, vertrouwelijke informatie is een schatting gemaakt van het areaal per groep (tabel 4). Voor de vroege oogst kan worden gedacht aan een ras als Première en de pootgoedteelt, voor de middenoogst aan rassen als Bintje en Fontane en voor de late oogst aan rassen als Agria, Asterix, Fontane en Russet Burbank.

Op dit moment wordt op 18% van het areaal voor 1 september vroeg geroid ('vroege oogst'). Hier is in principe de teelt van een goed geslaagd vanggewas mogelijk. Op de percelen waar pas in september wordt geroid, heeft de teelt van een vanggewas meer kans van slagen naarmate vroeger in september wordt geroid. Vervroegingsmaatregelen kunnen hierbij helpen. Als alle in september geroide aardappelen voor half september zijn geroid, zou op 27% van het areaal een redelijk goed geslaagd vanggewas mogelijk zijn.

Uit de areaalschatting blijkt dat meer dan de helft van aardappelareaal op de zuidelijke zandgronden na 1 oktober wordt geoogst. Op deze percelen zou het vanggewas pas laat kunnen worden gezaaid en is dan weinig effectief door een te geringe gewasontwikkeling en lage N-opname.

Om op het huidige, laat geoogste areaal nog een redelijk geslaagd vanggewas te kunnen telen, zou de oogst zeker een maand moeten worden vervroegd door vroegere rassen te kiezen in combinatie met

aangepaste teeltmaatregelen. Voor de verwerkende industrie vormt oogstspreading en continuïteit van aanvoer een belangrijk voordeel van de teelt van consumptieaardappelen op zandgrond. Dit voordeel vervalt bij een sterke vervroeging van de teelt. Bovendien leidt het vervroegen van de oogst op dit late areaal tot opbrengstderving en leidt het er toe dat er in een kortere periode meer aardappelen moeten worden geoogst en verwerkt. De huidige verwerkingscapaciteit van de fabrieken is daar niet op berekend. Een alternatief is dat de aardappelen na vervroegd rooien in september, een maand worden opgeslagen tot levering in oktober. Dat brengt extra kosten (machines, opslagruimte, bewaarverlies) en arbeid met zich mee voor de teler en leidt tot meer beschadiging van de knollen (kwaliteitsverlies), doordat ze meerdere keren moeten worden gestort. Een paar weken eerder oogsten en vervroegd in de bewaring stoppen van de bewaaraardappelen geeft (bij nog relatief hoge temperaturen in september), kans op een kortere kiemrustperiode, zwarte harten door zuurstofgebrek en uitbreiding van ziekten en plagen (zie ook paragraaf 2.2.1).

Tabel 4. **Groepsindeling van aardappelen op zuidelijke zand naar vroegheid van oogst en schatting van het areaal per groep**

Groep:	Vroege oogst	Middenoogst	Late oogst
Oogstperiode:	vóór 1 september	1 september – 1 oktober	na 1 oktober
Geschat areaal:	2.200 ha ¹	3.200 ha	6.550 ha
	18%	27%	55%

¹ inclusief het geschat areaal pootgoedteelt (249 ha)

De geschatte 249 ha pootgoed, die in zomer wordt gerooid, komt evenals het areaal vroege consumptieaardappelen in aanmerking voor de teelt van een gewas erna. Na de vroeg gerooide aardappelen en pootaardappelen worden echter nochtans in praktijk meestal geen vanggewassen of bemeste groenbemesters gezaaid. Dit om aardappelopslag te kunnen bestrijden en om de besmettingsgraad in de bodem van plantparasitaire aaltjes te doen afnemen (zie paragraaf 2.8). De grond blijft dan braak liggen. In sommige gevallen wordt een volgteelt gezaaid als wintergraan of winterkoolzaad of vindt er een nateelt plaats van bijvoorbeeld een kortgroeïend vollegrondsgroentegewas (als herfstteelt).

2.3 Vroegrijpheid van aardappel

Er kunnen bij aardappelen vroege en late gewastypen worden onderscheiden (Veerman, 2003). Bij een vroeg gewastype blijft de loofontwikkeling beperkt en neemt de groeisnelheid van de knollen al snel na de knolaanleg sterk toe. Daardoor gaat al vroeg een groot aandeel van de droge stof die door het loof wordt geproduceerd, naar de knollen. Een laat gewastype gaat langer door met het vormen van loof en de knolgroei komt langzamer op gang. Het late gewastype investeert in het eerste deel van het groeiseizoen een groter deel van de droge stof in het loof en vormt in totaal meer loof dan het vroege type. Bij het vroege type wordt de maximale loofontwikkeling eerder bereikt dan bij het late type gewas en sterft het loof ook eerder af. Het vroege gewastype bereikt al vroeg in het groeiseizoen een relatief hoge knolopbrengst, maar doordat het late gewastype een langer groeiseizoen kan volmaken, kan dit gewas uiteindelijk een hogere knolopbrengst bereiken dan het vroege gewas.

Welk gewastype de voorkeur heeft, hangt af van de bestemming (vroeg markt; lange bewaring) en de lengte van het groeiseizoen die het gewas maximaal tot haar beschikking heeft. De maximale lengte van het groeiseizoen kan door diverse groeifactoren worden beperkt: vroeg- of laatheid van de grond en het optreden van droogteperiodes of ziektedruk (Veerman, 2003)

De vroegrijpheid van een aardappelgewas wordt door diverse factoren beïnvloed:

Ras

Vroegrijpheid is een raseigenschap. Tussen de diverse aardappelrassen bestaan er verschillen in moment van knolaanleg door verschil in daglengtegevoeligheid.

Beginontwikkeling

Een vlotte opkomst en snelle beginontwikkeling en grondbedekking resulteert in een wat eerdere knolaanleg.

Temperatuur

Lage temperaturen, vooral lage nachttemperaturen, vervroegen de knolaanleg en hoge temperaturen vertragen deze.

Lichtintensiteit

Een hoge lichtintensiteit stuurt de ontwikkeling in de richting van een vroeg gewastype: het zorgt voor relatief minder loofgroei en bevordert de knolaanleg.

Fysiologische ouderdom moederknol

Als fysiologisch oudere moederknollen worden gepoot, wordt een vroeger type gewas gevormd. Planten uit fysiologisch ouder pootgoed komen meestal sneller op, hebben een snellere beginontwikkeling, vormen meer stengels, hebben een vroegere knolaanleg, een matige loofontwikkeling en een eerdere afrijping in vergelijking met planten uit fysiologisch jong pootgoed. Sterk verouderde poters ("versleten" pootgoed genoemd), geven echter problemen met de opkomst, een trage ontwikkeling van het loof en een lager aantal stengels en knollen per plant.

Rijper geoogste knollen zijn fysiologisch ouder dan onrijper geoogste knollen. Verder leiden warmere groeiomstandigheden, een hogere bewaar temperatuur en een langere bewaring tot fysiologisch ouder pootgoed.

Stikstof

Een hoger stikstofaanbod leidt tot een later gewastype. Er wordt dan meer loof gevormd, de knolgroei komt later op gang, het loof blijft langer groen en het gewas rijpt later af. Om ervoor te zorgen dat laat rijpende rassen tijdig afrijpen, moet de stikstofgift worden gematigd. Anders moet de gewasgroei worden beëindigd door doding van het nog groene loof. Als het nog groene loof moet worden doodgespoten, is het onderwatergewicht (een kwaliteitsmaatstaaf) vaak lager dan wanneer het gewas had kunnen uitgroeien. Vice versa kan een vroegrijpend ras worden verlaat door een hoge stikstofgift. In de landelijke adviesbasis bemesting (Van Dijk & Van Geel, 2010), wordt de stikstofbemestingsrichtlijn voor aardappelen gedifferentieerd naar vroegrijpheid van het ras. Laatrijpende rassen krijgen een lagere stikstofgift dan vroegrijpende rassen.

Water

Naarmate het gewas gemakkelijker water kan opnemen, is de loofgroei uitbundiger. Op zandgrond kan water gemakkelijker worden opgenomen dan op kleigronden en daarom is de loofgroei op zandgronden uitbundiger dan op kleigronden. Droge omstandigheden tijdens de gewasgroei remmen de loofontwikkeling af.

Plantdichtheid

Een hogere plantdichtheid dan wel stengeldichtheid stuurt de ontwikkeling in de richting van een vroeger gewastype. Het gewas heeft de grond wat eerder volledig bedekt, de knolgroei komt sneller op gang en het gewas sterft ook iets eerder af. Dit komt waarschijnlijk omdat er per stengel minder stikstof beschikbaar is. Derhalve kan de stikstofbemesting bij gewassen met een hogere stengel- of plantdichtheid iets hoger zijn.

Potermaat

Stengels die ontspruiten aan grote poters groeien over algemeen in het begin wat sneller dan die uit kleine poters, met name in een koud, nat voorjaar. Vooral vanaf 5-10 cm gewashoogte zijn de verschillen goed te zien. Aardappelplanten van grote poters profiteren langer van het in de poter beschikbare voedsel voor de eerste groeifase.

2.4 Inventarisatie maatregelen teeltvervroeging

2.4.1 Voorjaar

2.4.1.1 Vroeg poten

Door vroeg te poten start de groeiperiode van de aardappel eerder en kan er mogelijk ook eerder worden gerooid. Voorwaarde is dat de groeiomstandigheden gunstig moeten zijn: een periode van koud en nat weer na het poten kan het behaalde voordeel te niet doen. Voor een vlotte gewasontwikkeling moet de bodemtemperatuur boven de 10 °C liggen. De praktijk start met het poten van aardappels zodra dit maar enigszins kan. Deskundigen uit het gebied zien dan ook geen mogelijkheden om de teelt verder te vervroegen. Veelal wordt Première als eerste gepoot. Dit kan pas en gebeurt ook al zodra de grond in het voorjaar voldoende is opgedroogd en het ergste nachtvorstgevaar is geweken. De deskundigen schatten dat Première in 2009 gemiddeld 14 dagen eerder is gepoot dan de latere rassen. Evenals voor het rooien geldt ook voor het poten dat niet alle percelen tegelijkertijd kunnen worden gepoot en dat het in de tijd wordt gespreid omwille van beschikbare capaciteit van arbeid en pootmachines.

2.4.1.2 Voorkiemen

Voorgekiemd pootgoed komt 7 - 10 dagen eerder op dan pootgoed dat bij het poten nog maar heel korte kiempjes heeft van 1 - 2 mm lengte, de zogenaamde witte puntjes (Veerman, 2003). De kiemen moeten dan wel goed zijn afgehard om kiembreuk en kiembeschadiging bij het poten zoveel mogelijk te beperken. Voorkiemen geeft het gewas een voorsprong, wat resulteert in eerdere knolzetting en –vulling. Voorkiemen kan één à twee weken later poten goedmaken. De effecten van voorkiemen zullen vooral bij een korte groeiperiode groot zijn, bij een lange/normale groeiperiode zijn effecten kleiner, omdat niet-voorgekiemde gewassen langer groen blijven en daardoor de groeiachterstand (deels) compenseren. Voorgekiemd pootgoed moet met zorg behandeld worden, bij sommige rassen breken de kiemen gemakkelijk af tijdens het poten. Als in een nat voorjaar het poottijdstip uitgesteld moet worden, bestaat het risico dat de kiemen te lang worden.

2.4.1.3 Fysiologisch ouder pootgoed gebruiken

Fysiologisch ouder pootgoed (eventueel afgekiemd) geeft een gewas dat sneller van start gaat en eerder met knolvorming begint. Voor een vroegere oogst is fysiologisch ouder pootgoed gewenst. Dit betekent dat dit pootgoed warmer bewaard moet worden.

Verreweg de meeste in ons land gebruikte rassen bevinden zich - zelfs na koude bewaring - in april in het fysiologisch stadium van maximaal groeivermogen (Veerman, 2003). Vooral rassen met een korte kiemrust, die bovendien fysiologisch snel verouderen, zoals Doré, Alcmaria en Jaerla kunnen, zeker als pas laat kan worden gepoot, fysiologisch te oud zijn. Enkel rassen met een erg lange kiemrust, zoals Agria, hebben na een koele bewaring vaak hun maximale groeivermogen bij het poten nog niet bereikt. Dit uit zich in een trage opkomst en langzame beginontwikkeling. Dergelijke rassen moeten in de winter en het voorjaar bij 5 à 6 °C worden bewaard in plaats van bij 3 à 4 °C. Als het gebruikte pootgoed al in het fysiologisch optimaal stadium verkeert bij poten, ligt hier geen ruimte meer voor verdere vervroeging.

2.4.1.4 Verhoging standdichtheid

De standdichtheid (het aantal hoofdstengels per m²) beïnvloedt naast de vroegheid van het gewas ook de knolopbrengst en –kwaliteit en met name de knolgrootte (c.q. de sortering). Het gewenste aantal hoofdstengels per m² hangt af van het ras en de gewenste knolsortering. Een hogere stengeldichtheid leidt tot een vroeger gewastype, meer knollen per m² en geeft bij gelijke opbrengst een fijnere sortering (kleinere knollen). Als voor de afzet juist een grovere sortering is gewenst, dan zou er weer meer stikstof moeten worden gegeven om de knollen langer door te laten groeien c.q. het gewas te verlaten. Als een grove sortering wordt nagestreefd, is verhoging van de standdichtheid geen geschikt vervroegingsinstrument.

2.4.1.5 Grotere poters gebruiken

Door gebruik van grotere poters (>50 mm doorsnede) ontstaat in het begin van het groeiseizoen een voorsprong in gewasgroei (zie paragraaf 2.3) ten opzichte van gebruik van kleinere poters. Echter, die voorsprong is bij oogst na 1 augustus veelal genivelleerd. Een nadeel van grote poters ofwel moederknollen is dat de kans groter is dat ze nog niet volledig zijn vergaan als het gewas is afgerijpt en dan problemen kunnen opleveren bij het rooien en in de bewaring. Ze kunnen de geoogste partij bevuilden. Het gebruik van grotere poters is derhalve geen aantrekkelijke vervroegingsmaatregel voor aardappelen die na 1 augustus worden geoogst.

2.4.1.6 Rugopbouw uitstellen

Bij vroege rugopbouw warmen de aardappelruggen vroeg in het voorjaar langzaam op, waardoor het langer duurt voor de planten boven komen. Soms wordt al vroeg, zodra de eerste aardappelen bovenkomen, een definitieve rug gevormd. Het onkruid wordt dan, nadat de gevormde rug bezakt is, met herbiciden bestreden. Deze laatste methode kan tot enkele dagen vertraging in beginontwikkeling van het gewas leiden. Door de rugopbouw zo lang mogelijk uit te stellen, wordt een zo vroeg mogelijke gewasontwikkeling bewerkstelligd. Kleine ruggen drogen wel sneller uit. Men moet dan goed opletten dat er tijdig wordt berekend. Op zandgronden is de rugopbouw overigens vaak een onderdeel van de onkruidbestrijding. Aanaarden gebeurt zodra de onkruiden te groot dreigen te worden om goed ondergewerkt te kunnen worden. De aardappelen staan dan al boven.

2.4.1.7 Afdekken met vliesdoek of folie

Tijdelijke afdekking van het gewas met vliesdoek of folie in het voorjaar, verhoogt de (bodem)temperatuur en zorgt voor een snellere opkomst en begingroei. Deze maatregel kost circa €1200,- per ha en kan financieel niet uit (Bus, 2009). De kosten zijn hoger dan de financiële meeropbrengst bij vroegtijdige oogst. Afdekken is soms alleen bij hele vroege oogst (vóór 1 juli) interessant om hiermee een (financiële) meeropbrengst te genereren bij hoge prijzen van primeuraardappelen.

2.4.1.8 Rassenkeuze

Het lijkt in eerste instantie voor de hand te liggen om voor de vroege oogst vroegrijpende rassen te telen en voor de late oogst laatrijpende rassen. Voor de vroege oogst gebeurt dit ook. Voor de na 1 september geoogste aardappelen, echter, gaat de indeling naar vroegheid van oogst (tabel 4) niet samen met vroegrijpheid van het ras. Nadat de vroege rassen geoogst zijn, worden de andere rassen geoogst en deels opgeslagen. Daarbij worden de rassen niet in volgorde van vroegrijpheid geroid. Als 11 maanden wordt verwerkt, dan zal van de totale Nederlandse aardappelproductie van half november tot half juli naar schatting 8/11 deel (=73%) moeten worden opgeslagen. Dit zijn niet alleen late rassen maar ook middenvroeg zoals Bintje en Innovator.

De rassenkeuze hangt niet alleen af van vroegrijpheid, maar meer van andere raseigenschappen zoals:

- bewaarbaarheid (lengte van de kiemrustperiode, gevoeligheid voor inwendige kieming, gevoeligheid voor rooibeschatiging);
- specifieke eisen voor de verwerking zoals vorm en grootte van de knollen, geschiktheid voor het maken van friet, chips of puree enz. en drogestofgehalte;
- resistentie tegen bepaalde pathothypen van aardappelcyteaaltjes, afhankelijk van de besmetting die op het perceel voorkomt;
- grondsoort;
- voorkeur van de teler;
- kwaliteit van de bewaarplaats;
- beregeningsmogelijkheden.

2.4.1.9 Samenvatting vervroeging voorjaar

Vervroegingsmaatregelen in het voorjaar worden deels al toegepast, of zijn beperkt mogelijk of bij oogst na 1 augustus (te) weinig effectief om het gewas te vervroegen. Vroegrijpende rassen kunnen in principe bijdragen aan vervroeging van de oogst, maar vroegrijpheid gaat niet altijd samen met andere gewenste raseigenschappen.

2.4.2 Najaar

Men kan het loof volledig natuurlijk laten afsterven, maar meestal wordt de loofafsterving versneld door het bijna afgestorven loof chemisch of mechanisch te doden. Op die manier kan een *Phytophthora*-bespuiting worden uitgespaard en kan eerder worden geroid. Een nadeel is dat het iets aan knolopbrengst kost, maar bij een grondbedekking met groen loof van $\leq 25\%$ is het opbrengstverlies niet groot (Veerman, 2003). Na loofvernietiging van een groen gewas moeten de knollen nog twee tot drie weken afharden in de grond, voordat ze kunnen worden geroid. Afharden houdt in dat de knolschil zich verdikt en de huid schilvast wordt, waardoor geen of minder snel rooibeschatiging en uitdroging optreedt. Beschadigde, ontvelde knollen kunnen gemakkelijk gaan rotten en zijn niet goed bewaarbaar.

In de periode tussen loofdoding en oogst zijn er enige mogelijkheden om de oogst te vervroegen welke hierna zullen worden besproken.

2.4.2.1 Voldoende afgeharde aardappelen na loofdoding eerder rooien

Het is in principe mogelijk om een beperkt deel van het areaal aardappel op zandgrond dat is bestemd voor de bewaring, na loofdoding eerder te rooien. Deze aardappelen blijven in september nog even in de grond zitten, omdat de nachttemperaturen te hoog zijn om de aardappelen in een bewaarplaats voldoende snel te kunnen koelen. Mechanische koeling is in bewaarplaatsen voor consumptieaardappelen zelden aanwezig (te duur voor aardappelen). Om die reden rooit men in praktijk de bewaaraardappelen veelal pas vanaf de 4^e week van september. Praktijkdeskundigen schatten dat er in het zuidelijk zandgebied zo'n 500 ha aardappelen vóór half september zouden kunnen worden geroid.

2.4.2.2 Twee weken eerder groen rooien

Groen rooien houdt in dat op het moment dat de loofdoding zou plaatsvinden, het loof wordt geklapt en de aardappelen direct worden geroid. Omdat de knollen niet zijn afgehard (en tijdens het rooien gemakkelijk ontvellen), moeten ze direct naar de fabriek worden getransporteerd en verwerkt. Door groen te rooien is twee weken eerder rooien mogelijk, maar dit gaat ten koste van de opbrengst en kwaliteit. De derving is gering als het gewas al bijna dood is; dat wil zeggen als er nog minder dan 20% groen loof aanwezig is. Een eerdere loofafsterving zou kunnen worden bevorderd door vervroegingsmaatregelen in het voorjaar. Dit is echter beperkt mogelijk en bij oogst na 1 augustus te weinig effectief om de kosten ervan te compenseren (zie paragraaf 2.4.1). De loofafsterving kan ook worden vervroegd door wat minder stikstof te geven (zie paragraaf 2.5.1).

Groen rooien gebeurt in praktijk nu al voor aardappelen die vroeg worden geoogst. Naar schatting kan er vanuit teelttechnisch oogpunt in het zuidelijk zandgebied nog zo'n 1.000 ha extra een paar weken eerder groen worden geroid (vóór half september). Echter, dit geeft wel een logistiek probleem: de fabrieken kunnen die aardappelen met hun huidige capaciteit niet ineens verwerken en groen gerooide aardappelen kunnen niet worden bewaard.

2.4.2.3 Conclusie vervroeging najaar

Het is in principe mogelijk om zo'n 500 ha reeds afgestorven aardappelen bestemd voor de bewaring, eerder te rooien en in te schuren en bovendien zo'n 1.000 ha vroeger te oogsten via 'groen rooien', mits het knelpunt rondom de verwerkingscapaciteit van de fabrieken wordt opgelost. Een paar weken vervroegen van 1.500 ha in september gerooide aardappelen plus de 2.200 ha vroeg geoogste aardappelen (incl. pootgoed) betekent dat in het zuidelijk zandgebied in principe op 3.700 ha, ofwel ruim 30% van het aardappelareaal, nog tijdig een stikstofvanggewas kan worden gezaaid.

2.5 Drastische vervroegingsmaatregelen

2.5.1 Lagere stikstofbemesting

De loofafsterving en oogst kunnen worden vervroegd door een lagere stikstofbemesting (zie paragraaf 2.2). Van de na 1 september geoogste aardappelen zou hierdoor mogelijk een nog groter deel van het areaal kunnen worden vervroegd.

2.5.1.1 Huidige stikstofbemesting op zuidelijk zand

Om de gevolgen van een lagere N-bemesting/N-gebruiknorm te kunnen bepalen, is als eerste is geïnventariseerd hoeveel stikstof er nu in praktijk wordt bemest. De afnemers/verwerkers geven eigen bemestingsadviezen aan de telers, afgestemd op het ras en de kwaliteitseisen voor de specifieke bestemming van het product. Op grond van vertrouwelijk verstrekte informatie van vijf grote afnemers/verwerkers is van 40% van het aardappelareaal op het zuidelijk zand een beeld gekregen van de geteelde rassen en arealen. Deze informatie is gecombineerd met de bemestingsadviezen die afnemers/verwerkers/handelshuizen verstrekken. Op basis hiervan is geschat dat gemiddeld genomen circa 240 kg N per ha wordt bemest in de groep middenoogst en gemiddeld circa 245 kg N in de groep late oogst. De spreiding is groot, ruwweg variërend van 100 tot 300 kg N per ha.

Aan een ras als Hansa, dat wordt gebruikt voor de salade-industrie en voor levering van geschildre aardappelen aan grootkeukenbedrijven, wordt vaak niet meer dan 100 kg stikstof per hectare gegeven. Hierin speelt hierin mee dat een deel van het Hansa-areaal (waarschijnlijk de helft) op gescheurd grasland wordt geteeld, waardoor 80-100 kg N per ha kan worden gekort op de stikstofgift. Niettemin is het advies om niet hoger te gaan dan 150 kg N per ha. Bij Hansa wordt gestreefd naar veel knollen per vierkante meter en zo min mogelijk knollen >50 mm. Als het Hansa-areaal buiten beschouwing wordt gelaten, wordt aan de groep middenoogst circa 255 kg N per ha gegeven en aan de groep late oogst circa 250 kg N per ha.

2.5.1.2 Mate van vervroeging door een lagere N-gift

Hoeveel dagen er eerder kan worden geoogst bij verlaging van de N-gift met bijvoorbeeld 50 kg N per ha, is niet goed duidelijk en is ook afhankelijk van het ras. De schattingen van de vertegenwoordigers van grote fritesverwerkende bedrijven lopen hierover uiteen van 5 tot 15 dagen, afhankelijk van het ras. Deze vervroeging is onvoldoende voor de categorie late oogst en zou daarom enkel voor de aardappelen die net na half september worden geoogst, de oogst kunnen vervroegen naar de eerste helft van september.

2.5.1.3 Opbrengstderving

Verlaging van de stikstofgift met bijvoorbeeld 50 kg N per ha, om daarmee het afrijpen van het gewas te vervroegen, leidt tot opbrengstderving en een minder grove knollen. Als de knollen kleiner blijven, hebben ze minder lengte om friet van te snijden en zijn daardoor minder geschikt als grondstof voor de frietindustrie. Dit zou zijn te ondervangen door de stengeldichtheid te verlagen (zie paragraaf 2.4.1), maar ook dat kost opbrengst. Verder bestaat in praktijk de angst dat door een wat lagere stikstofgift de blauwgevoeligheid zal toenemen. Op zandgrond is echter doorgaans geen sprake van ernstige blauwgevoeligheid (Veerman, 2003). Blauwgevoeligheid is bovendien een rasafhankelijke eigenschap. Verder kan de blauwgevoeligheid worden verminderd door meer kali en chloor te geven. Deze hebben een sterker effect op de blauwgevoeligheid dan stikstof.

Veerman (2003) noemt een opbrengstderving van 2% bij verlaging van de N-bemestingsrichtlijn voor aardappelen met 45 kg N per ha. De richtlijn voor consumptieaardappel op zandgrond bedraagt $300 - 1,8 \times N_{min}(0-30)$, zonder rascorrectie voor vroegrijpheid (van Dijk & van Geel, 2010). Bij een N_{min} van 20 kg N per ha komt dat neer op een gift van 265 kg N per ha.

Van Dijk et al. (2007) hebben op basis van 20 uitgevoerde stikstofbemestingsproeven met consumptie-aardappel op zandgrond in de periode 1973-2001 het effect van een verlaagde stikstofbemesting op de marktbaar opbrengst en op de stikstofopname in beeld gebracht. Het merendeel van die proeven is uitgevoerd door proefboerderij Vredepeel en met het ras Bintje.

Bij een bemesting van 255 kg N per ha werd gemiddeld in die 20 proeven een productie van 59,0 ton per ha behaald met een gemiddelde N-opname in de knollen van 217 kg per ha. Een 50 kg N per ha lagere gift gaf een gemiddelde opbrengst van 57,4 ton per ha, ofwel 2,7% opbrengstderving, met een gemiddelde N-opname in de knollen van 198 kg per ha, ofwel een 31 kg N per ha lager N-overschot (N-aanvoer minus N-afvoer).

Ten Berge en Kroonen-Backbier (2008) deden in 2006 op drie praktijkpercelen in het zuidoostelijk zandgebied (met respectievelijk de rassen Saturna en twee keer Asterix) onderzoek naar het effect van verlaagde stikstofbemesting op de opbrengst en het stikstofverlies. Uit hun onderzoeksresultaten is met behulp van lineaire regressie afgeleid dat bij een 50 kg per ha lagere N-gift dan de praktijkgiften stikstof

(respectievelijk 260, 202 en 242 kg N per ha) de marktbaar opbrengst gemiddeld 3,6 ton ha (6%) daalde, de N-inhoud van de aardappelen met gemiddeld 25 kg N per ha (13%) daalde en het N-overschot ook met 25 kg N per ha daalde.

In het bedrijfssystemenonderzoeksproject Nutriënten Waterproof op Proefboerderij Vredepeel (zuidoostelijk zand) is in 2005 en 2006 ook het effect van verlaging van de stikstofgift nagegaan bij het ras Saturna (Van Geel, 2008). Het betrof een verlaging van 65 kg N per ha ten opzichte van de gebruiksnorm van 2006 (265 kg N per ha). In 2005 leidde dat tot een derving van 3,6 ton per ha marktbaar opbrengst (7%) en in 2006 tot een 2,7 ton per ha hogere marktbaar opbrengst (+6%). In 2006 bestond de indruk dat de groeiomstandigheden meer beperkend waren voor de opbrengst dan de stikstofvoorziening. Er was in 2005 geen effect op het onderwatergewicht en in 2006 nauwelijks (+6 g). De N-inhoud van de knollen daalde 40 kg N per ha in 2005 en 7 kg N per ha in 2006. Het N-overschot daalde met respectievelijk 25 kg N per ha en 58 kg N per ha.

In paragraaf 2.6 wordt ingegaan op de financiële gevolgen van een verlaging van de stikstofgift met 50 kg N per ha.

2.5.1.4 Rasverschillen

Aangenomen wordt dat verlaging van de stikstofgift bij de vroegere rassen meer opbrengst kost dan bij de late rassen. Maar in de praktijk krijgen de vroegere rassen al meer stikstof dan de latere rassen als ze op hetzelfde moment in de oogstplanning zitten, om het gewas langer groen te houden.

Het is ook denkbaar dat een laat ras sterker reageert op een lagere N-gift dan een vroeg ras. Een laat ras krijgt op basis van de vroegheidscorrectie een lagere N-gift, maar produceert door de langere groeiperiode meer tonnen aardappelen. Ofwel de productie per kg toegediende stikstof is hoger. Andersom geredeneerd valt dan bij verlaging van de stikstofgift de productie absoluut gezien sterker terug dan bij een vroeg ras. Misschien is relatief gezien de opbrengstreductie bij een vroeg of laat ras even sterk. In dat geval kan dezelfde procentuele opbrengstreductie worden gehanteerd.

Vroegrijpheid is echter niet het enige criterium dat de stikstofbehoefte van een ras bepaalt. Ook andere rasspecifieke eigenschappen kunnen daarop van invloed zijn, waardoor de stikstofbehoefte soms hoger of lager kan zijn dan op basis van de vroegrijpheidscorrectie. De Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2009) heeft voor het differentiëren van de stikstofgebruiksnorm bij aardappelen naar ras de stikstofbehoefte per ras geïnventariseerd op basis van vroegrijpheid en praktijkervaringen. Op basis hiervan zijn de aardappelrassen voor de stikstofgebruiksnorm (kg N per ha) ingedeeld in drie groepen (bron: het LNV-loket; www.hetlnvloket.nl):

	zandgrond	
	2010/2011	2012/2013
hoge norm:	270	260
lage norm:	220	210
overige:	245	235

Vanuit het openbaar onderzoek is niet aan te geven of en in hoeverre het ene ras sterker reageert op verlaging van de stikstofgift dan het andere. De beschikbare onderzoeksdata bij PPO en PRI van in het verleden uitgevoerde stikstofbemestingsproeven in consumptieaardappelen op zandgrond, zijn met te weinig verschillende rassen uitgevoerd om het effect van verlaging van de stikstofgift te kunnen uitsplitsen naar ras. Over het effect van verlaging van de N-gift op de opbrengst kan daarom slechts een globale uitspraak worden gedaan, onafhankelijk van ras.

2.5.2 Vroegtijdig loof doden en oogsten

Door het loof al eerder, in een minder ver gevorderd stadium van afsterving, te doden, kan de oogst ook worden vervroegd. Als het loof in een groener stadium wordt gedood, voordat het gewas is afgerijpt, wordt de groei- en productieperiode voortijdig beëindigd (afgekapt). Dit leidt tot verlies van knolopbrengst en kan ook leiden tot een slechtere kwaliteit.

Op de eerste plaats is er verlies van drogestofproductie door de kortere groeiduur. Hoeveel dat is, hangt af van de grondbedekking met nog groen loof en de hoeveelheid licht. Hoe verder het loof al is afgestorven en hoe later in het jaar, hoe kleiner het opbrengstverlies.

Op de tweede plaats is bij voortijdige beëindiging van de gewasgroei door doding van het nog groene loof de herverdeling van assimilaten van het loof naar de knollen nog niet helemaal voltooid. Ook daardoor valt

de knolopbrengst lager uit en is ook het drogestofgehalte van de knollen c.q. onderwatergewicht (owg) iets lager. Voor de verwerkende industrie moet een bepaald owg worden bereikt. Dit is een kwaliteitseis. Als het owg onder het streefniveau ligt, kan de uitbetalingsprijs aan de teler worden gekort of kan de partij zelfs worden geweigerd. Dit wordt contractueel vastgelegd.

Stel dat de volgende situatie voor een consumptieaardappelgewas op zuidelijke zandgrond geldt:

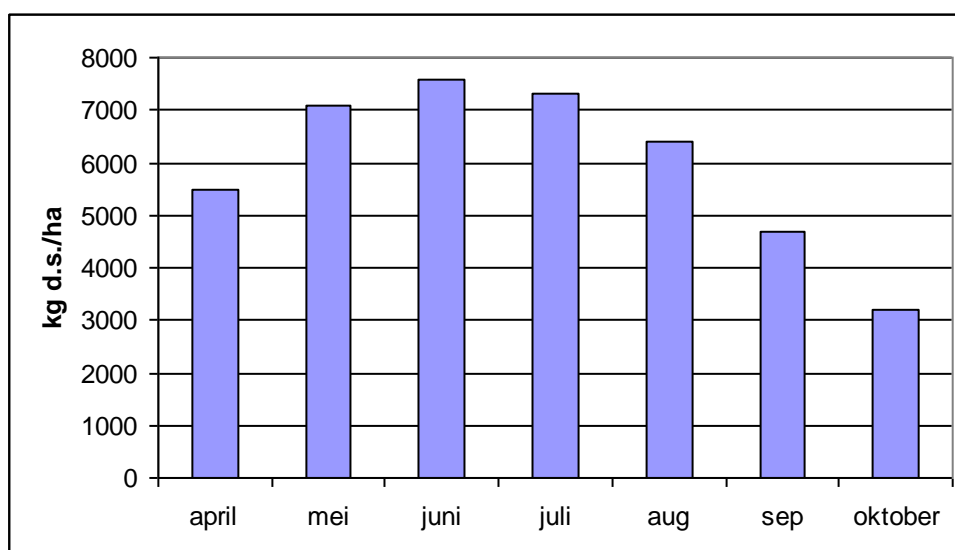
- opkomst: 10 mei
- loofdoding: 5 september
- oogst: 23 september,

en dat vervolgens zou worden besloten om de loofdoding met twee weken te vervroegen, naar 22 augustus om op die manier vóór half september te kunnen rooien.

Van Heemst et al. (1978) berekenden hoeveel droge stof een standaardgewas in Nederland per maand kan produceren (zie figuur 2). Een standaardgewas is een gezond, gesloten, groen gewas met de fysiologische eigenschappen van C₃-planten en optimaal voorzien van water en voedingsstoffen. Aan de hand van de gegevens die zijn gepresenteerd in figuur 2, is via lineaire interpolatie afgeleid dat het standaardgewas in de periode 22 augustus – 5 september 2,58 ton droge stof per ha produceert.

Dit geldt voor een situatie waarin het loof tot 5 september nog volledig groen zou zijn geweest. Voor de (midden)laat geoogst aardappelen probeert men in praktijk het loof in augustus nog zo lang mogelijk groen te houden met stikstof. Vanaf eind augustus is de grondbedekking met groen loof echter niet meer volledig. De productie alsook het productieverlies zijn dan lager, naar rato van het percentage grondbedekking met groen loof. Van Heemst et al. (1978) gaan er voor aardappel vanuit dat de laatste halve maand voor de oogst het percentage grondbedekking met groen loof gemiddeld 25% bedraagt en in de periode vanaf een maand tot een halve maand voor de oogst gemiddeld 50%. Wanneer voor de periode 22 augustus – 5 september wordt uitgegaan van gemiddeld 50% grondbedekking met groen loof, bedraagt het productieverlies 1,29 ton per ha door het loof twee weken eerder te doden. Daarvan zou circa 95% in de knollen terecht zijn gekomen (figuur 4), ofwel 1,23 ton droge stof per ha. Uitgaande van een gemiddelde drogestofgehalte in consumptieaardappelen op zand van 20,7% (van der Schoot & van Dijk, 2001) komt dat overeen met 5,9 ton per ha versopbrengst. Uitgaande van een gemiddeld aandeel vermarktbaar product van 97%, betekent dit een derving van 5,7 ton per ha.

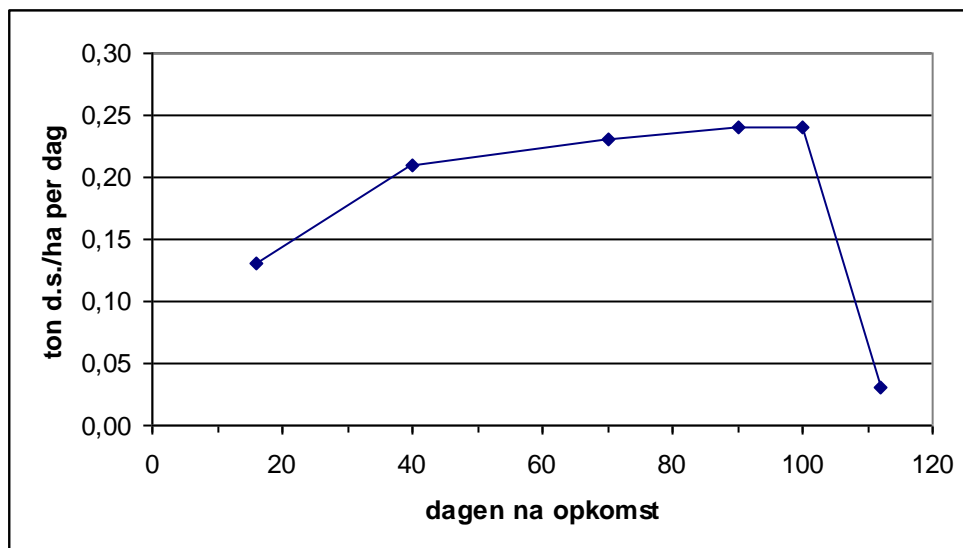
De opbrengstderving ten gevolge van een dergelijke vroegtijdige loofdoding, hangt mede af van de mate van loofafsterving eind augustus. Bij een optimale voorziening van vocht en nutriënten is in praktijk het loof van de latere rassen tussen 22 augustus en 5 september nog volledig groen en zou het opbrengstverlies derhalve groter zijn dan bij 50% groen loof. De praktijkdeskundigen rekenen bij 100% groen loof een productie van vijf ton per ha per week.



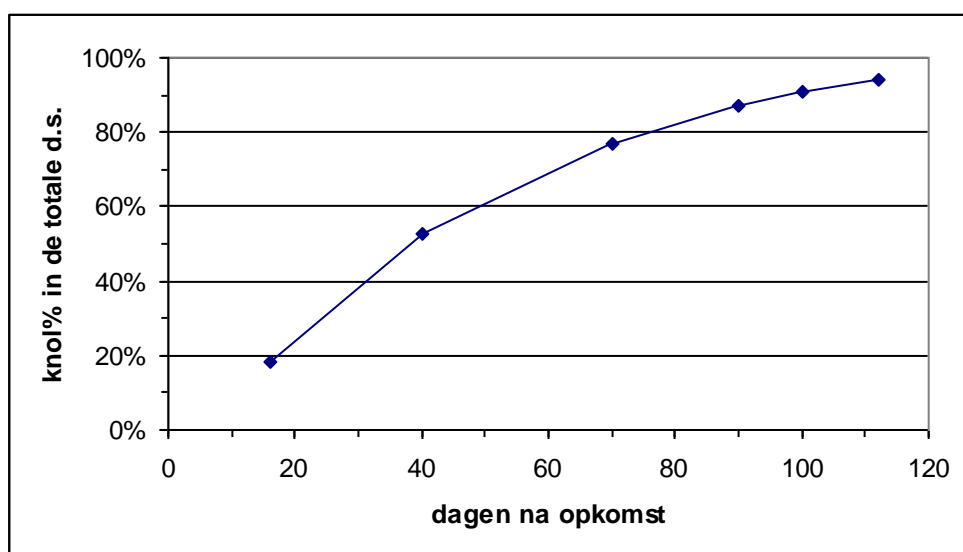
Figuur 2. **Potentiele drogestofproductie van het standaardgewas; naar Van Heemst et al. (1978)**

Greenwood et al. (1985) berekenden uit een serie van 11 proeven de groeisnelheid van aardappel gedurende het groeiseizoen. Uit deze gegevens is afgeleid dat aardappelen circa 103 dagen na opkomst hun maximale groeisnelheid bereiken (drogestofproductie per dag). Daarna neemt de groeisnelheid lineair in de tijd snel af (figuur 3) door aftakeling van het loof. Greenwood et al. (1985) berekenden ook hoe de verdeling van de totale droge stof over de knollen en het loof verloopt in de tijd (figuur 4).

Aan de hand van de gegevens van Greenwood et al. (1985) is berekend dat het vervroegen van de loofdoding van 5 september (118 dagen na opkomst) naar 22 augustus (104 dagen) ruim 950 kg droge stof per ha aan knolproductie kost. Bij 20,7% droge stof in de knollen en 97% vermarktbaar is dat 4,6 ton per ha. De maximale groeisnelheid (103 dagen na opkomst) wordt op 21 augustus bereikt. De vervroeging van de loofdoding zou dan vallen op het moment dat het loof begint af te sterven en de productie snel gaat teruglopen. Echter, de praktijk is juist om het loof zo lang mogelijk groen te houden. Als het loof wat langer groen blijft, zal de maximumgroeisnelheid (figuur 3) ook langer voortduren en is de opbrengstderving door vervroegde loofdoding nog groter. Ook dit voorbeeld geeft aan dat het lastig is om de opbrengstderving door vervroegde loofdoding precies te schatten en dat het zeer sterk afhangt van hoe lang het loof groen blijft.



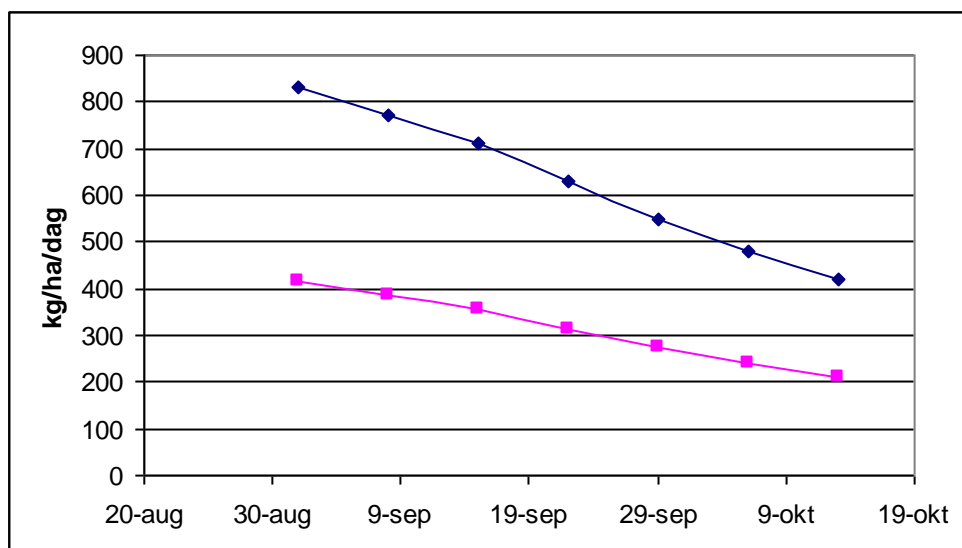
Figuur 3. Groeisnelheid van aardappel (totale plant); naar Greenwood et al. (1985)



Figuur 4. Percentage van de totale droge stof in de knollen; naar Greenwood et al. (1985)

Wijnholds & van Loon (2000) hebben aan de hand van driejarig veldonderzoek in zetmeelaardappel op twee locaties met drie verschillende rassen per locatie de knolproductie gemeten in het begin van de herfst. Hieruit hebben ze de dagelijkse productie per hectare berekend voor de verschillende tijdstippen in deze periode bij verschillende percentages van grondbedekking met groen loof, uitgedrukt in uitbetalingsgewicht. Het uitbetalingsgewicht (UBG) wordt berekend uit het veldgewicht (bruto knolopbrengst; VG) en het onderwatergewicht (OWG) van de knollen: $UBG = VG \times (OWG / 1,01 - 100) / 300$ (Veerman, 2006). In figuur 5 is de dagelijkse toename van het uitbetalingsgewicht weergegeven bij 100% en 50% grondbedekking met groen loof. Bij een ander percentage grondbedekking met groen loof dan 100% is de productie naar rato lager.

Aan de hand van deze gegevens is berekend dat het vervroegen van de loofdoding van 5 september naar 22 augustus bij gemiddeld 50% grondbedekking met groen loof in deze periode een opbrengstderving geeft van 6,0 ton per ha uitbetalingsgewicht. Het onderwatergewicht van zetmeelaardappelen ligt meestal in tussen de 440 en 540 gram (Veerman, 2006). Invulling in bovenstaande formule levert dan op dat het uitbetalingsgewicht gemiddeld een factor 1,3 hoger is dan het veldgewicht. De opbrengstderving aan veldgewicht zou dan 4,6 ton per ha bedragen en de netto derving (bij 97% vermarktbaar) 4,5 ton per ha.



Figuur 5. **Dagelijkse toename van het uitbetalingsgewicht van zetmeelaardappel bij 100% grondbedekking met groen loof (bovenste lijn) en 50% grondbedekking (onderste lijn); naar Wijnholds & van Loon (2000)**

De eerste berekening (gebaseerd op Van Heemst et al., 1978) geldt voor een situatie met ongestoorde groei (geen vocht- en nutriëntengebrek en geen productieverlies door ziekten en plagen), waarin een theoretisch maximale productie kan worden bereikt. Ook bij de tweede berekening moet worden opgemerkt dat de door Greenwood et al. (1985) berekende totale knolproductie 20,2 ton droge stof per ha bedroeg (overeenkomend met bijna 100 ton per ha versopbrengst). De gangbare praktijkopbrengsten liggen lager (zie paragraaf 2.6) en wellicht is de opbrengstreductie door vroegtijdige loofdoding dan ook naar rato lager.

2.6 Financiële gevolgen van teeltvervroeging

2.6.1 Vervroegingsmaatregelen in het voorjaar

Omdat extra vervroegingsmaatregelen in het voorjaar (bovenop wat nu al plaatsvindt in praktijk) beperkt mogelijk zijn en voor de aardappelen die na 1 september worden gerooid, te weinig effectief zijn om de teelt te vervroegen, wordt op de economische gevolgen van teeltvervroegingsmaatregelen in het voorjaar niet nader ingegaan.

2.6.2 Vervroegingsmaatregelen in het najaar

Als reeds afgeharde aardappelen die worden ingeschuurd, eerder worden gerooid, is de bewaarperiode aan de voorkant een paar weken langer. Dit kost extra stroom voor de ventilatie en ook kan een extra behandeling tegen kieming nodig zijn.

Het twee weken eerder groen rooien en direct afleveren kost geen extra geld voor de teler, maar mogelijk wel voor de verwerkende industrie om capaciteitsproblemen op te lossen. Het bespaart de teler de kosten van doodspuiten uit (circa €27,- per ha; Schreuder et al., 2009) en van de eventuele laatste *Phytophthora* bespuitingen.

2.6.3 Lagere stikstofbemesting

Om exact te bepalen hoe groot de economische en milieukundige consequenties zijn van verlaging van de N-gift met 50 kg per ha voor aardappelen die na 1 september worden gerooid, moet precies bekend zijn welke rassen er worden geteeld en hoeveel hectare van elk ras, hoe sterk de opbrengstderving is bij elk ras en daarmee samenhangend de reductie in N-afvoer en wat dit betekent voor de verlaging van het stikstofoverschot. Aangezien deze informatie ontbreekt (zie ook paragraaf 2.5.1.4), zal moeten worden uitgegaan van een gemiddelde schatting.

Op basis van de in paragraaf 2.5.1.3 weergegeven resultaten uit onderzoek, wordt uitgegaan van een gemiddelde opbrengstreductie van 3,3% marktbaar knolopbrengst bij verlaging van de stikstofgift met 50 kg N per ha. Dit geldt overigens niet voor een ras als Hansa, dat maar 100-150 kg N per ha krijgt. Hier zal het effect van een verlaging van de gift met 50 kg N per ha een veel sterkere opbrengstreductie teweeg brengen.

KWIN-AGV 2009 (Schreuder et al., 2009) gaat uit van een gemiddelde marktbaar opbrengst op zuidoostelijk zand van 50 ton per ha, na bewaring tot eind januari waarbij 3% bewaarverlies is opgetreden. Dit betekent een marktbaar opbrengst van 51-52 ton per ha op het moment van inschuren.

Een expert judgement van de deskundigen uit de praktijk voor de drie vroegheidscategorieën is:

- vroege oogst: 40 ton per ha
- middenoogst: 50 ton per ha
- late oogst: 55 ton per ha

De opbrengstderving bedraagt dan voor de middenoogst $50 \times 3,3\% = 1,65$ ton per ha en voor de late oogst $55 \times 3,3\% = 1,82$ ton per ha. Bij een gemiddelde uitbetalingsprijs van 10 cent per kg (Schreuder et al., 2009) resulteert dat in een financiële opbrengstderving van respectievelijk €165,- en €182,- per ha. Bij een stikstofprijs van 94 cent per kg N voor KAS (naar Schreuder et al., 2009) wordt er €47,- bespaard aan meststofkosten. De financiële derving van het saldo is dan respectievelijk €118,- en €135,- per ha.

2.6.4 Vroegtijdig loof doden

Op basis van de in paragraaf 2.5.2 weergegeven resultaten, wordt uitgegaan van een gemiddelde opbrengstreductie van 4,5 à 5 ton per ha (bijna 10%) door het dan nog (vrij) groene loof twee weken eerder te doden. Bij een uitbetalingsprijs van 10 cent per kg is dat een derving van €450-500,- per ha. Daarnaast zullen extra kosten optreden omdat voor het doodspuiten van groener loof meer doodspuitmiddel nodig is. Als het loof nog voor 100% groen is, is de (financiële) derving twee keer zo hoog: 10-11 ton per ha c.q. €900-1000,- per ha. Dit is ongeveer de helft van het financiële saldo bij gebruik van eigen mechanisatie, dat volgens Schreuder et al. (2009) voor consumptieaardappelen op zandgrond in het zuidoosten €2044,- bedraagt.

Vroegtijdig loof doden heeft geen zin als er tegelijkertijd naar wordt gestreefd om het loof zo lang mogelijk groen te houden. Als men het loof vroegtijdig wil doden, dan zal dit moeten worden gecombineerd met andere vervroegingsmaatregelen, zoals bijvoorbeeld minder stikstof geven. Als daardoor de oogst met gemiddeld een week zou kunnen worden vervroegd (zie paragraaf 2.5.1.2), moet het loof een week voortijdig worden gedood. Mogelijk is de totale opbrengstderving dan lager dan wanneer het loof zo lang mogelijk groen wordt gehouden. Het vergt echter nader onderzoek om deze veronderstelling te toetsen.

2.7 Effect op het stikstofverlies en de N-gebruiksnorm

Op basis van de hierboven verzamelde informatie is een scenariostudie uitgevoerd naar de milieueffecten van een N-vanggewas na aardappel al dan niet in combinatie met vervroegingsmaatregelen. Het ging hierbij om het effect van deze maatregelen op het nitraatgehalte in het bovenste grondwater en de toelaatbare N-gebruiksnorm waarmee voldaan wordt aan de nitraatnorm (50 mg NO₃ per liter).

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het WOG-AT-model (Van Dijk & Schröder, 2007). Hierbij wordt het stikstofoverschot (N-aanvoer min N-afvoer) vertaald naar nitraatgehalte in het grondwater volgens de rekensystematiek van het Mest-abc, dat onder andere is beschreven in Van Dijk & Schröder (2007).

2.7.1 Uitgangspunten scenarioberekeningen

De milieueffecten zijn zowel op gewasniveau als regionaal bouwplanniveau berekend. Voor het laatste is het regionale bouwplan van akker- en tuinbouwgewassen (AT) gebruikt van de zandregio Zuid (Van Dijk & Schröder, 2007). Ruim 17% van het AT-areaal in deze zandregio wordt ingenomen door consumptie-aardappelen. De onderverdeling naar vroege oogst, middenoogst en late oogst staat in tabel 4.

2.7.1.1 Scenario's

De doorgerekende scenario's zijn weergegeven in tabel 5. Hieronder volgt een toelichting:

- Als referentie is uitgegaan van een situatie waarin geen vanggewassen worden geteeld (scenario 1). Hierbij zijn twee situaties onderscheiden wat betreft niveau van de N-gebruiksnorm:
 - Het gebruiksnormniveau 2012/2013.
 - Het gebruiksnormniveau waarmee op respectievelijk gewas en regionaal bouwplanniveau wordt voldaan aan de nitraatnorm van 50 mg per liter in het bovenste grondwater. Om dat laatste op regionaal bouwplanniveau te realiseren, is alleen de gebruiksnorm gekort bij de uitspoelingsgevoelige gewassen. Dit zijn gewassen waarbij bij bemesting volgens advies niet wordt voldaan aan de nitraatnorm (onder andere aardappelen, maïs en bladgroenten). Bij deze gewassen is in 2007 en 2009 al een korting doorgevoerd in de gebruiksnorm en een volgende korting is voorzien in 2012. Om daadwerkelijk aan de nitraatnorm te voldoen, zouden de gebruiksnormen van 2012 nog verder moeten worden verlaagd.
- Vervolgens is een scenario doorgerekend waarbij na aardappelen een vanggewas wordt gezaaid zonder specifieke teeltvervroegingsmaatregelen (scenario nr. 2). Wel is er rekening mee gehouden dat in het scenario waarbij voldaan wordt aan de nitraatnorm, de gebruiksnorm ruim onder het bemestingsadvies ligt (meer nog dan de korting van 50 kg N per ha die in paragraaf 2.5.1.3 is beschreven). Dit leidt tot een vervroegde afsterving van het gewas. Er is vanuit gegaan dat het gewas hierdoor 10 dagen eerder afrijpt in vergelijking met bemesting volgens de gebruiksnorm 2012 (tabel 6).
- Vervolgens zijn een tweetal scenario's (nr. 3 en 4) bekeken met maatregelen voor teeltvervroeging voor aardappelen.
 - De eerste maatregel (scenario nr. 3) betreft 500 ha reeds afgeharde aardappelen eerder rooien en 1.000 ha extra groenrooien (zie paragraaf 2.4.2). Er is vanuit gegaan dat er circa 14 dagen vroeger wordt gerooid en dat dit gebeurt bij het areaal middenoogst. Dit betekent dat van de 3.200 ha middenoogst 1.500 ha wordt vervroegd ofwel bijna de helft van het areaal middenoogst.
 - In scenario 4 is aanvullend op scenario 3 een tweede vervroegingsmaatregel toegevoegd, namelijk het vroegtijdig doden van het groene loof om de aardappelen twee weken eerder te oogsten. Deze maatregel is toegepast bij de groep late oogst en het areaal van groep middenoogst waarop niet scenario 3 is toegepast. Naast de opbrengstderving die al optreedt als gevolg van het suboptimale N-bemestingsniveau, is uitgegaan van een extra derving van 10% (van de verlaagde opbrengst) als gevolg van het vroegtijdig oogsten (zie paragraaf 2.5.2). De genoemde opbrengstdervingen zijn van belang voor de milieukundige uitkomsten, omdat hierdoor de N-afvoer afneemt.
- Inzaai van vanggewassen is ook mogelijk na andere gewassen in het bouwplan die tijdig worden geoogst, zoals graan en erwten. Dit betreft 23% van het AT-areaal van de zandregio Zuid (naast het aardappelareaal). Het merendeel hiervan is graan. Daarom is ook een scenario bekeken waarin behalve na aardappelen ook vanggewassen zijn gezaaid na andere vroegruimende gewassen (scenario nr. 5). Hierbij zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als in Van Dijk & Schröder (2007). Dit scenario is toegevoegd om na te gaan hoe het effect van

teeltvervroeging zich verhoudt tot het effect van inzaai van vanggewassen bij andere vroeger geoogste gewassen.

Tabel 5. **Doorgerekende scenario's om aan de nitraatnorm te voldoen (50 mg NO₃ per l)**

Scenario	Vanggewas	Vervroeging
1	Niet	Niet
2	Na consumptieaardappel	Niet
3	Na consumptieaardappel	- Afgeharde aardappelen vroeger rooien - Twee weken eerder groenrooien
4	Na consumptieaardappel	- Afgeharde aardappelen vroeger rooien - Twee weken eerder groenrooien - Vroegtijdig loof doden en oogsten
5	Na cons. aardappel + andere tijdig geoogste gewassen	Niet

Tabel 6. **Oogsttijd consumptieaardappel en gehanteerde N-opname (kg per ha) van het vanggewas na aardappel**

	GN-niveau	Scenario	Rasgroep			
			Vroeg	Midden	Laat	
Oogsttijd aardappel	2012/13	1	20 aug	20 sep	15 okt	
		2	20 aug	20 sep	15 okt	
		3	20 aug	6 sep (47%) + 20 sep (53%) ¹	15 okt	
		4	20 aug	6 sep	1 okt	
		5	20 aug	20 sep	15 okt	
		nitraatnorm	1	10 aug	10 sep	5 okt
			2	10 aug	10 sep	5 okt
			3	10 aug	27 aug (47%) + 10 sep (53%) ¹	5 okt
			4	10 aug	27 aug	21 sep
			5	10 aug	10 sep	5 okt
	N-opname vanggewas	2012/13	1	0	0	0
			2	100	35	5
			3	100	60 (47%) + 35 (53%) ¹	5
			4	100	60	20
			5	100	35	5
nitraatnorm			1	0	0	0
			2	80	50	15
			3	80	80 (47%) + 50 (53%) ¹	15
			4	80	80	35
			5	80 ²	50	15

¹ In dit scenario is op 47% van areaal middenvroeg rassen (1.500 van 3.200 ha) vroeger gerooid.

² Voor een vanggewas na graan wordt uitgegaan van een N-opname van 40 kg per ha.

2.7.1.2 N-opname vanggewas

Er is uitgegaan van de teelt van een winterhard vanggewas na aardappel. Voor de N-opname door het vanggewas is gebruik gemaakt van de relatie tussen de temperatuursom en bovengrondse N-opname van wintervaste vanggewassen die is gevonden in het onderzoek van Schröder et al. (1996): N-opname in bovengrondse delen = $0,14 * T_{som} (> 5^{\circ}C) - 14,2$. Hierbij is uitgegaan van het langjarig gemiddelde temperatuurverloop (1971-2000, KNMI-locatie De Bilt). Verder is aangenomen dat de ondergrondse N-opname 15% van de bovengrondse N-opname bedraagt.

In tabel 6 is de gehanteerde N-opname bij de verschillende oogsttijdstippen weergegeven. Bij de rasgroep vroeg is bij bemesting van de aardappelen volgens de gebruiksnorm 2012/2013 uitgegaan van een maximale N-opname door het vanggewas van 100 kg N per ha. Hiervoor moet dan wel voldoende stikstof

beschikbaar zijn in de bodem via de minerale stikstof (N_{min}) die na de oogst van de aardappelen achterblijft en de bijkomende stikstofmineralisatie in de herfst. Consumptieaardappelen op zand laten bij oogst gemiddeld circa 35 kg N per ha achter in de laag 0-30 cm, 70 kg N per ha in de laag 0-60 cm en 95 kg N per ha in de laag 0-90 cm (van Enckevort et al. & van der Schoot, 2006 en niet-gepubliceerde, interne gegevens van PPO). De bewortelbare diepte van zandgronden varieert nogal, maar in veel gevallen kunnen de plantenwortels op zandgrond niet dieper dan 50-60 cm –mv komen. Het zal dan verder van de mineralisatie en van eventuele uitspoeling in de herfst afhangen, hoeveel stikstof er voor het vanggewas beschikbaar is. Bij de scenario's waarin voldaan wordt aan de nitraatnorm, is er sprake van suboptimaal bemeste gewassen en zal de hoeveelheid N_{min} na oogst lager zijn. Daarom is hier gekozen voor een maximale N-opname van 80 kg N per ha. Na graan is de N_{min} doorgaans zeer laag en wordt uitgegaan van een maximale opname door het vanggewas van 40 kg N per ha.

2.7.1.3 Benutting N uit ondergewerkte vanggewassen

Het landbouwkundig voordeel van een vanggewas vloeit voort uit de hogere N-beschikbaarheid voor de volgteelt als gevolg van mineralisatie van het ondergewerkte vanggewas; het milieuvoordeel is minder uitspoeling door een hogere N-opname bij de volgteelt. In het WOG-AT-model wordt ervan uitgegaan dat 60% van de stikstofinhoud van het winterhard vanggewas in een evenwichtssituatie op lange termijn beschikbaar is voor het volggewas (en een gelijke werking heeft als kunstmest-N).

Naast zaaitijdstip is de aaltjessituatie op het perceel in relatie tot het bouwplan in sterke mate mede bepalend voor de keuze van het soort vanggewas (zie ook paragraaf 2.8.2). Bij zaai vóór half september heeft men de keuze uit meerdere gewassen die dan nog redelijk goed tot ontwikkeling kunnen komen in de herfst (Timmer et al., 2003; Hoek & Paauw, 2009). Het is denkbaar dat er wordt gekozen voor een niet-winterhard vanggewas. Hiervoor is in het WOG-model geen benuttingspercentage opgenomen. Op basis van vuistregels voor de eerstejaars stikstofwerking (van Dijk & van Geel, 2010) is afgeleid dat van de N-inhoud van niet-winterharde vanggewassen in een lange-termijnevenwichtssituatie 40-45% beschikbaar is voor het volggewas (gelijk werkt als kunstmest-N). In dat geval is het effect op de reductie van het nitraatgehalte minder groot.

2.7.1.4 Overige uitgangspunten

- Er is uitgegaan van een dierlijke-mestgift van 100 kg N-totaal per ha uit varkensdrijfmest met een wettelijke N-werkingscoëfficiënt van 70%. Deze geldt voor alle bouwlandgewassen op zand- en lössgrond.
- In de huidige regelgeving geldt onder bepaalde voorwaarden voor een groenbemester een gebruiksnorm. In deze studie is geen gebruiksnorm ingerekend omdat vanggewassen, anders dan groenbemesters, geacht worden overtollige stikstof weg te vangen; bemesting zou het stikstofprobleem vergroten in plaats van verkleinen.
- In de scenario's wordt de korting ten opzichte van gebruiksnorm 2012/2013 berekend (uitgedrukt als percentage) waarmee op gewas- en regionaal bouwplanniveau wordt voldaan aan de nitraatnorm van 50 mg per liter in het bovenste grondwater. Uit vertrouwelijk verstrekte informatie van vijf grote aardappel-afnemers/verwerkers is van 40% van het aardappelareaal op het zuidelijk zand een beeld gekregen van de geteelde rassen en arealen. Op basis hiervan en de rasafhankelijke gebruiksnormen die zijn vermeld in het vierde Actieprogramma Nitraatrichtlijn, is een gemiddelde gebruiksnorm geschat voor de drie rasgroepen. Deze zou in 2012/2013 gemiddeld circa 235 kg N per ha bedragen in de groep vroege oogst, circa 245 kg N per ha in de groep middenoogst en circa 225 kg N per ha in de groep late oogst.
- Als het nog groene loof een paar weken eerder gedood wordt, heeft dit geen effect op de totale stikstofopname door het gewas en derhalve ook niet op de restvoorraad niet-opgenomen stikstof bij oogst. De stikstofopname van consumptieaardappel eindigt namelijk omstreeks begin augustus. Wel heeft een vroegere doding een effect op de verdeling van stikstof over loof en knollen. Als het loof in een groener stadium wordt gedood, zit er nog meer stikstof in het loof en minder in de knollen c.q. blijft er meer stikstof op het veld achter. Greenwood et al. (1985) vonden dat de fractie stikstof in het loof ten opzichte van de totaal opgenomen stikstof door het gewas lineair afneemt in de tijd. De verhouding wordt volgens hen nauwelijks beïnvloed door de groeiomstandigheden en de hoogte van de stikstofbemesting.

In de scenarioberekeningen met het WOG-AT-model is rekening gehouden met een hoger N-overschot bij vroegtijdige loofdoeding. Door de lagere knolopbrengst wordt minder stikstof van het veld afgevoerd. Het vanggewas moet deze verhoging van het N-overschot minimaal compenseren, anders werkt de maatregel averechts.

2.7.2 Resultaten scenarioberekeningen

2.7.2.1 Effecten bij gebruiksnorm overeenkomend met nitraatnorm

In tabel 7 zijn de resultaten van de berekeningen op regionaal bouwplanniveau weergegeven. Om onder het AT-areaal op zuidelijk zand te voldoen aan de nitraatnorm van 50 mg per liter in het bovenste grondwater, zou de N-bemesting bij uitspoelingsgevoelige gewassen met 36% moeten worden verlaagd ten opzichte van het toelaatbare niveau in 2012/2013 (scenario 1).

Door na de aardappelen een vanggewas te telen zonder verdere specifieke vervroegingsmaatregelen (scenario 2), moet de N-bemesting met 34% worden verlaagd. Dit effect van het vanggewas vloeit voort uit het feit dat het aandeel aardappelen in het totale AT-areaal in de zandregio Zuid niet meer dan 17% bedraagt, waardoor er op regionaal bouwplanniveau gemiddeld niet meer dan 6 kg N per ha wordt opgenomen door een vanggewas waarvan effectief 4 kg N per ha beschikbaar komt voor het volggewas. Bij scenario 3 (afgeharde aardappelen vroeger rooien, groenrooien) stijgt de N-opname door het vanggewas op bouwplanniveau ten opzichte van scenario 2 met 1 kg N per ha naar gemiddeld 7 kg N per ha en heeft een verwaarloosbaar effect op de uitspoeling op regionaal bouwplanniveau. Het vroegtijdig rooien (scenario 4) geeft een verlaging van de N-bemesting van 35% ten opzichte van niet-vervroegen (34%) (vergelijk scenario 4 met 2), doordat deze maatregel leidt tot een lagere opbrengst en daardoor een lagere N-afvoer met de knollen. Door de vroegere oogst stijgt de N-opname door het vanggewas weliswaar met 2 kg N per ha (van 7 naar 9 kg N per ha), echter het positieve effect hiervan op de N-opname in de knollen is geringer dan het negatieve effect van vroegtijdige loofdoeding.

Door naast aardappelen ook na andere vroeg geoogste gewassen in het bouwplan een vanggewas te telen, is de benodigde verlaging 5% minder. Deze maatregel is dus effectiever dan teeltvervroeging bij aardappelen. In dit scenario bedraagt de N-opname door het vanggewas op regionaal bouwplanniveau 16 kg N per ha.

In tabel 8 zijn de effecten weergegeven op gewasniveau (consumptieaardappel).

Tabel 7. **Effecten van het telen van een vanggewas al dan niet in combinatie met teeltvervroegingsmaatregelen bij consumptieaardappelen op de toelaatbare N-bemesting van uitspoelingsgevoelige gewassen (percentage van de gebruiksnorm 2012/2013) waarmee voldaan wordt aan de nitraatnorm, N-afvoer met het geoogst product en nitraatgehalte in het grondwater op bouwplanniveau.**

Scenario	Vanggewas	Vervroeging	N-opname vanggewas op bouwplanniveau (kg per ha)	Toelaatbare N-gift (% van gebruiksnorm 2012/2013)	N-afvoer bouwplan (kg per ha)	NO ₃ ⁻ concentratie (mg per l)
1	Niet	Niet	0	64	96	50
2	Na cons. aardappel	Niet	6	66	99	50
3	Na cons. aardappel	Afgeharde aard. vroeger rooien + groenrooien	7	66	99	50
4	Na cons. aardappel	Afgeharde aard. vroeger rooien + groenrooien + vroegtijdig rooien	9	65	98	50
5	Na cons. aard. + andere gewassen	Niet	16	69	102	50

Tabel 8. **Effecten van het telen van een vanggewas al dan niet in combinatie met teeltvervroegingsmaatregelen bij consumptieaardappelen op de toelaatbare N-bemesting (percentage van de gebruiksnorm 2012/2013) waarmee voldaan wordt aan de nitraatnorm, N-afvoer met geoogst product en nitraatgehalte in het grondwater op gewasniveau (consumptieaardappel).**

Scenario	Vanggewas	Vervroeging	N-opname vanggewas op bouwplanniveau (kg per ha)	Toelaatbare N-gift (% van gebruiksnorm 2012/2013)	N-afvoer aardappel (kg per ha)	NO ₃ ⁻ concentratie (mg per l)
1	Niet	Niet	0	56	120	50
2	Na cons. aardappel	Niet	36	65	140	50
3	Na cons. aardappel	Afgeharde aard. vroeger rooien + groenrooien	40	65	141	50
4	Na cons. aardappel	Afgeharde aard. vroeger rooien + groenrooien + vroegtijdig rooien	55	61	131	50

2.7.2.2 Effecten bij gebruiksnorm 2012/2013

Hierboven was het uitgangspunt om bij elk scenario te voldoen aan de nitraatnorm. In de tabellen 9 en 10 is weergegeven wat de effecten zijn op het nitraatgehalte bij de gebruiksnorm van 2012/2013. Omdat de N-voorziening voor de gewassen dan rondom of net onder het advies ligt, is ervan uitgegaan dat bij alle scenario's de oogsttijd 10 dagen later is dan in de situatie dat voldaan wordt aan de nitraatnorm en er sprake is van een sterk suboptimale N-bemesting. Dit betekent dat de N-opname van het vanggewas lager is (vergelijk kolom N-opname in tabel 7/8 versus tabel 9/10).

Het effect van vanggewassen en teeltvervroeging op de verlaging van het nitraatgehalte bedraagt op bouwplanniveau maximaal 2 mg NO₃ per liter, op gewasniveau bezien bedraagt dit maximaal 4 mg NO₃ per liter (tabel 10). Het positieve effect van een vanggewas op vermindering van de uitspoeling wordt veroorzaakt doordat door de hogere N-beschikbaarheid de N-afvoer met de knollen toeneemt. Doordat het bemestingsniveau zich maar 5-10% onder het advies bevindt, is de respons van de N-opname op de hogere N-beschikbaarheid tot 165 kg N per ha, wanneer de stikstofbemesting zich bijvoorbeeld op 50% van het advies bevindt is dit tot 141 kg N per ha op gewasniveau. Hierdoor is het effect van een vanggewas bij gebruiksnorm 2012/2013 geringer dan in de scenario's waarin voldaan wordt aan de nitraatnorm. Omdat er ook bij inzaai van een vanggewas nog steeds sprake is van een N-voorziening (N-gift + nalevering uit vanggewas) die zich (net) onder het advies bevindt, is er niet gekort op de bemesting. De gebruiksruijme is dus ook in deze situatie volledig gebruikt.

Tabel 9. **Effecten van het telen van een vanggewas al dan niet in combinatie met teeltvervroegingsmaatregelen bij consumptieaardappelen op N-afvoer, N-overschot en nitraatgehalte in het grondwater op bouwplanniveau bij gebruiksnormniveau 2012/2013**

Scenario	Vanggewas	Vervroeging	N-opname vanggewas op bouwplanniveau (kg per ha)	N-afvoer bouwplan (kg per ha)	NO ₃ ⁻ concentratie (mg per l)
1	Niet	Niet	0	109	70
2	Na cons. aardappel	Niet	5	110	69
3	Na cons. aardappel	Afgeharde aard. vroeger rooien + groenrooien	5	110	69
4	Na cons. aardappel	Afgeharde aard. vroeger rooien + groenrooien + vroegtijdig rooien	7	108	70
5	Na cons. aard. + andere gewassen	Niet	14	111	68

Tabel 10. **Effecten van het telen van een vanggewas al dan niet in combinatie met teeltvervroegingsmaatregelen bij consumptieaardappelen op N-afvoer, N-overschot en nitraatgehalte in het grondwater op gewasniveau (consumptieaardappelen) bij gebruiksniveau 2012/2013**

Scenario	Vanggewas	Vervroeging	N-opname vanggewas op bouwplanniveau (kg per ha)	N-afvoer aardappel (kg per ha)	NO ₃ -concentratie (mg per l)
1	Niet	Niet	0	159	94
2	Na cons. aardappel	Niet	27	164	90
3	Na cons. aardappel	Afgeharde aard. vroeger rooien + groenrooien	29	165	90
4	Na cons. aardappel	Afgeharde aard. vroeger rooien + groenrooien + vroegtijdig rooien	42	154	97

In tabel 11 is aangegeven wat de nitraatconcentratie op zowel gewas- als bouwplanniveau is zonder en met een vanggewas na aardappel en hoeveel de N-gebruiksnorm zou moeten worden verlaagd om zonder vanggewas eenzelfde nitraatconcentratie te realiseren als in een situatie met een vanggewas. Op gewasniveau komt het zaaien van een vanggewas bijvoorbeeld overeen met een extra bemestingsruimte van 8-9 kg N per ha. Op bouwplanniveau bedraagt de extra bemestingsruimte voor aardappel circa 2 kg N per ha. In dit scenario stijgt echter de bemestingsruimte van alle uitspoelingsgevoelige gewassen (waaronder aardappel) met 1%.

Tabel 11. **Voorspelde vermindering van de N-gebruiksnorm op consumptieaardappel om zonder teelt van een vanggewas op eenzelfde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater uit te komen als met de teelt van een vanggewas bij wel een geen teeltvervroegingsmaatregelen (effecten weergegeven op zowel gewas- als bouwplanniveau)**

Gewas of bouwplanniveau	Teeltvervroeging	Vanggewas	N-gebruiksnorm (kg per ha)	Vermindering van de N-gebruiksnorm (kg N per ha of %)	NO ₃ -concentratie (mg per l)
Gewas	Nee	Nee	234		94
		Ja	234		90
		Nee	226	-8	90
	Ja	Nee	234		94
		Ja	234		90
		Nee	225	-9	90
Bouwplan	Nee	Nee	2012/2013		70
		Ja	2012/2013		69
		Nee	2012/2013 – 1% ¹	-1%	69
	Ja	Nee	2012/2013		70
		Ja	2012/2013		69
		Nee	2012/2013 – 1%	-1%	69

1 % van gebruiksnorm 2012/2013

2.7.3 Financiële gevolgen

Zonder extra vanggewassen zou de N-gebruiksnorm 2012/2013 voor uitspoelingsgevoelige gewassen met 36% moeten worden gekort en komt dan uit op 150 kg N per ha. Uitgaande van een huidige, gemiddelde praktijkgift van 245 kg N/ha betekent dat een verlaging van 95 kg N/ha.

Op basis van gegevens van Van Dijk et al. (2007) is geschat dat deze korting bij consumptieaardappel op zandgrond gemiddeld tot ruim 6% opbrengstderving leidt (3,2 ton per ha) ten opzichte van de huidige praktijkopbrengst. Bij een gemiddelde uitbetalingsprijs van 10 cent per kg (Schreuder et al., 2009) betekent dat een financiële opbrengstderving van €320,- per ha. Daar tegenover staat een besparing van €89,- per

ha aan meststofkosten (uitgaande van een stikstofprijs van 94 cent per kg N voor KAS (naar Schreuder et al., 2009)). De financiële derving bedraagt dan €230,- per ha.

Door na de aardappelen een vanggewas te telen zonder verdere specifieke vervroegingsmaatregelen kan de benodigde korting met 2% worden verminderd naar 34%. De financiële derving bedraagt in dit scenario €215,-.

Op gewasniveau zou de N-gebruiksnorm 2012/2013 voor aardappel zonder vanggewas met 44% moeten worden gekort en zou dan uitkomen op 130-135 kg N per ha. Op basis van de gegevens van Van Dijk et al. (2007) is geschat dat deze korting van bij consumptieaardappel op zandgrond gemiddeld tot ruim 8% opbrengstderving leidt (4,2 ton per ha) ten opzichte van de huidige praktijkopbrengst, ofwel €420,- per ha. De besparing aan meststofkosten bedraagt €105,- per ha. De financiële derving bedraagt dan €315,- per ha.

Bij inzaai van een vanggewas na aardappel, zou de N-gebruiksnorm 2012/2013 op gewasniveau voor aardappel met 35% moeten worden gekort en bedraagt de financiële derving €225,- per ha. Door de inzaai van een vanggewas kan dan de financiële derving dus met €90,- per ha verminderd.

De teeltkosten van een vanggewas zelf, bedragen voor een grasachtig vanggewas circa €150,- per ha (naar Schreuder et al., 2009). In de hierboven beschreven scenario's is er vanuit gegaan dat na alle aardappelen een vanggewas wordt geteeld, ook na de laat geoogste aardappelen. Als echter alleen na de vroeg geoogste aardappelen en het vervroegde deel van de middenoogst (totaal ruim 30% van het areaal) een vanggewas wordt geteeld en niet na de laat geoogste aardappelen, bedragen die teeltkosten gemiddeld over het hele areaal €45,- per ha. Het effect op de nitraatuitspoeling zal maar iets kleiner zijn, omdat laat gezaaide vanggewassen relatief weinig bijdragen aan de vermindering van de nitraatuitspoeling.

2.8 Praktische knelpunten van een vanggewas na aardappel

Na de oogst van aardappelen op zandgrond blijft het land braak liggen. In het volgende voorjaar wordt er bemest voor de volgende teelt en vervolgens wordt geploegd en wordt het volggewas geteeld. Op een paar procent van de percelen in het zuidelijk zandgebied wordt in oktober wintergraan na de aardappeloogst ingezaaid.

2.8.1 Bestrijding van aardappelopslag

Na de oogst blijven er op het veld duizenden kleine knollen (20-35 mm doorsnede) per ha achter (potentiële opslag). Dit is vooral bij rassen met een fijnere sortering een probleem. Als deze knolletjes niet kapot vriezen in de winter of verrotten of opgevreten worden, groeien er het volgend voorjaar nieuwe aardappelplanten uit, die in het volggewas lastige, hardnekkige onkruiden kunnen zijn. Bovendien kunnen allerlei aardappelziekten zich op deze opslagplanten gemakkelijker handhaven dan wel zich uitbreiden (aaltjes, schimmels, bacteriën, virussen). Door de grond na rooien niet te bewerken, blijven de verliesknollen bovenop of bovenin de grond liggen en is de kans maximaal dat ze de winter niet overleven. Anders dan op kleigronden waar men in het najaar ploegt, past deze werkwijze bij zandgrond die men in het voorjaar ploegt.

Voor het inzaaien van een volggewas, zoals wintergranen of vanggewassen, moet de grond worden bewerkt, waardoor de achtergebleven knolletjes gemiddeld genomen dieper in de grond terechtkomen. Ook biedt een vanggewas bescherming tegen vorst, door een soort van afdekkende werking, ten opzichte van kale grond. De knolletjes maken dan dus meer kans de winter te overleven.

De teelt van vanggewassen beperkt de mogelijkheid om aardappelopslag eenvoudig en effectief te bestrijden en daarmee neemt de kans op het vermeederen van aardappelziekten toe. Dit is een belangrijk knelpunt van een vanggewas na aardappel.

2.8.2 Aaltjes

In het zuidelijk zandgebied is de druk van schadelijke plantparasitaire aaltjes hoog. Ook dit beperkt in ruime mate de toepassing en inpasbaarheid van vanggewassen. De vanggewassen zijn namelijk alle in mindere of meerdere mate waardplant voor een aantal probleemaaltjes waardoor deze zich kunnen vermeederen en het besmettingsniveau in de bodem toeneemt. Het gaat met name om wortelknobbelaaltjes, wortellesieaaltjes en vrijlevende wortelaaltjes die, in tegenstelling tot aardappelcysteaaltjes, een brede

waardplantenreeks hebben. Informatie over plantparasitaire aaltjes, door welke gewassen ze in welke mate worden vermeerderd en in welke gewassen ze schade geven, is te vinden om de PPO-website www.aaltjesschema.nl.

Momenteel is de beste methode om de aaltjespopulatie te laten afnemen, geen vanggewas telen ofwel de grond braak te laten liggen na de oogst. Indien de inzaai van een vanggewas desondanks wordt overwogen, moet de teler laten onderzoeken welke aaltjessoorten er op het perceel aanwezig zijn, hoe zwaar de besmetting is en welke gevoelige gewassen er in het bouwplan zijn opgenomen. Vervolgens kan dan een vanggewas worden gekozen dat de minste vermeerdering van probleemaaltjes geeft, mits dit gewas geschikt is voor zaai na 1 september (zich dan nog voldoende goed ontwikkelt). De PPO-website www.aaltjesschema.nl en het aaltjesadviesstelsel Nemadecide (www.nemadecide.com) bieden hierbij ondersteuning.

De aaltjesproblematiek van vanggewassen speelt niet alleen na aardappel maar uiteraard ook na andere gewassen in het bouwplan. Het is één van de belangrijkste knelpunten op zand en een belangrijke reden waarom veel telers liever voor braak kiezen dan voor een vanggewas/groenbemester. De aaltjesproblematiek op zand treedt ook op bij een vanggewas na de teelt van maïs in een rotatie met andere akkerbouw- of vollegrondsgroentegewassen, maar niet zozeer bij maïs in continue teelt, omdat maïs goed zelf verdraagzaam is (Van Dijk et al., 2006).

3 Vervroeging maïsoogst op zandgrond

In Nederland wordt de laatste jaren circa 260.000 ha maïs geteeld. Hiervan wordt circa 225.000 ha geogst als snijmaïs. De overige 35.000 ha wordt geogst als korrelmaïs, CCM of MKS. Snijmaïs is naast gras het belangrijkste voedergewas in de melkveehouderij. De meeste snijmaïs wordt geteeld op de melkveehouderijbedrijven zelf en veelal (80%) in continueelt.

Verreweg het grootste deel (130-140.000 ha) wordt geteeld op de oostelijke en zuidelijke zandgronden. Snijmaïs wordt gezaaid in de periode 20 april tot 15 mei. De teelt is relatief eenvoudig.

Gemiddeld wordt de meeste snijmaïs geogst in de periode van half september tot half oktober. De kolf is dan in het zgn. harddeegrijp stadium en de gehele plant heeft dat een drogestofgehalte van 34-36%. Het oogsten van snijmaïs gebeurt door de gehele plant vanaf stam te hakselen en in te kuilen. De meeste snijmaïs wordt ingekuild op het bedrijf waar het ook wordt gevoerd. De oogst wordt praktisch volledig uitgevoerd in loonwerk. Na de oogst wordt er een lichte groundbewerking (stoppelbewerking) uitgevoerd waarbij op zand en lössgronden verplicht een vanggewas wordt ingezaaid. Een alternatief voor de inzaai van vanggewassen in de stoppel, vormt de onderzaai van een vanggewas in een jong snijmaïsgewas. De vliegende start die een dergelijke onderzaai onmiddellijk na de maïsoogst kan maken, zal alleen dan tot een grotere N-vastlegging leiden als de oogst tijdig en onder droge bodemomstandigheden kan worden uitgevoerd. Onderzaaien vraagt verder enige aanpassingen van de maïsteelt (standdichtheid, onkruidbestrijding). Mede hierom wordt in de praktijk vooralsnog met name stoppelzaai toegepast. Vanggewassen worden in het voorjaar vanaf 1 februari ingewerkt en dienen zodoende als bemesting voor het volggewas. Een enkele keer wordt het vanggewas geogst als voedergewas. Zie voor meer details over de teelt van snijmaïs www.handboeksnijmais.nl.

3.1 Inventarisatie maatregelen teeltvervroeging

3.1.1 Voorjaar

Het zaaitijdstip van maïs wordt in belangrijke mate bepaald door de bodemtemperatuur. Deze dient minimaal 8-10 °C te zijn. Onder Nederlandse omstandigheden wordt deze bodemtemperatuur afhankelijk van grondsoort en regio tussen 20 april en 1 mei bereikt. Bij vroeger zaaien neemt het risico toe van meer plantuitval door te lage bodemtemperaturen. Bovendien is er dan nog kans op nachtvorstschade. Ook grondsoort en perceelskeuze spelen een rol. Zwaardere gronden en lagere percelen warmen minder snel op in het voorjaar. Op deze gronden wordt de maïs meestal de eerste helft van mei gezaaid. Laat zaaien (na 10 mei) biedt vooral voor de biologische teelt voordelen. Door de snelle kieming en ontwikkeling van de kiemplanten is de kans op aantasting door bodemschimmels kleiner. Daarnaast heeft de maïs door de snelle ontwikkeling een betere concurrentiepositie ten opzichte van het onkruid. Dit vereenvoudigt de mechanische onkruidbestrijding.

Zeer laat zaaien (na 15 mei) heeft gevolgen voor zowel de opbrengst als de kwaliteit. Een later zaaitijdstip leidt in het algemeen tot iets lagere opbrengsten, een lager drogestofgehalte, een lager zetmeelgehalte (kolfaandeel), en de gewassen zijn vaak langer en slapper. Daarnaast is het oogsttijdstip van laat gezaaide maïs later, waardoor de kans groter is dat er onder ongunstige weers- en bodemomstandigheden moet worden geogst.

Er zijn geen exacte cijfers bekend over het aandeel zeer vroege, vroege en middenvroeg rassen die geteeld worden in het oostelijk en zuidelijk veehouderij gebied. In tabel 12 is een schatting van de verdeling weergegeven op basis van expert judgement.

Tabel 12. Aandelen maisrassen per vroegheidsklasse in het oostelijk en zuidelijk veehouderij gebied

Gebied	Vroegheidsklasse		
	Zeer vroeg	Vroeg	Middenvroeg
Oost	10-15	55-65	25-30
Zuid	0-5	45-50	50

3.1.1.1 Vroeg zaaien

Het zaaitijdstip is van invloed op het oogsttijdstip. Vroeger zaaien leidt in het algemeen tot een vroegere oogst. In onderzoek van Van der Schans et al. (1995) was het verschil in drogestofgehalte bij de oogst tussen vroeg (20 april) en laat (10 mei) zaaien gemiddeld 5 procentpunten. Bij een gemiddelde stijging van het drogestofgehalte tijdens de oogstperiode van 2,5 procentpunten per week komt dit overeen met een verschil van twee weken. Het verschil in opbrengst bij de oogst was 400-900 kg DS per ha bij giften van 100-200 kg N per ha en was niet significant. Wel significant was het effect van zaaitijdstip op het kolfaandeel. Vroeg zaaien gaf een kolfaandeel dat 3-4 procentpunten hoger was dan laat zaaien. Het zetmeelgehalte werd in genoemde proeven niet bepaald, maar bij een gemiddeld zetmeelgehalte van 350 g per kg DS komt dit overeen met 10-15 g per kg DS hoger zetmeelgehalte.

Een vuistregel vanuit oud onderzoek is dat elke dag later zaaien na 1 mei 80 tot 100 kg droge stof per ha minder opbrengst geeft. Deze regel lijkt voor het huidige rassenassortiment niet meer te gelden. Uit onderzoek van het PPO naar het effect van vals zaaibed bleek later zaaien tot 10-15 mei nauwelijks effect op de opbrengst te hebben (Groten, 2010b). Van Laarhoven et al. (2003) deden gedurende drie jaar onderzoek naar het al dan niet oogsten van vanggewassen in het voorjaar. Daarbij bleek dat de opbrengst van maïs zelfs het hoogste was als deze half maai gezaaid was in combinatie met een voorafgaande oogst van een vanggewas. Het lijkt erop dat in dit onderzoek de langere groeiperiode aan het eind van het seizoen meer opleverde dan een langere periode aan het begin. Wel was de voederwaarde bij latere zaai lager, met name door een lager zetmeelgehalte.

Vroeg zaaien is uit oogpunt van beginontwikkeling ongunstig. In onderzoek van Van der Schans et al. (1995) liep de stikstofopname bij vroeg zaaien (20 april) gemiddeld 15-20 dagen achter bij laat zaaien (10 mei). De kans op uitspoeling van stikstof in de periode tussen zaaien en volledig bodembedekking is groter naarmate de beginontwikkeling trager verloopt. Dit betekent dat wanneer als gevolg van vroeg zaaien (en bemesten) de beginontwikkeling trager verloopt dan bij laat zaaien, de kans op uitspoeling in het voorjaar groter wordt. Uit het onderzoek van Van der Schans et al. (1995) bleek echter ook dat later zaaien uiteindelijk niet leidde tot een hogere N-opname en een hogere stikstofterugwinning

Conclusie

Er zijn geen onderzoeken bekend waarbij de effecten van vroeger zaaien dan 20 april zijn onderzocht. Het advies om niet vroeger te zaaien dan 20 april is afgeleid van de bodemtemperatuur. Bij vroeger zaaien neemt het risico toe van meer plantuitval door te lage bodemtemperaturen. Bovendien is er dan nog kans op nachtvorstschade. Om een zo lang mogelijk groeiseizoen te creëren voor een maximale opbrengst wordt in de praktijk de maïs veelal al zo vroeg mogelijk gezaaid. Dit betekent dat vroeger zaaien weinig mogelijkheden biedt voor teeltvervroeging.

3.1.1.2 Lagere plantdichtheid

Het huidige advies voor de plantdichtheid is 100.000 planten per ha voor gemiddelde groeiomstandigheden en voor een gemiddeld ras. Door minder planten per ha te zaaien is er per plant meer ruimte en licht beschikbaar. Dat heeft een positief effect op de ontwikkeling en afrijping van de maisplant.

Uit resultaten van Ten Hag (1984) van proeven in de jaren 1973-1976 steeg het drogestofgehalte met 1% (van 29 naar 30%) bij een afname van het plantgetal van 11 naar 7 planten per m². De relatieve drogestofopbrengst daalde met 6% (100% = 14 ton) en het kolfaandeel steeg van 51% naar 54%.

Schröder (1990) heeft in de jaren 1986-1989 plantgetalproeven uitgevoerd met vier rassen in volgorde van bladrijckdom: LG2080, LG11, Clipper en Splenda. De onderzochte plantaantallen waren 7,5 - 9,0 - 10,5 en 12,0 planten per m². Het drogestofgehalte ondervond bij alle rassen nauwelijks invloed van het plantgetal. Gemiddeld was het drogestofgehalte bij 10,5 planten per m² 33,0% en bij 7,5 planten per m² 33,3%. Het

drogestofgehalte van de kolf steeg met gemiddeld 2,3 procentpunten, maar dit werd grotendeels gecompenseerd door een lager drogestofgehalte van de vegetatieve delen met 1,1 procentpunten. De relatieve drogestofopbrengst daalde met 2 tot 8% waarbij er geen duidelijke relatie was te leggen met de bladrijksdom van de afzonderlijke rassen.

Bij een afname van het plantgetal van 10,5 naar 7,5 planten per m² nam het kolfaandeel in de drogestof met 1 tot 5 procentpunten toe, waarbij de toename hoger was naarmate het ras bladrijker was. De VEM-waarde (berekend o.b.v. rc en ras) steeg met een afnemend plantaantal en bedroeg 5 eenheden per kg DS. In onderzoek van Van Dijk et al. (1995) werden twee rassen, een normaal vroege (LG2080) en een korte vroege met een relatief steile bladstand bij drie verschillende plantdichtheden onderzocht. Verlaging van het plantaantal van 11,3 tot 9,0 planten per m² gaf een hoger drogestofgehalte van 0,7-0,9 procentpunten bij de oogst. De relatieve drogestofopbrengst daalde 1% bij LG2080 en 2% bij Aviso (100=11,9 ton DS per ha). Het zetmeelgehalte steeg bij LG2080 met bijna 50 gram per kg DS en bij Aviso 15 gram per kg DS.

Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat een lager plantaantal een beperkt effect heeft op het drogestofgehalte bij de oogst. Om enig effect (1-2 procentpunten) te bewerkstelligen moet het plantgetal relatief sterk (25%) verlaagd worden. Dit kan echter afhankelijk van het ras en jaar een relatief groot negatief effect (1-8%) op de opbrengst hebben.

3.1.1.3 Andere plantverdeling

Maïs wordt in het algemeen op een rijafstand van 75 cm gezaaid. Bij een plantaantal van 100.000 planten per ha betekent een afstand tussen de planten in de rij van 13,3 cm.

De opkomst van rijonafhankelijke oogstmethoden geeft meer mogelijkheden voor andere zaaiverbanden, zoals zaaien op nauwere rijafstand (50 of 37,5 cm), stereozaai, deltazaai en ruitzaai (zie figuur 6).



Figuur 6. Rangschikking van planten bij verschillende zaaimethoden

In proeven van Van Dijk et al. (1995b) werd onderzocht wat het effect van deltazaai op de kwaliteit en opbrengst van snijmaïs was. Deltazaai gaf een significant lager drogestofgehalte van 0,5 procentpunten, geen effect op opbrengst, een 1 procentpunt lager kolfaandeel (10 gram per kg DS lager zetmeelgehalte) en geen verschil in VEM-waarde.

In onderzoek van Van der Schans et al. (1995) werden twee rijafstanden, 75 en 37,5 cm, met elkaar vergeleken. Het onderzoek werd uitgevoerd op twee locaties van 1989 tot en met 1992. De rijafstand had geen invloed op het drogestofgehalte bij de oogst. Halvering van de rijafstand leidde tot een hogere drogestofopbrengst gedurende de jeugdfase tot aan het moment waarop het gewas sluit. Bij de eindoogst waren er echter geen verschillen in drogestofopbrengst. Ook de VEM-waarden verschilden niet. De zetmeelgehalten waren niet geanalyseerd, maar de kolfaandelen verschilden niet tussen de beide rijafstanden.

In het onderzoek van Van der Schans et al. (1995) leidde halvering van de rijafstand, vergelijkbaar met de drogestofopbrengst, alleen tot een hogere N-opname gedurende de jeugdfase tot aan het moment waarop het gewas sluit. Rond het sluiten van het gewas bedroeg de extra N-opname 5-10 kg per ha. Bij de eindoogst was er geen verschil in N-opname meer.

Onderzoek in Duitsland van Demmel et al. (2002) liet zien dat gedurende de afrijpingsperiode het drogestofgehalte van de kolf 2,5-3 procentpunten hoger was bij ruitzaai dan bij traditionele zaai. Het effect op het

drogestofgehalte van de snijmais bij de eind oogst werd niet vermeld. Er waren geen significante effecten van de zaaimethode op de samenstelling. Zaaïen in driehoeksverband verhoogde de maisopbrengst met 4-7%.

Conclusie

In het algemeen kan worden gesteld dat een andere plantverdeling/nauwere rijafstand vooral een voorsprong geeft in ontwikkeling tijdens de jeugdfase, maar dat het nauwelijks tot geen effect heeft op het tijdstip waarop het optimale oogststadium is bereikt.

3.1.1.4 Maïs onder folie

Door maïs onder folie te zaaïen, kan enerzijds eerder worden gezaaid omdat de bodem onder de folie door de kaswerking meer wordt opgewarmd dan de bodem zonder folie. Anderzijds is door de hogere temperatuur onder de folie ook de beginontwikkeling van de maïs sneller.

Op dit moment worden er in de praktijk opnieuw ervaringen opgedaan met het zaaïen van maïs onder plastic. Praktijkervaringen in 2009 van drie praktijkpercelen laten zien dat bij een gelijk oogstmoment het drogestofgehalte van de maïs gezaaid onder folie ruim 10 procentpunten hoger was dan de maïs zonder folie (36,6% resp. 25,7%). De drogestofopbrengst was gemiddeld niet veel verschillend. Het zetmeelgehalte was circa 140 g per kg DS hoger.

Eind jaren tachtig is in Nederland en België ook al onderzoek naar gedaan naar het effect van maïs zaaïen onder folie. Van der Werf (1993) vond in een driejarig onderzoek op twee locaties in Nederland dat zaaïen onder folie ten opzichte van geen folie bij gelijktijdige oogst het drogestofgehalte verhoogde van 29% naar 33%. De drogestofopbrengst werd bij een laat ras verhoogd met 2,6 ton per ha. Bij een vroeg ras was de verhoging ongeveer de helft. Er werden geen effecten op voederwaarde en zetmeelgehalte beschreven. Baert en Carlier (1988) onderzochten in België in drie jaren op één locatie het effect van het zaaïen onder folie bij vier halfplate rassen. In twee jaren werd de maïs met en zonder folie gelijktijdig geoogst. In die jaren was het drogestofgehalte van de maïs met folie gemiddeld 3,2 procentpunten hoger dan van de maïs zonder folie. In één jaar werd de maïs zonder folie twee weken later geoogst. Het drogestofgehalte van de maïs met folie was in dat jaar 2,7 procentpunten lager dan van de maïs zonder folie. De gemiddelde meeropbrengst van de maïs onder plastic was 2,6 ton droge stof per ha.

Baert en Carlier (1988) hebben in hun onderzoek ook gekeken naar het effect van foliegebruik op de N-opname van maïs. In één jaar werd er door de maïs onder plastic 25 kg N per ha meer opgenomen dan normaal gezaaide maïs. In de beide andere jaren waren er geen noemenswaardige verschillen in N-opname tussen de beide zaaimethoden.

Conclusie

Maïs onder folie zaaïen heeft een duidelijk effect op het moment waarop het optimale oogststadium is bereikt. Door maïs onder folie te zaaïen kan het 1 tot 2 weken eerder geoogst worden. Daarnaast heeft het een positief effect op de opbrengst en op het zetmeelgehalte. Daar staan echter hoge extra kosten van €225,- tot €300,- per ha tegenover. In specifieke omstandigheden op koudere gronden met name in het noorden van Nederland kan deze teeltmethode mogelijk interessant zijn. Voor de zuidelijke en oostelijke zandgronden waar maïs relatief gemakkelijk kan worden geteeld, wordt ingeschat dat de voordelen te klein zijn om op te kunnen wegen tegen de extra kosten.

3.1.1.5 Stikstofbemesting

Stikstof is erg belangrijk voor de groei en ontwikkeling van de maïsplant en daarmee voor de opbrengst (www.handboeksnijmais.nl). Wat betreft de afrijping heeft de stikstofgift nauwelijks effect op de kolf maar wel op de restplant. Bij (te) lage stikstofgiften zal de restplant eerder afsterven terwijl bij hoge giften, waarbij laat in het seizoen nog veel stikstof beschikbaar is, de restplant langer groen blijft.

Driejarig onderzoek van Van der Schans et al. (1995) met vier N-trappen (0, 50, 100 en 200 N per ha) op een zandlocatie in het oosten liet geen noemenswaardig verschil in drogestofgehalte zien bij de eind oogst. Schröder (1990a) voerde gedurende drie jaar zes bemestingsproeven uit op zandgrond, waarbij bovenop een basisbemesting van 30 m³ per ha RDM stikstoftrappen van 0, 40, 80, 120, 160 kg N per ha werden aangelegd. Het drogestofgehalte van de maïs was het laagst bij de trap van 160 kg N per ha (28,5%) en steeg naarmate er minder stikstof werd gegeven. De maximale stijging was 1,4 procentpunten bij 40 kg N per ha.

In driejarig onderzoek Van Dijk et al. (1996) op een zandlocatie in het zuiden gaf een kunstmestgift van 140 kg N per ha bovenop een RDM-gift van 30 m³ per ha een verlaging van het drogestofgehalte te zien van 1,2% (van 31,0% naar 29,8%).

In zevenjarig onderzoek van Van Dijk et al. (1995a) varieerde de N-bemesting van 20 kg per ha kunstmest-N in de rij tot een gift van 35 m³ per ha RDM plus 20 kg per ha kunstmest-N in de rij. Op basis van de resultaten konden geen significante verschillen in drogestofgehalte bij de oogst worden gevonden. In onderzoek van Groten en Van der Schoot (2001) werd het effect van verschillende N-niveaus bij verschillende rassen onderzocht. Gemiddeld was het effect op het drogestofgehalte beperkt. Wel bleek er een interactie te zijn met de rassen.

Conclusie

In het algemeen kan worden gesteld dat het effect van de stikstofgift op de vroegrijpheid van maïs binnen normale bemestingsniveaus zeer beperkt is. Om enig effect te sorteren moet de gift drastisch verlaagd worden. Dit gaat dan echter gepaard met een drastische verlaging van de opbrengst. Halvering van de stikstofbemesting volgens advies geeft een opbrengst verlaging van 15-20% (www.handboeksnijmaïs.nl)

3.1.2 Najaar

Op veel bedrijven speelt snijmaïs een belangrijke rol als energiebron. Voor een optimale benutting in een rantsoen is het van groot belang om snijmaïs op het juiste tijdstip en op de juiste wijze te oogsten. Het optimale oogsttijdstip van snijmaïs is het moment waarop het gewas de maximaal benutbare voederwaarde-opbrengst bereikt. In theorie wordt dat bereikt bij een combinatie van de maximale voederwaarde-opbrengst op het veld, minimale inkuil- en broeiverliezen in de kuil en de hoogste benutting door het vee. De optimale oogstmomenten voor de verschillende factoren zijn niet exact gelijk. Het beste oogstmoment is daarom een compromis van de verschillende optimale oogstmomenten. In paragraaf 3.2 wordt hier verder op ingegaan.

3.1.2.1 Langere stoppellengete

Stoppels en stengels hebben een hoger vochtgehalte dan de kolf en zijn minder goed verteerbaar. Hierdoor is het mogelijk om het drogestofgehalte en de kwaliteit te beïnvloeden met de stoppellengete. Bij vroeger oogsten kan het drogestofgehalte van het geogste product gelijk worden gehouden door een langere stoppellengete aan te houden. Met iedere 10 cm extra stoppellengete stijgt het drogestofgehalte met gemiddeld 0,6 procentpunten en de VEM-waarde met zes eenheden per kg droge stof. Daar staat tegenover dat de drogestofopbrengst met circa 2,5% daalt. De totale voederwaardeopbrengst neemt met circa 2% af (Schröder, 1988).

Een langere stoppellengete heeft uiteraard geen gevolgen voor de N-opname van maïs. Het heeft immers geen invloed op de groei van de plant en de lengte van de opnameperiode. Door een hoger stoppellengete blijven er meer resten achter op het land. Wanneer uitgegaan wordt van een N-gehalte van de stengel van 10-15 gram per kg DS, dan zal er 4-6 kg meer N per 10 cm hogere stoppellengete op het land achterblijven. In combinatie met een ruime C/N verhouding (30-45) van de stoppelresten zal dit niet leiden tot extra uitspoeling van stikstof.

Conclusie

Wanneer er vanuit wordt gegaan dat het drogestofgehalte 2,5-3 procentpunten per week stijgt moet er, om een week eerder te kunnen oogsten bij een gelijkblijvend drogestofgehalte, geoogst worden bij een 50 cm langere stoppellengete. De totale voederwaardeopbrengst daalt daardoor met 10%. Daarmee is een langere stoppellengete praktisch gezien geen aantrekkelijke maatregel om het oogsttijdstip van snijmaïs substantieel te vervroegen.

3.1.2.2 Vroege rassen

Op basis van het drogestofgehalte, de vroegheid van bloei en de mate van resistentie tegen fusarium (stengelrot) is het rassenassortiment ingedeeld in zeer vroege, vroege en middenvroeg rassen. In een gemiddeld jaar en bij gelijke uitzaai bereikt een zeer vroeg ras een drogestofgehalte van 35% 2 tot 3 weken eerder dan een middenvroeg ras.

Het maximale verschil in vroegheid tussen rassen op huidige Aanbevelende Rassenlijst van 2010 varieert in verhoudingsgetallen van 90 tot 109. Dit komt overeen met 7,2 procentpunten DS. Bij een gemiddelde stijging van het drogestofgehalte tijdens de oogstperiode van 2,5 procentpunten per week komt dit overeen

met een verschil in oogstmoment van bijna 3 weken. De gemiddelde vroegheid van zeer vroege rassen en middenvroeg (lees: late) rassen op de Aanbevelende Rassenlijst van 2010 is resp. 103 en 92. Dit komt overeen met een absoluut verschil in drogestofgehalte van circa 4%. Dit betekent een verschil in oogstmoment van zo'n 11 dagen. De gemiddelde drogestofopbrengst van zeer vroege rassen is 7,3% (=1.500 kg DS per ha) lager dan van de middenvroeg rassen, terwijl de VEM-waarde en het zetmeelgehalte bij de oogst resp. 18 punten en 27 g per kg droge stof hoger liggen. Het berekende zetmeelgehalte op basis van 35% DS is van beide groepen praktisch gelijk.

In tabel 13 zijn van de snijmaïs rassenproeven in het zuiden die rond 20 april gezaaid zijn de drogestofgehaltes per vroegheidsklasse bij de oogst weergegeven (Groten, 2010a). De zeer vroege rassen zijn tussen 9 en 16 september geoogst bij een gemiddeld drogestofgehalte van 38 tot 40 %. De vroege rassen gaven gemiddeld hetzelfde resultaat. Hieruit kan afgeleid worden dat wanneer een zeer vroeg of een vroeg ras gezaaid wordt rond 20 april, het gemiddeld in de eerste week van september geoogst kan worden bij het optimale drogestofgehalte van 36%. Bij een middenvroeg ras moet men ruim een week langer wachten.

Tabel 13. **Gemiddelde drogestofgehaltes (%) bij de oogst per vroegheidsklasse van snijmaïsrassenproeven in het zuiden die rond 20 april zijn gezaaid**

Vroegheidsklasse	Jaar ¹⁾ :	2007	2008	2009
	Oogstdatum:	15 september	16 september	9 september
Zeer vroeg		38.2	39.1	40.5
Vroeg		36.4	39.2	40.6
Middenvroeg		33.8	36.1	36.3

¹⁾ 2007 gem. van twee proeven, 2008 drie proeven en 2009 twee proeven

In onderzoek van Van Schooten et al. (2006) werd o. a. het effect van rastype onderzocht op het optimaal oogststadium. In dit onderzoek werden 4 vroege rassen en 4 late rassen met elkaar vergeleken. Gemiddeld was het verschil in drogestofgehalte in het oogsttraject 2,5 procentpunten en bereikten de 4 vroege rassen het drogestofgehalte van 35% 8 dagen eerder dan de 4 late rassen. De opbrengst van de late rassen was gedurende het oogsttraject circa 1100 kg DS per ha hoger dan van de vroege rassen. Bij vergelijkbare drogestofgehaltes was er geen verschil in zetmeelgehaltes tussen de vroeg en late rassen.

Groten (2009) onderzocht in Friesland de mogelijkheden van korte zeer vroege rassen. Geconcludeerd werd dat er met dergelijke rassen (in noord Nederland) in een groeiperiode van 18 weken een drogestofgehalte bereikt kan worden van 32%. Gemiddeld was de totale drogestofopbrengst 10-20% lager, het zetmeelgehalte 10-15% hoger en de VEM-waarde 4% hoger dan van standaardrassen. Uit aanvullend onderzoek van Timmer (2009) bleek dat de lagere opbrengst van deze korte, zeer vroege rassen grotendeels gecompenseerd kan worden door een hoger plantaantal (tot 150.000 planten per ha) zonder dat dit ten koste gaat van het drogestofgehalte, het zetmeelgehalte en de voederwaarde. Hogere plantaantallen in combinatie met een nauwere rijafstand had wel een licht negatief effect op het drogestofgehalte, zetmeelgehalte en de voederwaarde.

In het rassenonderzoek ten behoeve van de Aanbevelende Rassenlijst wordt het N-gehalte niet routinematig onderzocht en daarmee de N-opname niet berekend. In onderzoek van Groten en Van der Schoot (2001) is het effect van ras en N-bemesting (200 en 20 kg N per ha) onderzocht op de N-opname. In het onderzoek zijn 6 zeer vroege rassen vergeleken met 4 middenvroeg rassen. De drogestofopbrengst van de zeer vroege rassen was bij beide bemestingsniveaus 900 kg per ha lager dan van de middenvroeg rassen. Het N-gehalte was van de zeer vroege rassen bij het hoge bemestingsniveau 0,2 procentpunten hoger en bij het lage bemestingsniveau 0,4 procentpunten. Dientengevolge namen de middenvroeg rassen gemiddeld 10 kg N per ha meer op dan de zeer vroege rassen bij een bemesting van 200 kg N per ha. Bij het lage bemestingsniveau was er nauwelijks een verschil in N-opname tussen de beide rastypen.

Conclusie

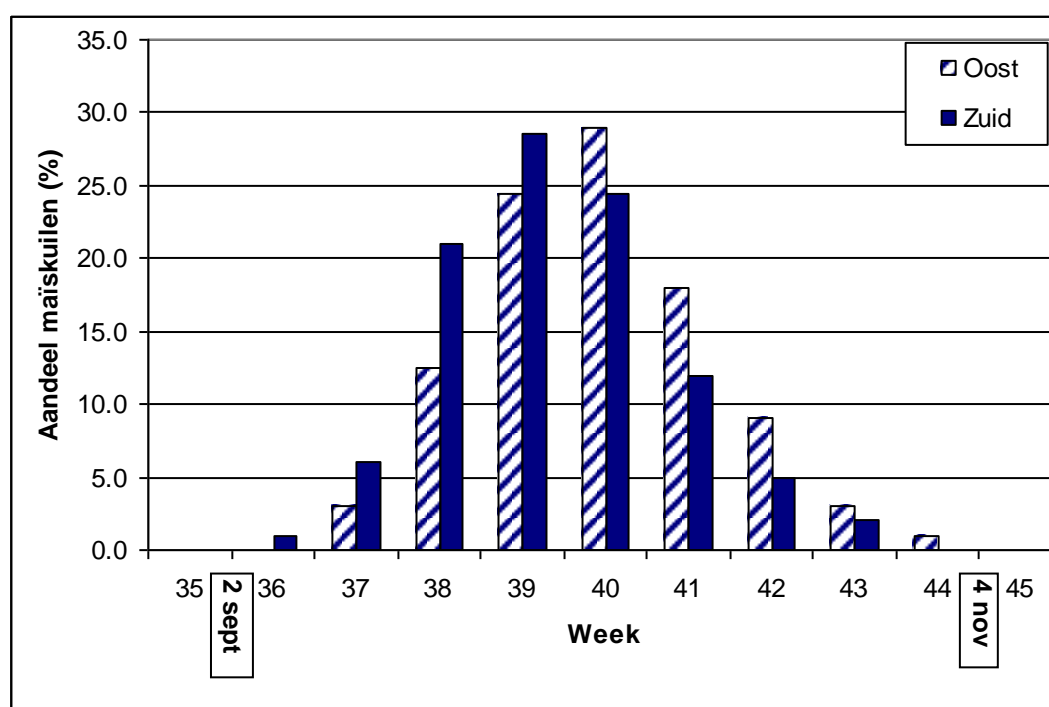
Op dit moment is het mogelijk om met het telen van zeer vroege rassen in plaats van middenvroeg rassen de maïs oogst op een groot deel van het maïsareaal in het zuidelijk veehouderijgebied circa twee weken te vervroegen. Dit gaat dan wel gepaard met circa 7% opbrengstdaling en 5-10 kg lage N-opname.

In paragraaf 3.1.1 is ingeschat dat het aandeel zeer vroege, vroege en middenvroeg rassen dat in het zuidelijk veehouderijgebied geteeld wordt, resp. 0-5%, 45-50% en 50% is. Het totale areaal snijmaïs in het zuidelijk veehouderijgebied was gemiddeld over de jaren 2007-2009 resp. 57.432 ha (bron CBS). Op de helft daarvan, bijna 29.000 ha, wordt een middenvroeg ras geteeld. Op dit areaal kan de oogst de oogst gemiddeld twee weken worden vervroegd wanneer er overgegaan wordt tot het telen van een zeer vroeg ras. De gemiddelde opbrengst daalt dan wel met circa 1,5 ton drogestof per ha. Daarnaast wordt op 26-28.000 ha een vroeg ras geteeld. Op dit areaal kan de oogst met gemiddeld een week worden vervroegd wanneer overgegaan wordt tot het telen van een zeer vroeg ras. De gemiddelde opbrengst op dit areaal daalt dan gemiddeld circa 0,75 ton drogestof per ha. In paragraaf 3.3 worden de effecten op bedrijfsniveau van een standaard bedrijf beschreven.

3.2 Gevolgen vroegtijdig oogsten

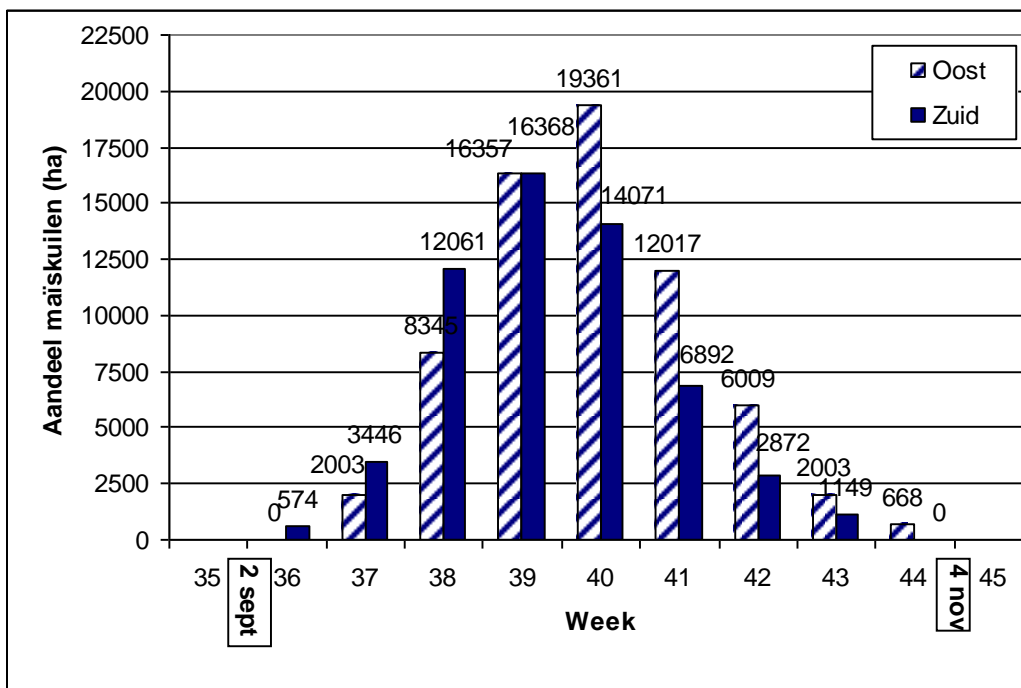
3.2.1 Maïsoogst in de praktijk

De afgelopen jaren wordt in zuid en oost Nederland 80-90% van de snijmaïs gehakseld tussen half september en half oktober. In figuur 7 is gemiddeld over de jaren 2006-2009 de verdeling van het aandeel snijmaïskuilen per week weergegeven. Hieruit blijkt dat er in het zuiden ongeveer een week eerder wordt begonnen dan in het oosten en dat de oogstperiode ook een week eerder is afgerond. Rond 1 oktober is in het zuiden bijna 60% van de maïs geogst terwijl in het oosten dan gemiddeld 40% is geogst.



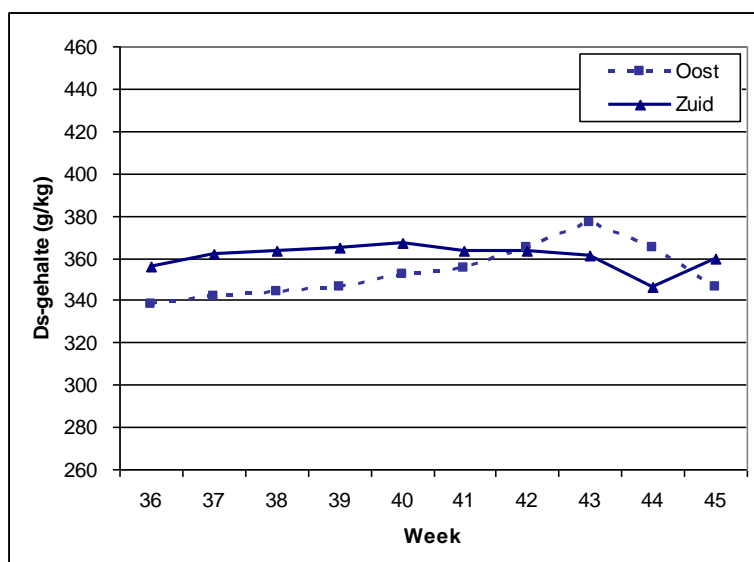
Figuur 7. **Aandeel snijmaïskuilen per week van het zuidelijk en oostelijk veehouderijgebied, gemiddelde van 2006-2009. Bron Blgg AgroXpertus**

De totale arealen snijmaïs in het oostelijk en zuidelijk veehouderijgebied waren gemiddeld over de jaren 2007-2009 resp. 66.752 en 57.432 ha (Bron: CBS). Op basis van deze totale arealen en de procentuele verdeling van de oogst over de opeenvolgende weken in figuur 8, zijn de wekelijkse aantallen geogste hectares berekend. Daarbij is aangenomen dat de gemiddelde aantal hectares per kuil in de verschillende weken ongeveer gelijk is. In figuur 8 is het aantal geogste hectares snijmaïs per week weergegeven voor het oostelijk en zuidelijk veehouderijgebied.



Figuur 8. Aantal geoogste hectares snijmais per week in het oostelijk en zuidelijk veehouderijgebied, gemiddelde van 2006-2009

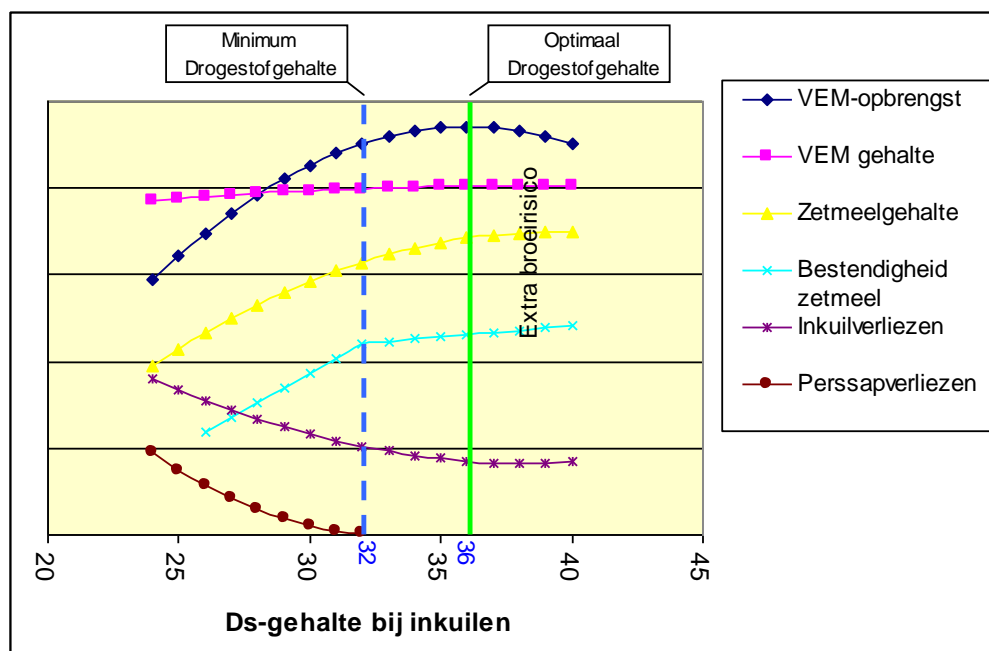
In figuur 9 is het gemiddelde drogestofgehalte van de maïskuilen per week voor de oostelijk en zuidelijke veehouderijgebieden weergegeven. Gemiddeld wordt de maïs in het zuiden wat droger geoogst dan in het oosten. Het gemiddelde drogestofgehalte van de snijmaïskuilen in het zuiden is 36,1% en in het oosten 35,0%. Het verschil wordt vooral veroorzaakt door de eerste vier weken van de oogstperiode. In het zuiden is het gemiddelde drogestofgehalte in het begin van de oogstperiode 1,5-2 procentpunten hoger dan in het oosten, ondanks dat er eerder begonnen wordt met de oogst.



Figuur 9. Verloop van het drogestofgehalte per week van de maïsoogsten in het oostelijk en zuidelijk veehouderij gebied, gemiddelde van 2006-2009. Bron: Blgg AgroXpertus

3.2.2 Gevolgen vroegtijdig oogsten voor opbrengst en kwaliteit

In een uitgebreid onderzoek van Van Schooten et al. (2006) werd het optimale oogststadium van de verschillende rastypen binnen het huidige rassensortiment onderzocht. Uit de resultaten bleek dat het optimale oogststadium van alle rastypen gelijk is en dat dit in een normaal vlot lopend groeiseizoen op 36% DS ligt. Het stadium is vastgesteld op basis van verschillende kenmerken waarvan het verloop tijdens het oogsttraject is onderzocht. In figuur 10 is het verloop van de verschillende kenmerken weergegeven. Wanneer de maïs eerder wordt geoogst, dan heeft dit naast een lager drogestofgehalte ook consequenties voor verschillende andere kenmerken. Per week steeg het drogestofgehalte met 3 procentpunten. Wanneer de maïs twee weken vroeger wordt geoogst, betekent dit dat het drogestofgehalte rond de 30% zal liggen. Dit heeft tot gevolg dat de VEM opbrengst 9% daalt en het zetmeelgehalte circa 50 gram per kg DS lager liggen. Het VEM-gehalte zal gemiddeld 13 punten dalen. De conserveringsverliezen aan droge stof zullen 2,5 procentpunten hoger zijn. Uit het onderzoek van Van Schooten et al. (2006) bleek dat binnen dit drogestoftraject de VEM-daling in de drogestof beperkt blijft tot 13 eenheden en dat de DVE en OEB waarden nauwelijks veranderen. Bij inkuilen rond een drogestofgehalte van 30% zullen er lichte perssaproverliezen optreden. Uit het onderzoek is gebleken dat de perssapgrens ongeveer bij 32% DS ligt. Dit is 4 procentpunten lager dan het optimale oogststadium van 36%. Om perssaproverliezen te voorkomen zou de maïs daarom niet meer dan anderhalve week eerder mogen worden geoogst.



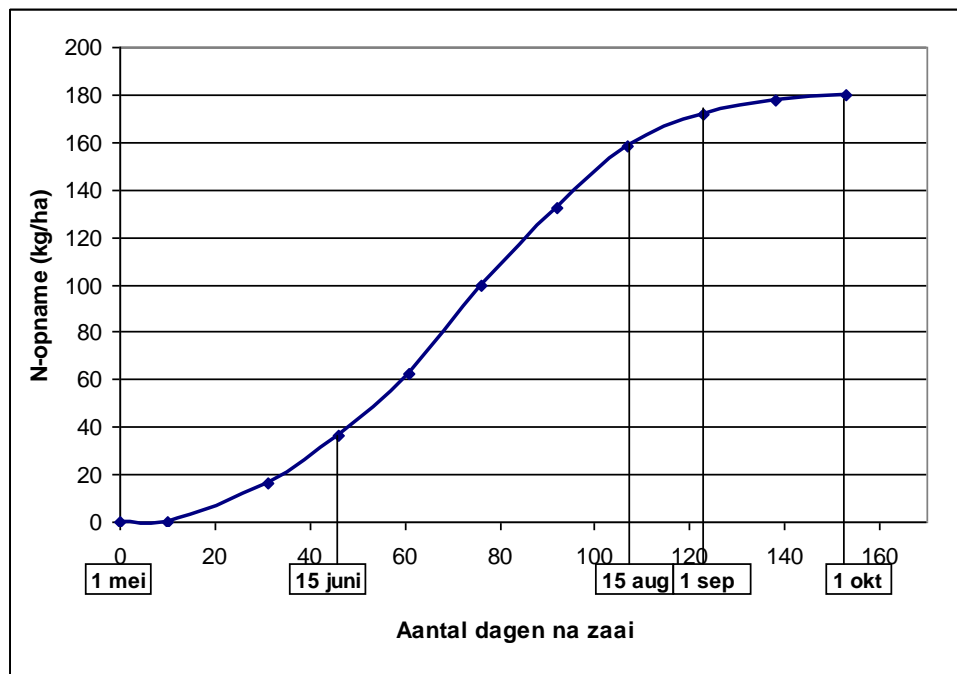
Figuur 10. Invloed van oogststadium (drogestofgehalte bij inkuilen) op relatieve opbrengst, kwaliteit en inkuilverliezen

In een voederproef met hoogproductieve melkkoeien die binnen hetzelfde onderzoek is uitgevoerd, zijn twee rastypen (zetmeeltype en celwantype) vergeleken bij twee oogststadia: bij 30% en 36% drogestof. Uit de resultaten bleek dat van het rantsoen met de droge maïs wat minder werd opgenomen dan van het rantsoen met de nattere maïs. De melkproductie was van beide groepen echter gelijk. Dit betekent dat de benutting van de drogere maïs iets beter was. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een wat groter aandeel bestendig zetmeel.

3.2.3 Gevolgen vroegtijdig oogsten voor N-opname

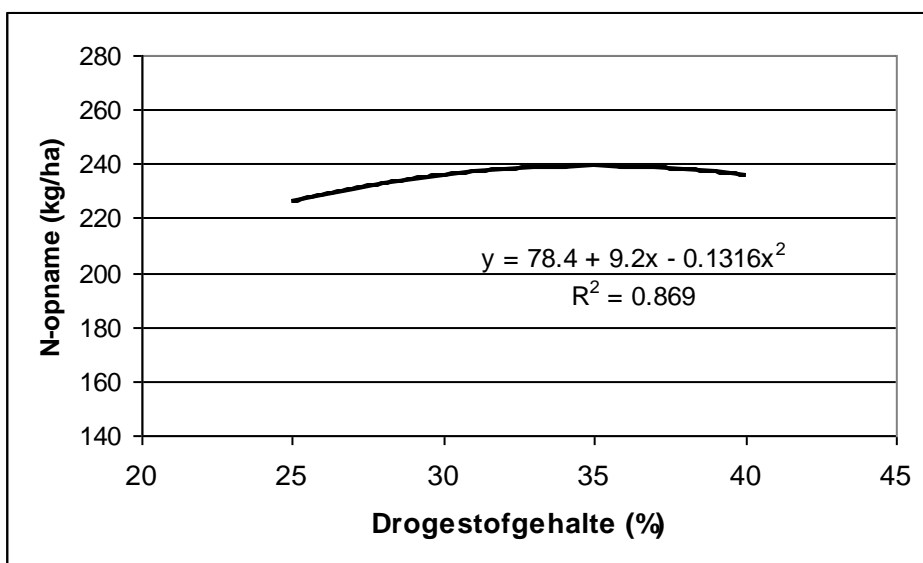
In figuur 11 is de cumulatieve stikstof opname van maïs weergegeven onder omstandigheden waarbij stikstof aanbod niet limiterend is. De curve is afgeleid van Schröder (1998). Hieruit blijkt dat maïs vanaf half juni tot half augustus de meeste stikstof opneemt, ruim 120 kg per ha. Totaal is dan al ongeveer 160 kg opgenomen. Vanaf half augustus tot de oogst (1 oktober) wordt nog 20 kg stikstof opgenomen. De laatste weken voor de oogst wordt er nauwelijks nog stikstof opgenomen. Wanneer de maïs twee weken eerder

wordt geoogst, scheelt dat volgens het model 2 kg aan N-opname per hectare en bij vier weken vroegere oogst 10 kg N per hectare. De data waarop het model is gebaseerd, dateren van 1990 tot 1995. De maïs werd destijds geoogst bij een drogestofgehalte van 30-33%.



Figuur 11. **Cumulative stikstofopname van snijmaïs gerelateerd aan het aantal dagen na zaai (naar Schröder, 1998)**

Tegenwoordig wordt de maïs wat droger geoogst en is het gemiddelde drogestofgehalte van de kuilen 35-36% (zie figuur 9). Het oogstmoment ligt hiermee duidelijk aan het eind van de opnamecurve. Op basis van resultaten van het onderzoek van Van Schooten et al. (2006) is de relatie tussen het drogestofgehalte van snijmaïs bij oogst en stikstof opname berekend. De stikstofopname is berekend uit de drogestofopbrengst en het ruw eiwitgehalte. In figuur 12 is de gemodelleerde relatie weergegeven. Opvallend is de relatief hoge gemiddelde stikstofopname. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het om proefveldopbrengsten gaat waarbij de gemiddelde drogestofopbrengst over het hele oogsttraject bijna 19 ton per ha was. Bij het optimale oogststadium van 36% drogestof was de stikstofopname 239 kg per ha. Wanneer de maïs twee weken vroeger wordt geoogst zal bij een gemiddelde stijging van het drogestofgehalte van 2,5 procentpunten het uiteindelijke drogestofgehalte 31% zijn. Volgens de relatie in figuur 12 daalt de stikstofopname dan met 2 kg per ha. Bij vier weken vroegere oogst is het drogestofgehalte circa 26% en daalt de N-opname met 11 kg per ha. Deze resultaten komen overeen met die van Schröder (1998).



Figuur 12. Relatie tussen drogestofgehalte van snijmaïs bij de oogst en de stikstof opname van het geoogste product

3.3 Vroegere rassen en/of vroeger oogsten

Van de behandelde maatregelen zijn maïs zaaien onder folie, langere stoppellingte en vroegere rassen maatregelen die een (duidelijk) vervroegend effect hebben op de teelt/oogst van snijmaïs. Een langere stoppellingte gaat gepaard met een relatief erg grote opbrengstdaling en maïs zaaien onder folie met erg hoge kosten. De toepassing van vroegere rassen blijft daarmee over als enige mogelijke maatregel op de arealen waar nog niet de vroegste rassen worden geteeld. Wanneer de teelt verder vervroegd moet worden, dan zal de maïs voor het optimale stadium geoogst moeten worden.

3.3.1 Effect op N-opbrengst

In paragraaf 3.1.2 is geconcludeerd dat een zeer vroeg ras circa 10 kg minder N per hectare opneemt dan een midden vroeg ras bij een bemestingsniveau van 200 kg N per hectare, terwijl er bij een bemestingsniveau van 20 kg N per hectare geen verschil in opname was. Op basis van deze resultaten kan ingeschat worden dat het verschil bij het huidige bemestingsbeleid van 140 kg N per hectare ongeveer 7 kg N per hectare is. Verder kan aangenomen worden dat het verschil tussen vroege en zeer vroege rassen de helft daarvan is. In paragraaf 3.2.3 is beschreven dat een vroegere oogst van twee en vier weken de stikstof opname verlaagt met, respectievelijk, 2 en 10 kg N per hectare. Bovenstaande gegevens zijn gebruikt om het effect van teeltvervroeging van 1, 2 en 3 weken op de stikstofopname te berekenen bij de teelt van maïs uit verschillende vroegheidsklassen. De resultaten staan in tabel 14.

Tabel 14. Daling N-opbrengst (kg per ha) als gevolg van het telen van een vroeger ras in combinatie met vroeger oogsten bij verschillende perioden van teeltvervroeging (1, 2 en 3 weken) en bij verschillende vroegheidsklassen (ZV=Zeer vroeg, V=Vroeg, MV= Midden vroeg)

	1 week			2 weken			3 weken		
	ZV	V	MV	ZV	V	MV	ZV	V	MV
Vroeger ras	-	4	4	-	4	7	-	4	7
Vroeger oogsten	1	0	0	2	1	0	6	2	1
Totaal	1	4	4	2	5	7	6	6	8

3.3.2 Areaal waarop de teelt vervroegd kan worden zonder vroeger oogsten

In paragraaf 3.1.1 is een schatting gemaakt van de aandelen maïsrassen die per vroegheidsklasse in het zuidelijk en oostelijk veehouderijgebied worden geteeld. Hiermee is vanuit de totale oppervlakte maïs die in de beide gebieden wordt geteeld, de oppervlakte per vroegheidsklasse worden berekend. Bij de teelt van een middenvroeg ras kan de teelt door een ras uit de zeer vroege categorie te kiezen, met twee weken worden vervroegd en bij de teelt van een vroeg ras met één week. Met het huidige rassensortiment is het nog niet mogelijk om de teelt gemiddeld met meer dan twee weken te vervroegen. In tabel 15 is op basis van bovenstaande redenering een schatting weergegeven van de oppervlakte waarop de teelt met één en twee weken kan worden vervroegd door te kiezen voor een ras uit de vroegste klasse.

Tabel 15. **Schatting areaal waarop teeltvervroeging mogelijk is door het telen van een zeer vroeg ras**

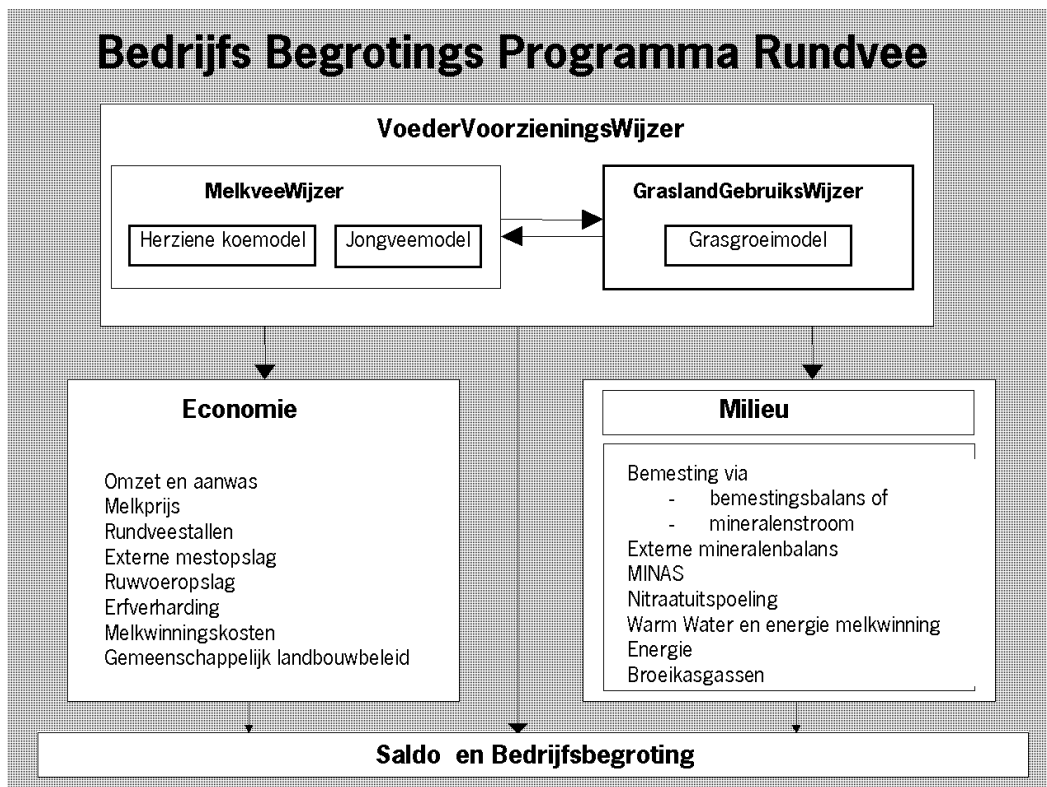
Gebied	Totaal maïsareaal	Teeltvervroeging	
		1 week	2 weken
Oost	66750	36700 – 43400	16700 - 20000
Zuid	57430	25800 - 28700	28700- 31600

3.4 Gevolgen op bedrijfsniveau

In het voorgaande is aangegeven wat gevolgen van het vroeger oogsten en het telen van een vroeger ras zijn voor de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs op gewasniveau. In dit hoofdstuk worden de gevolgen geïntegreerd in bedrijfverband met het BedrijfsbegrotingsProgramma voor de Rundveehouderij (BBPR), ontwikkeld door Livestock Research.

3.4.1 Het programma BBPR

Rekening houdend met specifieke bedrijfsomstandigheden, berekent BBPR technische, bedrijfseconomische en milieutechnische kengetallen (Van Alem & Van Scheppingen, 1993; Schils et al., 2007). Uitgangspunt bij berekeningen met BBPR is steeds de huidige landbouwkundige advisering bij onder meer de voeding en bemesting. BBPR is opgebouwd uit verschillende modules (figuur 13). De voeropname en melkproductie zijn berekend met het herziene koemodel (Zom, 2002). Aan de hand van de voeding berekent het model ook de mestamenstelling. De melkprijs, vee prijzen en overige prijzen zijn gebaseerd op het prijsniveau van 2009 (KWIN-Veehouderij, 2009-2010). De uitstoot van broeikasgassen is beschreven in Schils et al. (2006).



Figuur 13. Overzicht opbouw BBPR en onderlinge samenhang tussen de verschillende onderdelen

3.4.2 Basisbedrijf

Als basisbedrijf is een bedrijf op goed vochthoudende zand gekozen met 32 ha grasland en 10 ha snijmaïs (percentage maïsland: 23,8). De melkproductie per koe is 8000 kg per jaar. Het bedrijf is niet helemaal zelfvoorzienend en moet wat ruwvoer aankopen. Dit gebeurt in de vorm van snijmaïs. De koeien worden in de zomer beperkt geweid en krijgen 6 kg DS bijvoeding uit snijmaïs per dag.

De snijmaïsteelt vindt plaats in continue teelt met een vanggewas. Maïsland wordt volgens de norm (180 kg N per ha minus N-min in de bodem) bemest met drijfmest en rijenbemesting uit kunstmest. De loonwerker doet alle werkzaamheden voor de oogst en teelt van snijmaïs. Ook de oogst van gras gebeurt in loonwerk. Werkzaamheden zoals maaien, schudden en harken voert het bedrijf uit in eigen mechanisatie.

Bedrijfskenmerken samengevat:

- Melkquotum: 600.000 kg
- Veestapel: 75 melkkoeien met bijbehorend jongvee
- Intensiteit: 14286 kg melk per ha
- Grasland: 32 ha
- Maïsland: 10 ha
- Graslandgebruikssysteem Beperkt weiden + 6 kg DS bijvoeding uit snijmaïs per dag

3.4.3 Vroegtijdig oogsten

Binnen het gekozen basisbedrijf zijn twee oogststadia voor snijmaïs doorgerekend, het advies oogststadium (36% DS) en een vroeger oogststadium, waarbij twee weken vroeger wordt geoogst. In tabel 16 zijn de uitgangspunten weergegeven die in de berekeningen zijn meegenomen met betrekking tot de snijmaïskuil bij de verschillende oogststadia. De verschillen tussen de beide oogsttijdstippen zijn gebaseerd op onderzoek van Van Schooten et al. (2006) (zie paragraaf 3.3.2).

Tabel 16. **Uitgangspunten snijmaïskuil bij verschillende oogststadia**

	Drogestofgehalte bij inkuilen	
	36	30
Opbrengst (kg DS per ha)	15000	13650
DS-gehalte kuil (gram per kg)	350	290
VEM (per kg DS)	970	957
DVE	54	56
OEB	-40	-42
Conserverings en bewaarverliezen (%)	7	9.5
Vervoederingsverliezen	3	4
Zetmeelgehalte (gram per kg DS)	370	321
Bestendigheid zetmeel (%)	46	36

In tabel 17 zijn voor het gekozen basisbedrijf de gevolgen van het oogsten in een vroeger stadium weergegeven. De zelfvoorzieningsgraad voor ruwvoer daalt met bijna 6% bij twee weken vroeger oogsten. Voor het merendeel wordt dit veroorzaakt door een lagere snijmaïs opbrengst bij oogst en daarnaast door 2,5% extra conserveringsverliezen omdat de maïs natter wordt ingekuuld. Tevens is ingeschat dat er 1% extra vervoederingsverliezen optreden. Door de hogere conserveringsverliezen daalt de VEM-waarde van de kuil met 13 eenheden. De verzadigingswaarde van de nattere maïs is bij 5% (relatief) hoger waardoor er iets minder van opgenomen wordt.

De lagere opbrengst en hogere verliezen van de eigen geteelde snijmaïs worden gecompenseerd door extra aankoop (19,5 ton droge stof) van snijmaïs. Er hoeft geen extra krachtvoer te worden aangekocht. Door de aankoop van de snijmaïs stijgen de voerkosten met bijna €1800,- en daarnaast stijgt ook de post "werk door derden" als gevolg van extra oogstkosten van de aangekochte maïs. Uiteindelijk daalt de arbeidsopbrengst van het bedrijf met ruim €2300,- als gevolg van de twee weken vroegere oogst.

Tabel 17. **Gevolgen van vroeger oogsten op de resultaten in bedrijfsverband**

	Basis (36% DS)	Twee weken vroeger oogsten (30% DS)
<i>Voedervoorziening</i>		
Snijmaïs opbrengst bij inkuilen (kg DS)	150000	-13500
Snijmaïskuil		
- Conserveringsverlies (VEM%)	7	+2.5
- Netto opbrengst (kg DS)	139500	-15967
- VEM/kg DS	970	-13
- DVE/kg DS	54	+2
- OEB/kg DS	-40	-2
- Verzadigingswaarde	0.83	+0.04
- Vervoederingsverlies (DS%)	3	+1
Zelfvoorzieningsgraad (%)	95.2	-5.7
Aankoop snijmaïs (kg DS)	14916	+19533
Aankoop krachtvoer (kg)	158036	+0
<i>Economie</i>		
Voerkosten - ruwvoer (€)	1370	+1793
- krachtvoer (€)	29471	-53
Werk door derden (€)	21516	+647
Arbeidsopbrengst (€)	719	-2345

Binnen BBPR worden rantsoen geoptimaliseerd op basis van VEM-behoefte van de koeien en VEM-waarden van de producten. Uit onderzoek van Zom (2006) zijn duidelijke aanwijzingen gevonden dat een grotere bestendigheid van het zetmeel een positieve invloed heeft op de melkproductie. Wanneer de maïs vroeger wordt geogst, heeft het zetmeel een lagere bestendigheid (zie tabel 16) en dit zal dus een negatief effect

hebben op de melkproductie. Aangezien de bestendigheid van zetmeel niet in het VEM-systeem wordt meegenomen, wordt dit effect ook niet meegenomen in de BBPR-berekeningen. Het effect van vroeger oogsten op de economische resultaten is dus mogelijk wat onderschat. Oogsten in een later stadium resulteert in een hoger zetmeelgehalte en een grotere zetmeelbestendigheid (tabel 16). Een hoger zetmeelgehalte betekent een ruimere zetmeel/celwanden verhouding in de pens van de koe en een grotere zetmeelbestendigheid betekent een verschuiving van de zetmeelvertering van de pens naar de dikke darm van de koe. Van beide effecten wordt verwacht dat dit een positief effect heeft op de methaanemissies uit de pens van de koe (Tamminga et al., 2007). Omgekeerd mag dus verwacht worden dat vroeger oogsten een negatief effect heeft op de methaanemissie. Op dit moment worden er door de Animal Sciences Group verschillende onderzoeken uitgevoerd om o.a. effecten van zetmeel en zetmeelbestendigheid op de emissie van methaan beter te kwantificeren. Ten slotte dient opgemerkt te worden dat vroeger oogsten de kans op perssapp verliezen uit de snijmaïskuilen vergroot. De perssapgrens ligt ongeveer bij 32% DS (zie figuur 10). Uit oogpunt van waterkwaliteit in kader KRW is dit niet wenselijk.

3.4.4 Zeer vroeg ras telen i.p.v. middenvroeg ras

In paragraaf 3.1.2 is vermeld dat door het overstappen van middenvroeg rassen naar zeer vroeg rassen de teelt in het zuidelijk veehouderijgebied op een aanzienlijke oppervlakte twee weken kan worden vervroegd. Zeer vroeg rassen hebben echter gemiddeld een lagere opbrengst dan middenvroeg rassen maar daarnaast een iets hogere VEM-waarde.

Binnen het basisbedrijf zijn de effecten van het telen van een zeer vroeg ras ten opzichte van een middenvroeg ras doorgerekend. In tabel 18 zijn de uitgangspunten weergegeven. De uitgangswaarden voor opbrengst en VEM-waarden zijn gebaseerd op de gemiddelde relatieve waarden van de middenvroeg en zeer vroeg rassengroepen van de Aanbevelende Rassenlijst 2010. Als 100%-niveau voor opbrengst en VEM-waarde is resp. 15000 kg droge stof per ha en 970 VEM per kg droge stof aangehouden. Verder is aangenomen dat de maïs in beide situaties bij hetzelfde DS-gehalte geoogst wordt. Uit de Aanbevelende Rassenlijst blijkt dat het gemiddelde zetmeelgehalte van beide rasgroepen dan ongeveer gelijk is.

Tabel 18. **Uitgangspunten snijmaïskuil bij middenvroeg en zeer vroeg ras**

	Middenvroeg	Zeer vroeg
Opbrengst (kg DS per ha)	15780	14685
DS-gehalte kuil (gram per kg)	350	350
Voederwaarde per kg DS - VEM	962	980
- DVE	55	55
- OEB	-40	-40
Conserverings en bewaarverliezen (%)	7	7
Vervoederingsverliezen (%)	3	3

De gevolgen op bedrijfsniveau van het telen van een zeer vroeg ras in plaats van een middenvroeg ras zijn weergegeven in tabel 19. Door de lagere opbrengst van een zeer vroeg ras ten opzichte van een middenvroeg ras, daalt de zelfvoorzieningsgraad voor ruwvoer met ruim 1,3%. Door de hogere voederwaarde van het zeer vroeg maïsras krijgen de koeien er in het tweede deel van de lactatie wat minder van bijgevoerd. Hierdoor hoeft maar een deel van de lagere opbrengst gecompenseerd te worden door extra aankoop. Er is nauwelijks verschil in aankoop van krachtvoer tussen de beide situaties. Door de aankoop van de snijmaïs stijgen de voerkosten met circa €400,- en daarnaast stijgt ook de post "werk door derden" als gevolg van extra oogstkosten van de aangekochte maïs. Uiteindelijk daalt de arbeidsopbrengst van het bedrijf met circa €750,- als gevolg van het telen van een zeer vroeg ras in plaats van een middenvroeg ras.

Tabel 19. Gevolgen van het telen van zeer vroeg ras ten opzichte van middenvroeg ras

	Middenvroeg ras	Zeer vroeg ras
<i>Voedervoorziening</i>		
Snijmaïs opbrengst bij oogst (kg DS)	157800	-10950
Snijmaïskuil		
- Conserveringsverlies (VEM%)	7	+0
- Netto opbrengst (kg DS)	146754	-10183
- VEM/kg DS	962	+18
- DVE/kg DS	55	+0
- OEB/kg DS	-40	+0
- Verzadigingswaarde	0.83	+0.0
Vervoeding – DS-verlies (%)	3	+0
Zelfvoorzieningsgraad (%)		
	97.8	-1.3
Aankoop snijmaïs (kg DS)		
	7625	+4367
Aankoop krachtvoer (kg)		
	158036	-102
<i>Economie</i>		
Voerkosten - ruwvoer (€)	700	+401
- krachtvoer (€)	29439	-69
Werk door derden (€)	21307	+363
Arbeidsopbrengst (€)		
	1631	-756

3.5 Effect op het stikstofverlies en de N-gebruiksnorm

3.5.1 Inleiding

Uit veldonderzoek blijkt dat vanggewassen de uitspoeling van nitraat onder snijmaïsland kunnen beperken (Schröder et al., 1996). Hoe vroeger snijmaïs geoogst wordt, des te beter de groeikansen voor een vanggewas. Daar staat tegenover dat een vroegere oogst het groeiseizoen van snijmaïs bekort en daarom in beginsel ten koste gaat van de opbrengst aan droge stof en stikstof (N). Omdat de opname van N vooruitloopt op de vorming van droge stof, lijdt de N-opbrengst van snijmaïs minder onder een vroege oogst dan de drogestofopbrengst. Om te kunnen zeggen hoe al deze, deels tegengestelde, effecten uitwerken op de verliezen van stikstof naar het grondwater, zijn berekeningen nodig. Deze berekeningen hebben plaatsgevonden met het rekenmodel dat eerder door de CDM-WOG gebruikt is om te verkennen of Nederland aanspraak kan maken op een verruimd gebruik van rundveemest op melkveebedrijven ('derogatie EU Nitraatrichtlijn'). Dit model is in detail beschreven in Schröder et al. (2007, 2009). Het model berekent niet alleen effecten op het niveau van individuele gewassen (i.c. snijmaïs), maar ook op het niveau van het gehele melkveebedrijf als een gewogen gemiddelde van het snijmaïsland en het grasland.

3.5.2 Werkwijze

Tabel 20 geeft aan hoe het effect van een gewijzigde oogstdatum van snijmaïs op de N-opbrengst van een vanggewas en op de drogestof- en N-opbrengst van snijmaïs is ingeschat. De onderbouwing van deze schattingen is beschreven in de paragraaf 3.2 van dit rapport.

Vervolgens is de voorliggende vraag van twee kanten benaderd. Allereerst is nagegaan wat N-giften in de vorm van rundveedrijfmest (N/P₂O₅ ratio 2,8) en kunstmest zouden moeten zijn om op gewasniveau (snijmaïs) of op bedrijfsniveau (30% snijmaïs, 70% grasland) precies te voldoen aan een fosfaatoverschot van 0 kg per ha en een nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van hoogstens 11,3 mg nitraat-N per liter (ofwel 50 mg NO₃ per liter). Dit is gedaan voor een natte zandgrond (Gt IV) en een droge zandgrond (Gt VII) voor bedrijven met een gemengd graslandgebruik van maaien en weiden. Voor berekeningen op het niveau van een regio is aangenomen dat natte en droge zandgronden voorkomen in een verhouding van

ongeveer 70:30, zoals geïndiceerd door Dienst Regelingen (Van Dijk & Schröder, 2007). Overeenkomstig de analyse van Aarts et al. (2009) is verder aangenomen dat de groeiomstandigheden en de managementkwaliteiten zich tussen de parameterinstellingen 'goed' en 'redelijk' bevinden. Het maximale N-opbrengstniveau van snijmaïs is ingesteld op 190 kg N per ha, in overeenstemming met de proeven die de grondslag voor tabel 20 vormen.

In tweede instantie is ook berekend tot welk fosfaatoverschot en nitraatconcentratie de gebruiksnormen zullen leiden die in het 4^e Nitraatrichtlijn Actieprogramma zijn opgenomen (LNV, 2009). Daarbij is gerekend met de voorziene N-gebruiksnormen voor 2012-2013 (250 kg N per ha voor grasland dat ook geweid wordt en 140 kg N per ha voor snijmaïsland) en is aangenomen dat snijmaïsland maximaal 170 kg mest-N per ha ontvangt. Dat betekent dat aan het grasland van bedrijven met een derogatie 284 kg mest-N per ha kan worden toegediend omdat dit op bedrijfsniveau nog steeds de grens van 250 kg mest-N per ha respecteert. Als N-werkingscoëfficiënt van drijfmest op het maïsland van weidende bedrijven, is niet de toegestane werking van 45% gebruikt, maar de bouwlandwerking van 60%. Dat betekent dat binnen de snijmaïsgebruiksnorm iets minder kunstmest-N gegeven hoeft te worden en deze N naar het grasland kan worden overgeheveld omdat het grasland naar verwachting sterker reageert op N-tekorten dan snijmaïs. De resulterende mest- en kunstmestgiften staan vermeld in tabel 21. De resultaten van deze set berekeningen zijn op twee manieren weergegeven: in de vorm van de feitelijke uitkomsten (opbrengsten, milieuresultaten), maar ook in de vorm van de kilogrammen N gebruikruimte die met de teelt van een vanggewas kunnen worden behouden.

Tabel 20. **De absolute N-opbrengst van een vanggewas (boven- en ondergronds) en de absolute en relatieve drogestof- en N-opbrengst van snijmaïs, in relatie tot het oogstdatum van snijmaïs**

Oogstdatum van snijmaïs en zaaidatum vanggewas	Opbrengst van:				
	Snijmaïs				Vanggewas
	Absoluut		Relatief		Absoluut
	Drogestof (ton per ha)	N (kg per ha)	Drogestof (%)	N (%)	N (kg per ha)
1 september	12,28	177	84,9	94,3	65
10 september	13,48	184	93,2	97,8	48
20 september	14,19	187	98,1	99,7	34
30 september	14,46	188	100,0	100,0	20
10 oktober	14,37	186	99,4	99,1	9
20 oktober	14,04	183	97,1	97,4	1

Tabel 21. **Aangenomen verdeling van drijfmest en kunstmest (kg N per ha) op een melkveebedrijf met 30% snijmaïs en 70% grasland, binnen de toegestane gebruiksnormen voor mest en kunstmest zoals voorzien voor zand- en loessgronden in 2012-2013 (LNV, 2009)**

Gewas	Bedrijfsysteem	N-gift	
		Mest	Kunstmest
Gras	Maaien en weiden	284	133
Snijmaïs		170	38
Bedrijf	Maaien en weiden	250	105

3.5.3 Resultaten

3.5.3.1 Vanuit milieudoel terugredenerend naar toelaatbare giften

Om op een droge zandgrond te kunnen voldoen aan een nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van hooguit 11,3 mg nitraat-N per liter (50 mg NO₃ per liter) en een fosfaatoverschot van 0 kg per ha, kan veel minder mest worden toegediend dan nodig is vanuit de gewasbehoefte. Dit is vooral het geval bij een vroege oogstdatum. De benodigde korting van de mestgift is echter 47 kg mest-N per ha minder ('10 m³ mest per ha') als een vanggewas geteeld wordt. De derving aan opbrengst is dan vanzelfsprekend ook geringer. Naarmate de maïs later geoogst wordt, neemt de N-opbrengst van de maïs toe (bijvoorbeeld omdat dan een later afrijpend ras gekozen kan worden), maar nemen de groeikansen van het vanggewas wel af. Per saldo kan op een droge zandgrond, volgens de berekeningen, beter vroeg geoogst worden ('eerste decade van september') in combinatie met een krachtig vanggewas dan laat geoogst ('na half september') met een matig vanggewas (tabel 22).

Tabel 22. **Toelaatbare mest- en kunstmestgift op snijmaïsland en de realiseerbare stikstof- en fosfaat opbrengst van snijmaïs op een droge zandgrond (Gt VII), als functie van de oogstdatum van de maïs en het al dan niet telen van een vanggewas**

Vanggewas na maïs	Oogstdatum van maïs	Milieu		Gift		Opbrengst	
		nitraat (mg N per l)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)	mest (kg N per ha)	kunstmest (kg N per ha)	stikstof (kg N per ha)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)
Nee	1 sept	11,3	0	110	28	110	41
Ja	1 sept	11,3	0	159	29	157	58
Ja	10 sept	11,3	0	157	29	156	58
Ja	20 sept	11,3	0	152	29	151	56
Ja	30 sept	11,3	0	141	29	140	52
Ja	10 okt	11,3	0	129	28	129	48
Ja	20 okt	11,3	0	118	28	118	44

Op natte zandgronden komt een veel kleiner deel van het N-overschot uiteindelijk als nitraat in het grondwater terecht. Als gevolg daarvan hoeft niet op de mestgift gekort te worden om aan een nitraatconcentratie van maximaal 11,3 mg N per liter te kunnen voldoen. Vanggewassen geven wel een verdere verlaging van de nitraatconcentratie. Ook bij een late oogstdatum zonder geslaagd vanggewas kan op natte zandgrond echter nog aan de gewenste nitraatconcentratie worden voldaan. De simulaties geven een lichte aanwijzing dat de opbrengst van snijmaïs (en daarmee de plaatsingsruimte voor mest bij een beoogd fosfaatoverschot van 0 kg per ha) het hoogst is bij een oogst eind september (tabel 23).

Tabel 23. **Toelaatbare mest- en kunstmestgift op snijmaïsland en de realiseerbare stikstof- en fosfaat opbrengst van snijmaïs op een natte zandgrond (Gt IV), als functie van de oogstdatum van de maïs en het al dan niet telen van een vanggewas**

Vanggewas na maïs	Oogstdatum van maïs	Milieu		Gift		Opbrengst	
		nitraat (mg N per l)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)	mest (kg N per ha)	kunstmest (kg N per ha)	stikstof (kg N per ha)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)
Nee	1 sept	10,5	0	169	78	168	62
Ja	1 sept	6,3	0	169	38	168	62
Ja	10 sept	6,9	0	176	44	174	64
Ja	20 sept	7,5	0	179	50	177	66
Ja	30 sept	8,4	0	180	58	178	66
Ja	10 okt	9,2	0	178	66	176	65
Ja	20 okt	9,9	0	175	73	173	64

Tot hier richt de analyse zich op de effecten op snijmaïs binnen een grondsoort. Als echter vertrokken wordt vanuit de vooralsnog gehanteerde veronderstelling dat milieudoelen niet *per se* gerealiseerd moeten worden op het niveau van individuele velden, maar op het niveau van een sector (i.c. het melkveebedrijf)

binnen een regio (met een bepaalde verhouding tussen natte en droge gronden), dan is het effect van vanggewassen en oogstdatum geringer (tabel 24). Wat dan overblijft, is een lichte aanwijzing dat een oogstdatum rond 20 september in combinatie met een bijgevolg redelijk geslaagd vanggewas, de opbrengst en mestplaatsingsruimte maximaliseert.

Tabel 24. **Toelaatbare, gemiddelde mest- en kunstmestgift op snijmaïsland en grasland tezamen en de gemiddelde, realiseerbare stikstof- en fosfaat opbrengst van ruwvoer (snijmaïs plus grasland) op een gemiddelde zandgrond (70% Gt IV en 30% Gt VII), als functie van de oogstdatum van de maïs en het al dan niet telen van een vanggewas, bij een gemengd graslandgebruik van maaien en weiden**

Vanggewas na maïs	Oogstdatum van maïs	Milieu		Gift		Opbrengst	
		nitraat (mg N per l)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)	mest (kg N per ha)	kunstmest (kg N per ha)	stikstof (kg N per ha)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)
Nee	1 sept	11,3	0	221	141	254	78
Ja	1 sept	11,3	0	226	148	260	79
Ja	10 sept	11,3	0	227	147	261	80
Ja	20 sept	11,3	0	228	146	261	80
Ja	30 sept	11,3	0	227	144	261	80
Ja	10 okt	11,3	0	225	143	259	80
Ja	20 okt	11,3	0	223	141	255	78

3.5.3.2 Vanuit gebruiksnormen 2012-2013 de milieuprestaties voorspellen

Het model voorspelt dat de voor 2012-13 voorziene gebruiksnormen op droge zandgrond een overschrijding van de nitraatconcentratiedoelstelling geeft onder snijmaïsland (tabel 25), terwijl dit op natte zandgrond niet het geval is (tabel 26). De teelt van een geslaagd vanggewas verlaagt de nitraatconcentratie, maar op droge zandgrond nog niet voldoende. Op het niveau van een regio als geheel kan met de voorziene gebruiksnormen aan de vereiste nitraatconcentratie voldaan worden (tabel 27). Het model indiceert dat de kans hierop kleiner wordt naarmate de oogstdatum later gekozen wordt en het vanggewas minder goed slaagt.

In tabel 28, tenslotte, is aangegeven wat de nitraatconcentratie onder snijmaïsland bedraagt zonder en met de teelt van een vanggewas en hoeveel minder de N-gebruiksnorm voor snijmaïs zou moeten bedragen om zonder vanggewas op de nitraatconcentratie uit te komen die met vanggewas gerealiseerd zou worden. Deze verlaging van de gebruiksnorm weerspiegelt de als het ware de waarde van een geslaagd vanggewas in termen van de mogelijkheid om N aan te wenden.

Tabel 25. **Voorspelde milieuprestaties en voorspelde stikstof- en fosfaatopbrengst op snijmaïsland op een droge zandgrond (Gt VII), als functie van de oogstdatum van de maïs en het al dan niet telen van een vanggewas**

Vanggewas na maïs	Oogstdatum van maïs	Gift:		Opbrengst		Milieu	
		mest (kg N per ha)	kunstmest (kg N per ha)	stikstof (kg N per ha)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)	nitraat (mg N per l)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)
Nee	1 sept	170	38	144	53	18,5	9
Ja	1 sept	170	38	168	62	13,2	0
Ja	10 sept	170	38	168	62	13,3	0
Ja	20 sept	170	38	165	61	13,8	1
Ja	30 sept	170	38	160	59	14,9	3
Ja	10 okt	170	38	155	57	16,2	5
Ja	20 okt	170	38	149	55	17,4	7

Tabel 26. **Voorspelde milieuprestaties en voorspelde stikstof- en fosfaatopbrengst op snijmaïsland op een natte zandgrond (Gt IV), als functie van de oogstdatum van de maïs en het al dan niet telen van een vanggewas**

Vanggewas na maïs	Oogstdatum van maïs	Gift		Opbrengst		Milieu	
		mest (kg N per ha)	kunstmest (kg N per ha)	stikstof (kg N per ha)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)	nitraat (mg N per l)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)
Nee	1 sept	170	38	144	53	8,9	0
Ja	1 sept	170	38	168	62	6,4	0
Ja	10 sept	170	38	168	62	6,4	0
Ja	20 sept	170	38	165	61	6,7	1
Ja	30 sept	170	38	160	59	7,2	3
Ja	10 okt	170	38	155	57	7,8	5
Ja	20 okt	170	38	149	55	8,4	7

Tabel 27. **Voorspelde gemiddelde milieuprestaties en voorspelde gemiddelde stikstof- en fosfaatopbrengst van het snijmaïsland en grasland tezamen op een gemiddelde zandgrond (70% Gt IV en 30% Gt VII), als functie van de oogstdatum van de maïs en het al dan niet telen van een vanggewas, bij een gemengd graslandgebruik van maaien en weiden**

Vanggewas na maïs	Oogstdatum van maïs	Gift		Opbrengst		Milieu	
		mest (kg N per ha)	kunstmest (kg N per ha)	stikstof (kg N per ha)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)	nitraat (mg N per l)	fosfaat (kg P ₂ O ₅ per ha)
Nee	1 sept	250	105	250	76	11,5	12
Ja	1 sept	250	105	257	79	10,4	9
Ja	10 sept	250	105	257	79	10,4	9
Ja	20 sept	250	105	256	79	10,6	10
Ja	30 sept	250	105	255	78	10,7	10
Ja	10 okt	250	105	253	78	11,0	11
Ja	20 okt	250	105	251	77	11,3	11

Tabel 28. **Voorspelde vermindering van de N-gebruiksnorm op snijmaïs om zonder teelt van een vanggewas op eenzelfde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater uit te komen als met de teelt van een vanggewas, als functie van de grondsoort en de oogstdatum van de snijmaïs**

Grondsoort	Oogstdatum snijmaïs	Vanggewas	Gebruiksnorm (kg N per ha)	Vermindering van gebruiksnorm (kg N per ha)	Nitraat (mg N per l)
Natte zandgrond	10 sept	Nee	140		8,4
		Ja	140		6,4
		Nee	95	-45	6,4
	30 sept	Nee	140		8,0
		Ja	140		7,2
		Nee	118	-22	7,2
Droge zandgrond	10 sept	Nee	140		17,3
		Ja	140		13,3
		Nee	95	-45	13,3
	30 sept	Nee	140		16,6
		Ja	140		14,9
		Nee	126	-14	14,9

3.5.3.3 Conclusie

Om in het bovenste grondwater onder snijmaïsland aan een nitraatconcentratiedoelstelling van 11,3 mg N per liter (50 mg NO₃ per liter) te kunnen voldoen, moet op droge zandgrond minder mest gegeven worden dan gewenst vanuit een opbrengstoogpunt. Simulatiestudies geven aan dat de teelt van een geslaagd vanggewas deze korting kan helpen beperken. Afhankelijk van de grondsoort en oogstdatum (lees: mogelijke inzaaidatum van het vanggewas) heeft de teelt van een geslaagd vanggewas eenzelfde effect als een vermindering van de gebruiksnorm met 15-45 kg N per ha. Om een vanggewas te laten slagen, moet de snijmaïs tijdig het veld ruimen, ook al kost dat enige opbrengst. Oogsten in de eerste decade van september lijkt het beste compromis. Op natte zandgrond bestaat er minder noodzaak voor het telen van een vanggewas, omdat de nitraatconcentratie in het grondwater daar ook zonder vanggewas al aan de norm voldoet.

3.6 Praktische knelpunten van een vanggewas na snijmaïs

In de praktijk is het niet ongebruikelijk om maïs te telen na grasland. Hierbij wil men in het voorjaar eerst nog een snede gras winnen. Hetzelfde geldt soms bij aanwezigheid van een grasachtig vanggewas. Deze voederwinning heeft een verlatend effect op het zaaitijdstip van de maïs. Verlating vloeit ook voort uit het feit dat middelen die gebruikt worden om graszode dood te spuiten, pas wat later in het voorjaar voldoende goed werken. In de praktijk acht men het verbod om gras in het najaar te mogen scheuren dan ook mede verantwoordelijk voor het niet tijdig inzaaien van maïs omdat daardoor meer maïs na gras wordt geteeld. In de overige gevallen, echter, zaait de praktijk op tijd. Het blijkt niet mogelijk om een goede schatting te maken van de verhouding tussen oppervlak waar eerst nog een snede gewonnen wordt en van 'normale' inzaai. Een inventarisatie kan hier meer informatie opleveren.

Mede door de ervaring van het natte najaar in 2010 vindt in de praktijk een verschuiving naar vroegere rassen plaats. Het toenemen van het opbrengend vermogen van vroegere rassen zoals weergegeven in de nieuwste rassenlijst, zal dit versterken. Wanneer meer vroege rassen worden geteeld, zal het oogstmoment naar voren schuiven. Hierdoor neemt de kans op een tijdige oogst en daardoor tijdiger inzaai van vanggewassen toe. Maïs neemt in deze situatie iets minder stikstof op (5-10 kg) terwijl de mineralisatie doorgaat. Daar staat tegenover dat de vanggewassen gemiddeld ook beter zullen slagen en meer stikstof op zullen nemen. Op dit moment bestaat er overigens geen wettelijke prikkel om vanggewassen vroeger te zaaien.

4 Discussie en conclusies

4.1 Discussie

4.1.1 Consumptieaardappelen

In principe zou er op 2.200 ha ofwel 18% van het aardappelareaal in het zuidelijk zandgebied (de vroege aardappelen en pootaardappelen) tijdig een vanggewas kunnen worden gezaaid, zonder dat er knelpunten in de logistiek, arbeid en beschikbare capaciteit optreden. Voor de praktijk is een belangrijk argument om geen vanggewas na aardappel te telen, dat dan geen effectieve bestrijding van aardappelopslag mogelijk is en dat de besmettingsgraad in de bodem van plantparasitaire aaltjes toeneemt.

Op zich zou er een groter areaal vroege aardappelen voor de verwerkende industrie kunnen worden verbouwd in Zuidoost Nederland, maar dat is momenteel financieel niet aantrekkelijk. De verwerkende industrie haalt nu in juli en augustus veel vroege aardappelen uit het Duitse Rijngebied. Ze zijn daar vroeger (er wordt al eerder een hogere opbrengst bereikt) dan in het zuidelijk zandgebied van Nederland. Voor de Nederlandse telers is het economisch alleen interessant als ze voor de vroege aardappelen een hogere prijs per kg krijgen. Duitse telers nemen voor de vroege aardappelen met een lagere prijs genoegen, omdat de opbrengsten op dat moment daar hoger zijn dan in Nederland.

Om ook op een deel van het areaal dat na 1 september wordt gerooid nog een redelijk N-vanggewas te kunnen telen, kunnen vervroegingsmaatregelen worden genomen. Het gaat daarbij om het eerder rooien van aardappelen die al wel zijn afgehard en om 'groen rooien'. Op die manier wordt geschat dat nog eens 1.500 ha aardappelen al vroeg in september zijn te rooien (ofwel 13% van het areaal aardappelen in het zuidelijk zandgebied). Een gevolg is wel dat er in een kortere periode meer aardappelen moeten worden geoogst en verwerkt en daar is de huidige verwerkingscapaciteit van de verwerkende industrie niet op berekend.

Voor de resterende 70% van het areaal is een drastischer vervroegingsmaatregel nodig, zoals voortijdige loofdoding. De financiële opbrengstderving die hiermee gepaard gaat, bedraagt naar schatting circa €450-500,- per ha als nog 50% van het loof groen is en circa €900-1000,- per ha als nog 100% van het loof groen is (paragraaf 2.6.4). Voortijdig loof doden heeft alleen zin als het wordt gecombineerd met andere vervroegingsmaatregelen, zoals bijvoorbeeld het geven van minder stikstof. Het heeft onder die omstandigheid immers geen zin om het loof zo lang mogelijk met extra stikstof groen te houden.

Vroegrijpende rassen kunnen in principe ook bijdragen aan vervroeging van de oogst, maar vroegrijpheid gaat niet altijd samen met andere gewenste eigenschappen. De rassenkeuze hangt nog van vele andere raseigenschappen af, die verband houden met bewaarbaarheid, de bestemming van de aardappelen (teelt doel) en de specifieke teeltomstandigheden. Verder hebben vroegrijpende rassen een hogere stikstofbehoefte dan laatrijpende rassen, voeren ze niet meer stikstof af en is derhalve het stikstofoverschot hoger. De teelt van een vroegrijpend ras dat begin september afsterft en medio september wordt geoogst, leidt door de kortere groeiperiode tot een lagere knolopbrengst dan de teelt van een laatrijpend ras dat begin oktober wordt geoogst.

Naast bovengenoemde inkomstderving treden ook kosten op in de vorm van de teeltkosten van een vanggewas zelf. Voor een grasachtig vanggewas bedragen deze circa €150,- per ha (naar Schreuder et al., 2009). Ondanks deze dervingen en kosten kan de teelt van een vanggewas in beginsel toch zinvol zijn omdat alternatieven om aan de nitraatnorm te kunnen voldoen, financieel onaantrekkelijker zijn. Zo geven modelberekeningen (paragraaf 2.7) aan dat een aardappelteelt die vervroegd is door tijdige rooi van al afgeharde knollen en groenrooien, de benodigde korting op de N-gebruiksnorm op gewasniveau met circa 10 procentpunten zou kunnen beperken.

Afhankelijk van het verschil in hoogte van N-korting op de N-gebruiksnorm van aardappel die wordt opgelegd om aan de nitraatnorm te voldoen voor een situatie met of zonder vanggewas, kan het financieel aantrekkelijk zijn om op het deel van het aardappelareaal dat vóór half september wordt geoogst (inclusief het vervroegde deel van de middenoogst), een vanggewas te telen.

Uit de modelberekeningen blijkt dat de teelt van een vanggewas op perceelsniveau het meeste effect heeft op de reductie van niraatuitspoeling na het areaal vroege oogst en het aandeel van de middenoogst dat eerder kan worden gerooid zonder vervroegingsmaatregelen. Dit betreft ruim 30% van het totale aardappelareaal in het zuidelijk zandgebied. Op de resterende 70% van het aardappelareaal zal voortijdige loofdoding moeten plaatsvinden om vroegtijdig te kunnen rooien, maar dit levert geen reductie van niraatuitspoeling op als gevolg van een lagere N-afvoer met het oogstproduct. Op dat deel van het areaal is teeltvervroeging daarom geen zinvolle maatregel om de niraatuitspoeling te verminderen. Op gewasniveau verlaagt de teelt van een N-vanggewas na aardappel de niraatconcentratie onder aardappelland gemiddeld van 94 naar 90 mg niraat per liter. Aardappelen beslaan in het zuidelijk zandgebied 17% van het areaal akker- en tuinbouwgewassen. Op regionaal bouwplanniveau verlaagt de teelt van een N-vanggewas na aardappel de niraatconcentratie met 1 mg per liter. De teelt van een vanggewas na aardappel levert daardoor zo goed als geen extra N-gebruiksruimte op. Hoewel aardappelen qua areaal het grootste AT-gewas op zuidelijk zand vertegenwoordigen, hebben maatregelen ter beperking van de niraatuitspoeling bij één enkel gewas op gebiedsniveau een kleiner effect dan op gewasniveau.

4.1.2 Snijmaïs

Met de N-gebruiksnorm van 2012/2013 zullen melkveebedrijven op zandgrond, gemiddeld, naar verwachting kunnen voldoen aan de niraatnorm. Bij het vaststellen van de gebruiksnorm is echter wel uitgegaan van een succesvolle teelt (40 kg N per ha) van vanggewassen na snijmaïs (Schröder et al., 2009). In de praktijk, echter, worden vanggewassen doorgaans te laat gezaaid om een dergelijke N-vastlegging te realiseren.

Vervroegingsmaatregelen in het voorjaar of verlaging van de stikstofbemesting bieden geen of weinig perspectief om de maïs oogst te vervroegen en zo de inzaai van vanggewassen te bespoedigen.

Vervroeging in het najaar door eerder te oogsten bij een 50 cm langere stoppellenlengte kan de oogst een week vervroegen, maar daardoor daalt de voederwaardeopbrengst circa 10% en blijft circa 4-6 kg N per ha per 10 cm stoppellenlengte achter op het land. Vervroeging van de oogst van 1 tot 2 weken door de teelt onder folie kost €225,- tot €300,- per ha, de positieve effecten op opbrengst en zetmeelgehalte compenseren de kosten niet. De meest perspectiefvolle maatregel om de snijmaïsoogst te vervroegen, lijkt de teelt van vroegere rassen. Met het telen van zeer vroege rassen in plaats van middenvroegere rassen kan de maïs oogst op circa 50% van het maïsareaal in het zuidelijk veehouderijgebied en 25-30% in het oostelijk veehouderijgebied circa twee weken worden vervroegd. Dit gaat dan wel gepaard met circa 7% opbrengstdaling omdat vroege rassen een korter groeiseizoen hebben.

Uit simulatieberekeningen blijkt dat een vroegere oogst in combinatie met een geslaagd vanggewas de niraatuitspoeling substantieel vermindert. Afhankelijk van de grondsoort en oogstdatum (lees: mogelijke inzaaidatum van het vanggewas) heeft de teelt van een geslaagd vanggewas eenzelfde effect als een vermindering van de gebruiksnorm met 15-45 kg N per ha. Om een vanggewas te laten slagen, moet de snijmaïs tijdig het veld ruimen, ook al kost dat enige opbrengst. Oogsten in de eerste decade van september lijkt het beste compromis.

Samenvattend:

- Het is technisch en qua beschikbaarheid van rassen mogelijk om snijmaïs op circa 50% van het maïsareaal in het zuidelijk veehouderijgebied en op 25-30% in het oostelijk veehouderijgebied met circa 2 weken te vervroegen.
- De benodigde vervroeging gaat gepaard met een opbrengstderving van circa 7%. In geval van het in dit rapport beschreven basisbedrijf resulteert dit in een daling van het arbeidsinkomen van circa €750,-
- Daar staat tegenover dat het aldus gerealiseerde, geslaagde vanggewas eenzelfde niraatconcentratie kan bewerkstelligen als die zonder vanggewas alleen via een vermindering van de N-gebruiksnorm met 14-45 kg N per ha bewerkstelligd had kunnen worden. Dat komt omdat een vanggewas, mits tijdig gezaaid, circa 40 kg N per ha voor uitspoeling behoedt en naar schatting 25 kg N per ha ten goede laat komen aan een volgteelt. Op natte zandgrond treden deze effecten ook op maar daar zijn vanggewassen na snijmaïs niet strikt nodig om aan de niraatnorm te kunnen voldoen. Hierbij zij nog opgemerkt dat bij het vaststellen van de N-gebruiksnormen voor snijmaïs reeds is uitgegaan van de

teelt van zo'n geslaagd vanggewas.

- Op het niveau van de melkveehouderij in het zandgebied als geheel, wordt het verlagende effect dat een vanggewas op de nitraatuitspoeling heeft (bij de N-gebruiksnorm 2012/2013 overeenkomend met een verlaging van 2-5 mg nitraat-N per liter onder snijmaïs, afhankelijk van het type zandgrond) voor een aanzienlijk deel teniet gedaan omdat tegenover iedere 3 hectare snijmaïsland circa 7 hectare grasland staan.

In het voorgaande is benadrukt dat alleen een tijdige maïsoogst leidt tot een betekenisvolle N-opname in vanggewassen. De benutting van N met behulp van vanggewassen wordt echter niet alleen door een vroege maïsoogst bepaald, maar ook door het beheer van het vanggewas zelf. Zo is het nodig om winterharde soorten en een hoge zaaidichtheid te kiezen en kan de vernietiging van het vanggewas het beste vroeg in het voorjaar plaatsvinden, voordat er hergroei en stikstofopname optreedt (niet eerder dan eind februari en niet later dan begin april). Laten hergroeien van het vanggewas en pas later in het voorjaar inwerken (kort voor zaai van de maïs), leidt niet tot een hogere stikstofbeschikbaarheid voor de volgteelt maïs. Gelijktijdig met de onderhavige deskstudie heeft een deskstudie plaatsgevonden naar het optimale inwerktijdstip na de winter van een winterhard vanggewas; de bevindingen hiervan zijn weergegeven in Van Geel et al. (2010).

4.2 Conclusies

Oogstvervroeging van consumptieaardappel in het zuidelijk zandgebied in combinatie met de teelt van een N-vanggewas levert op gewasniveau volgens de scenarioberekeningen met het WOG-AT-model een reductie van 4 mg NO₃ per liter (nitraatuitspoeling) op. Ook als er vanggewassen worden ingezaaid na andere gewassen in het bouwplan die tijdig worden geoogst, zal de nitraatnorm bij het huidige regionaal bouwplan en de N-gebruiksnormen van 2012/2013 niet worden gehaald. In het intensieve bouwplan op zuidelijk zand is (te) weinig ruimte voor tijdig gezaaide vanggewassen.

Oogstvervroeging van aardappelen levert verder praktische, logistieke en fytosanitaire knelpunten op.

Een vroege oogst van snijmaïs in combinatie met een vanggewas vermindert volgens de modelberekening de nitraatuitspoeling substantieel. De snijmaïs moet daartoe tijdig het veld ruimen om een vanggewas te laten slagen. Oogsten in de eerste decade van september lijkt het beste compromis, al kost dit opbrengst (circa 7%). De meest perspectievolle maatregel om de snijmaïsoogst te vervroegen, lijkt de teelt van vroegere rassen. Op droge zandgrond is de noodzaak voor het telen van een vanggewas het hoogst, gezien vanuit het oogpunt van nitraatuitspoeling naar het grondwater. In die situatie kan de teelt van een geslaagd vanggewas volgens modelberekeningen de benodigde korting om aan de nitraatnorm te voldoen met 47 kg mest-N per ha verkleinen.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., C.H.G. Daatselaar & G. Holshof (2008). Bemesting, meststofbenutting en opbrengst van productiegrasland en snijmaïs op melkveebedrijven. Rapport 208, Plant Research International, Wageningen, 50 pp.
- Alem, van G.A.A. & A.T.J. van Scheppingen (1993). The development of a farm budgeting program for dairy farm. Proceedings XXV CIOSTA-CIGR v congress, p. 326-331.
- Baert, J. & L. Carlier (1988). Kuilmaïs, gezaaid onder plastic folie, in Vlaanderen. Landbouwtijdschrift 41, p. 1083-1092.
- Bremer & P. Kuikman (1997). Influence of competition for nitrogen in soil on net mineralization of nitrogen. Plant and Soil 190, p. 119-126.
- Bus, C.B. (2009). Vervroeging gewasgroei bij biologische aardappelen: kennisuitwisseling en onderzoek naar vervroeging van de gewasgroei en kieming van verschillende rassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (projectnr. 3250105808), Lelystad, 44 pp.
- Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2009). Advies fritesrassen en aardappelrassen met een hoge en een lage stikstofnorm. Bijlage bij de WOT-brief met kenmerk 09/N&M0079 van 4 september 2009, 13 pp.
- Commissie Samenstelling Aanbevelende Rassenlijst (2010). Aanbevelende Rassenlijst Veehouderij 2010, 85^e jaargang. Plantum NL, Gouda.
- Demmel, M., O. Hahnenkamm & M. Peterreins (2002). Höhere Erträge durch bessere Standortverteilung? Versuchsergebnisse zur Gleichstandsart von Mais. In: Mais 1/2002, p. 4-7.
- Dueck, Th. A., C. van Dijk & H.G. van der Meer (2001). Neglected emissions of NO_x and NH_y. Note 60. Plant Research International, Wageningen, The Netherlands, 28 pp.
- 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)*
- Dijk, W. van, S. Burgers, H.F.M. ten Berge, A.M. van Dam, W.C.A. van Geel & J.R. van der Schoot (2007). Effecten van een verlaagde stikstofbemesting op marktbaar opbrengst en stikstofopname van akker- en tuinbouwgewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO 366), Lelystad, 186 pp.
- Dijk, W. van & J.J. Schröder (2007). Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten. Rapport 371. PPO-AGV, Lelystad, 68 pp.
- Dijk, W. van, E. Brommer & G. Korthals (2006). (On)mogelijkheden van stikstofvanggewassen na maïs op akkerbouwbedrijven. Projectnr. 32 500229 00. PPO-AGV, Lelystad, 16 pp.
- Dijk, W. van, T. Baan Hofman, K. Nijssen, H. Everts, A.P. Wouters, J.G. Lamers, J. Alblas & J. van Bezooijen (1996). Effecten van maïs- gras vruchtwisseling. PAGV-verslag nr. 217, PAGV Lelystad, 140 pp.
- Dijk, W. van, J.J. Schröder, L. ten Holte & W.J.M. de Groot (1995a). Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Verslag van onderzoek op ROC Aver-Heino tussen voorjaar 1991 en najaar 1994. Proefstation voor Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, verslag nr. 201, Lelystad, 97 pp.
- Dijk, W. van, H. van Schooten, M. van Walbeek & S. Postma (1995b). Deltazaai beïnvloed opbrengst en kwaliteit snijmaïs nauwelijks. Praktijkonderzoek 95-2. Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen, Lelystad, p. 48-51.
- Enckevort, P.L.A. van, J.R. van der Schoot & W. van den Berg (2002). Relatie tussen N-overschot en N-uitspoeling. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (projectrapport 1125234), Lelystad, 60 pp.

- Geel, W. van, H. van Schooten & J. Verhoeven (2010). Inwerkijdstip van winterharde vanggewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO nr. 32 50172510), Lelystad, 29 pp.
- Geel, W.C.A. van (2008). Effect verlaging gebruiksnorm en afvoer gewasresten op de nitraatuitspoeling. Deelonderzoek voor Telers Mineraal Paraat uitgevoerd in 2005-2007 binnen project Nutriënten Waterproof. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO nr. 32500181), Lelystad, 72 pp.
- Greenwood D.J., J.J. Neeteson & A. Draycott (1985). Response of potatoes to N-fertilizer: quantitative relations for components of growth. *Plant and Soil* 85, p. 163-183.
- Groten, J. & J.R. van der Schoot (2001). Interaction between variety and environment. In: proceedings European Maize meeting 2001, Dublin, Ireland.
- Groten, J. (2010a). Ongepubliceerde data rassenproeven.
- Groten, J. (2010b). Persoonlijke mededelingen.
- Haan, J. de & W. van Geel (2010). Nutriënten Waterproof. Nitraatnorm op zand vedraagt geen intensieve landbouw. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, projectnr. 32530133), Lelystad, 32 pp.
- Heemst, H.D.J. van, H. van Keulen & H. van Stolwijk (1978). Potentiële productie, bruto- en nettoproductie van de Nederlandse landbouw. Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (Publikatie 085), Wageningen, 25 pp.
- Hoek, J. & J. Paauw (2009). Perspectieven van verschillende gewassen als stikstofvanggewas na de oogst van maïs. PPO, Lelystad, project 3250143300, 19 pp.
- Kaspar, T.C., D.B. Jaynes, T.B. Parkin & T.B. Moorman (2007) Rye cover crop and gamagrass strip effects on NO₃ concentration and load in tile drainage. *J. Environ. Qual.* 36, p. 1503-1511.
- KWIN-Veehouderij 2010-2011 (2010). Livestock Research Wageningen UR, Lelystad. Handboek 13.
- Laarhoven, G.C.P.M. van, M.W.J. Stienezen, H. Everts & A. van den Pol van Dasselaar (2003). Voorjaarsgebruik van vanggewassen. PraktijkRapport Rundvee 41, Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad, 21 pp.
- LNV (2009). Vierde Nederlandse Actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2010-2013), Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 's-Gravenhage, 50 pp.
- Martinez, J. & G. Guiraud (1990). A lysimeter study of the effects of a ryegrass catch crop, during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and on the following crop. *J. Soil Sci.* 94, p. 5-16.
- Meisinger, J.J., W.L. Hargrove, R.L. Mikkelsen, J.R. Williams & V.W. Benson (1991) Effects of cover crops on groundwater quality. In: Hargrove, W.L. (Ed.) *Cover crops for clean water*. Proceedings of an international conference. April 9-11, 1991. Jackson TN. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, p. 57-68.
- Munch, J.M. & G.L. Velthof (2006). Denitrification and agriculture. In: Bothe, H., Ferguson & S.F. Newton (Eds.) *Biology of the Nitrogen Cycle*. Elsevier, p. 331-341.
- Neeteson, J.J., D.J. Greenwood & A. Draycott (1987). A dynamic model to predict yield and optimum nitrogen fertilizer applications rate for potatoes. *Proceedings 262 of the Fertiliser Society*, London, 31 pp.
- Parkin, T.B., T.C. Kaspar & J.W. Singer (2006). Cover crop effects on the fate of N following soil application of manure. *Plant and Soil* 289, p. 141-152.
- Reijneveld, A., J. van Wensem & O. Oenema (2009). Soil organic carbon contents of agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004. *Geoderma* 152, p. 231-238.
- Ridder, D. de (1992). Bewust omgaan met mineralen. Akkerbouw. IKC Akker- en Tuinbouw, Ede, 39 pp.

- Ruijter, F.J. de (2009)/ Ammonia emission from crop residues. In: C. Grignani, M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds). Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop: Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. June, 28th – July, 1st 2009, Turin, Italy, p. 133-134.
- Schans, D.A. van der, W. van Dijk & O. Dolstra (1995). Invloed van plantverdeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstofbenutting door maïs tijdens de jeugdgroei. Verslag nr. 191. Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad.
- Schils, R.L.M., M.H.A. de Haan, J.G.A. Hemmer, A. van den Pol-van Dasselaar, J.A. de Boer, A.G. Evers, G. Holshof, J.C. van Middelkoop & R.L.G. Zom (2007). Dairy Wise, a whole farm model. Journal of Dairy Science 90, p. 5334 - 5346.
- Schils R.L.M., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers & M.H. de Haan (2006). Broeikasgasmodule BBPR. Praktijk Rapport 90. Animal Sciences Group, Lelystad, 51 pp.
- Schoot, J.R. van & W. van Dijk (2001). N- en P-afvoer akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PPO-AGV, Lelystad, 13 pp. + bijlagen.
- Schooten, H.A. van, J.W. Cone, W. van Dijk & R.L.M. Zom (2006). Efficiënt gebruik van snijmaïs Deel 1: invloed rastype en oogststadium op opbrengst, kwaliteit, conservering en voeding. PraktijkRapport Rundvee 84, Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad
- Schreuder, R., M. van Leeuwen, J. Spruijt, M. van der Voort, P. van Asperen & V. Hendriks-Goossens (2009). Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2009. Publicatie: PPO 383. PPO-AGV, Lelystad, 280 pp.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, G.L. Velthof, J.W. Reijs & B. Fraters (2009). Nitrates Directive requires limited inputs of manure and mineral fertilizer in dairy farming systems. Report 222. Plant Research International, Wageningen, The Netherlands, 37 pp.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems (2007). Permissible manure and fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The Netherlands to comply with the Nitrates Directive target. European Journal of Agronomy 27, p. 102-114.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems (2004). Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Plant Research International, rapport nr. 79, Wageningen, 60 pp.
- Schröder, J.J. (1998). Towards improved nitrogen management in silage maize production on Sandy soils. Proefschrift, 223 pp.
- Schröder, J.J. (1997) 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. Nota 53, AB-DLO, Wageningen, The Netherlands, p. 81-93.
- Schröder, J.J., W. van Dijk & W.J.M. de Groot (1996). Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. Netherlands Journal of Agricultural Science 44, p. 293-315.
- 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 snijmaïs. Proefstation voor Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, verslag nr. 148, Lelystad, 105 pp.
- Schröder, J. (1990a). Stikstofdeling bij snijmaïs. PAGV-verslag nr. 106, PAGV Lelystad, 104 pp.
- Schröder, J. (1990b). Optimale plantgetal van snijmaïs en van korrelmaïs. PAGV-verslag nr. 108, PAGV Lelystad, 84 pp.
- Schröder, J.J. (1988). De invloed van hoger stoppelen op opbrengst en kwaliteit van snijmaïs. In: Informatiebundel Voedergewassen, maart 1988. Consulentenschap in Algemene Dienst voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, p. V-1 - V-5.

- Sutton, M.A., J.K. Schjorring, G.P. Wyers, J.H. Duyzer, P. Ineson & D.S. Powlson (1995). Plant Atmosphere Exchange of Ammonia. Philosophical Transactions Physical Sciences and Engineering Volume 351, Issue 1696, p. 261-276.
- Tamminga, S., A. Bannink, J. Dijkstra & R. Zom (2007). Feeding strategies to reduce methane loss in cattle. Rapport 34, Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad.
- Ten Berge, H.F.M. & B.M.A. Kroonen-Backbier (2008). Effecten van gereduceerd bemesten in consumptie-aardappel op drie praktijkpercelen. Informatieblad Mineralen en Milieukwaliteit. BO-06-infoblad-16, Wageningen UR, 2 pp.
- Ten Hag, B.A., H.M.G. van der Werf & J. Boer (1984). Optimalisering van de snijmaïsteelt. In: Themadag Snijmaïs. PAGV-themaboekje nr. 4, 77 pp.
- Timmer R.D., G.W. Korthals & L.P.G. Molendijk (2003). Groenbemesters: van teelttechniek tot ziekten en plagen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. 59 p.
- Veerman, A., R. Wustman, C.B. Bus & K.H. Wijnholds (2006). Zetmeelaardappelen. Teelthandleiding. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO 325), Lelystad, 151 pp.
- Veerman, A. (2003). Teelt van consumptieaardappelen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 88 pp.
- Velthof, G.L., P.J. Kuikman & O. Oenema (2002). Nitrous oxide emission from soils amended with crop residues. Nutrient Cycling in Agroecosystems 62, p. 249-261.
- Vos, J. & P.E.L. van der Putten (1997). Field observations on nitrogen catch crops. 1. Potential and actual growth and nitrogen accumulation in relation to sowing date and crop species. Plant and Soil 195 (2), p. 299-309.
- Werf, H.M.G. van der (1993). The effect of plastic mulch and greenhouse-raised seedlings on yield of maize. J. Agronomy & Crop Science 170, p. 261-269.
- Wijnholds, K.H. & C.D. van Loon (2000). Wat is het juiste moment van loofdoding? Groeiverloop van zetmeelaardappelen in de herfst. PAV Bulletin Akkerbouw (april 2000), p. 31-33.
- Zom, R.L.G. (2006). Efficiënt gebruik van snijmaïs. Deel 5: invloed van afrijpingstype en oogststadium op opname en melkproductie. PraktijkRapport Rundvee 88, Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad.
- Zom, R.L.G. (2002). Voorspelling voeropname met Koemodel 2002. PraktijkRapportRundvee 11, Praktijkonderzoek Veehouderij Lelystad.

Geraadpleegde digitale bronnen en websites:

- Groten, J. (2009). Optimalisatie maïstypen Friesland. Powerpointpresentatie
- Timmer, R. (2009). Standdichtheidsproeven landschapsmaïs. Powerpointpresentatie
- www.cbs.nl
- www.handboeksnijmais.nl

Bijlage 1. Mechanismen achter de beperking van N-uitspoeling door vanggewassen

In proeven blijken vanggewassen de uitspoeling soms met tientallen kg N per ha meer te beperken dan verklaard kan worden op basis van de N-inhoud (Schröder et al., 1996; Parkin et al., 2006). Daarbij moet allereerst bedacht worden dat de uitspoeling veelal geschat wordt op basis van gemeten nitraatconcentraties gedurende het winterhalfjaar en geschatte percolaties van water tussen die momenten van meten. Die geschatte waterstroom zal met fouten behept zijn. Ook uit lysimeteronderzoek waarbij de waterbalans nauwkeurig kan worden gemeten, blijkt echter dat de uitspoeling sterker beperkt wordt dan hetgeen verwacht op basis van alleen de N-inhoud van het vanggewas (Martinez & Guiraud, 1990). Een verklaring hiervoor lijkt allereerst gevonden te kunnen worden in het feit dat de N-inhoud vaak alleen gebaseerd is op de bovengrondse opbrengst. De stoppels en wortels van vanggewassen bevatten echter ook N. Vanggewassen zoals rogge en kruisbloemigen leggen tot hooguit circa 10-15 kg N per ha vast in wortels en stoppels. Bij grasachtige vanggewassen en klavers kan dit oplopen tot 20-30 kg N per ha (Schröder, 1997). Daarnaast kan ook een deel van N-inhoud uitgesloten worden bij een opbrengstbepaling omdat verouderend blad van sommige vanggewassen van de plant valt en daarbij vooralsnog niet mineraliseert (Vos & Van der Putten, 1997). Deze N blijft dus ook in een N_{min} bepaling onopgemerkt. Voor zover het gevallen blad wel mineraliseert, kan de N, vergelijkbaar met dat wat bij ander bladmateriaal gevonden is, ook deels als ammoniak-N vervluchtigen of denitrificeren. De Ruijter (2009) vond dat via ammoniakvervluchtiging 5-15% van de N uit oppervlakkig achtergelaten bladresten verloren kan gaan. Ook uit intacte gewassen kan ammoniak-N ontsnappen (Sutton et al., 1995) maar de hoeveelheden blijven in de regel beperkt tot enkele kilogrammen per ha per jaar (Dueck et al., 2001). Velthof et al. (2002) melden dat uit recent afgestorven, N-rijk bladmateriaal een verhoogde denitrificatie kan optreden.

Mogelijk spelen bij vanggewassen ook nog andere verliesroutes een rol. Uit metingen in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) blijkt dat er vanuit grasland binnen eenzelfde grondwatertrap en eenzelfde N-bodemoverschot minder N uitspoelt dan bij bouwland. Omdat er geen aanwijzing bestaat voor een voortgaande ophoping van N in de organische stof in Nederlandse bodems (Reijneveld et al., 2009), wordt deze waarneming in het LMM toegeschreven aan een verhoogde denitrificatie (Munch & Velthof, 2006; Schröder et al., 2007). Weliswaar komen grasland en grasachtige vanggewassen in botanische zin overeen, maar de omvang van O₂-verbruik en C-beschikbaarheid zullen in grasland vanzelfsprekend veel hoger liggen. In lijn daarmee achten Parkin et al. (2006) het niet waarschijnlijk dat onder vanggewassen een verhoogde denitrificatie optreedt. In hun potproef vonden zij om te beginnen een verlaagde N₂O-emissie in aanwezigheid van een vanggewas. Dit wijst volgens hen juist op een geringere denitrificatie. Zij onderschrijven dat de ondergrondse delen van een levend vanggewas weliswaar zuurstof gebruiken, maar dat de transpiratie van een vanggewas (circa 1,5 mm per kg N-vastlegging per ha; Schröder et al., 1996) de bodem droger maakt en het aantal zuurstofloze hotspots daarmee eerder zal verlagen dan verhogen. Parkin et al. (2006) vermoeden dat de exudatie van koolstof door het wortelstelsel van een vanggewas niet tot extra denitrificatie leidt maar tot extra N-immobilisatie en dat dat de voornaamste reden is waarom de N-uitspoeling sterker beperkt wordt dan verklaard vanuit de N-vastlegging in het vanggewas zelf. Deze redenering sluit aan bij die van Bremer & Kuikman (1997) die ook een verhoogde N-vastlegging onder tarwe aantreffen, althans daar waar voldoende minerale N aanwezig was.

Proeven in Heino (Ov.) waarin vanggewassen gedurende zes jaren tussen opeenvolgende snijmaïsteelten werden verbouwd, gaven niet aan dat de immobilisatie per kg bovengronds vastgelegde N in de loop van de jaren afnam omdat geïmmobiliseerde N gedurende volgende winterhalfjaren weer vrijkwam (Schröder et al., 1996). Als dit gezien wordt als een aanwijzing dat deze N vooral in het zomerhalfjaar vrijkomt, betekent dit dat de additionele beperking van N-verliezen door immobilisatie gedurende het winterhalfjaar, in het zomerhalfjaar weer teniet gedaan kan worden, tenzij met de vrijkomende N wordt rekening gehouden. De hiervoor genoemde proeven waarin vanggewassen gedurende zes achtereenvolgende jaren tussen snijmaïsteelten werden verbouwd, gaven aan dat de relatieve N-werking (i.e. de fractie van bovengrondse N-massa die even werkzaam bleek als kunstmest-N) met de jaren toenam. Deze extra N hoeft overigens niet *per se* afkomstig te zijn van de aanvankelijk geïmmobiliseerde N. De extra N kan immers ook duiden op een 'normale' cumulatieve nawerking van organisch gebonden N uit de vanggewassen zélf.

Balansen

Om goed te kunnen beoordelen of vanggewassen ook op jaarbasis en lange termijn de uitspoeling van N sterker kunnen beperken dan dat wat gesuggereerd wordt door de opname van N in boven- en ondergrondse delen, is inzicht nodig in de processen die de termen van een N-aanvoer en -afvoerbalans bepalen. De N-balans gedurende de winter van een perceel met een vanggewas (vg) ziet er als volgt uit:

$$\text{Nuit}_{\text{vg}} = (\text{Nmin}_{\text{herfst}} + \text{Nnetminer}_{\text{vg}}) - (\text{Nop} + \text{NH}_3 + \text{Nmin}_{\text{voorjaar_vg}} + \text{Ndenitr}_{\text{vg}}) \quad \text{Eq. 1}$$

Met:

- Nuit = de N-uitspoeling tussen herfst en voorjaar (kg N per ha),
- $\text{Nmin}_{\text{herfst}}$ = de hoeveelheid minerale bodem N in een bepaalde laag in de herfst (kg N per ha),
- Nnetminer = de resultante van mineralisatie en immobilisatie (kg N per ha),
- Nop = de N opbrengst in spruit, stoppel en wortel van een vanggewas (kg N per ha),
- NH_3 = de hoeveelheid N die uit de levende en afgestorven delen van het vanggewas als ammoniak vervluchtigt tussen herfst en winter (kg N per ha),
- $\text{Nmin}_{\text{voorjaar}}$ = de hoeveelheid minerale bodem N in een bepaalde laag in het voorjaar (kg N per ha),
- Ndenitr = de denitrificatie van N tussen herfst en voorjaar (kg N per ha).

Voor een braak (br) perceel ziet de N-balans er als volgt uit:

$$\text{Nuit}_{\text{br}} = (\text{Nmin}_{\text{herfst}} + \text{Nnetminer}_{\text{br}}) - (\text{Nmin}_{\text{voorjaar_br}} + \text{Ndenitr}_{\text{br}}) \quad \text{Eq. 2}$$

Het verschil in uitspoeling tussen een braak perceel en een begroeid perceel (positief, want $\text{Nuit}_{\text{br}} > \text{Nuit}_{\text{vg}}$) kan herschreven worden als:

$$\text{Nuit}_{\text{br}} - \text{Nuit}_{\text{vg}} = \text{Nop} + \text{NH}_3 + (\text{Nnetminer}_{\text{br}} - \text{Nnetminer}_{\text{vg}}) - ((\text{Ndinitr}_{\text{br}} - \text{Ndenitr}_{\text{vg}}) + (\text{Nmin}_{\text{voorjaar_br}} - \text{Nmin}_{\text{voorjaar_vg}})) \quad \text{Eq. 3}$$

Als $\text{Nuit}_{\text{br}} - \text{Nuit}_{\text{vg}} > (\text{Nop} + \text{NH}_3)$ dan moet:

$(\text{Nnetminer}_{\text{br}} - \text{Nnetminer}_{\text{vg}})$ positief zijn (ofwel $\text{Nnetminer}_{\text{br}} > \text{Nnetminer}_{\text{vg}}$), en/of

$(\text{Ndinitr}_{\text{br}} - \text{Ndenitr}_{\text{vg}})$ negatief zijn (ofwel $\text{Ndinitr}_{\text{br}} < \text{Ndenitr}_{\text{vg}}$), en/of

$(\text{Nmin}_{\text{voorjaar_br}} - \text{Nmin}_{\text{voorjaar_vg}})$ negatief zijn (ofwel $\text{Nmin}_{\text{voorjaar_br}} < \text{Nmin}_{\text{voorjaar_vg}}$).

Omdat uit proeven blijkt dat $\text{Nmin}_{\text{voorjaar_br}}$ eerder groter dan kleiner is dan $\text{Nmin}_{\text{voorjaar_vg}}$, wijst dit temeer op een grotere immobilisatie of eventueel grotere denitrificatie onder vanggewassen. De waarnemingen uit de meerjarige proef in Heino (Ov) geven aan dat deze extra verliezen alleen optraden bij een hoog aanbod van minerale N in het voorgaande hoofdgewas (Tabel I-1). Op zichzelf sluit dit aan bij de waarneming van Bremer & Kuikman (1997) die ook vaststelden dat een sterkere immobilisatie optrad bij een hoog aanbod van N. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de minerale N-giften in de praktijk inmiddels aanmerkelijk lager zijn dan de hoogste giften zoals genoemd in Tabel I-1.

Tabel I-1. **Geschatte gemiddelde (1988-1993) verschil in N-verliezen ten gevolge van immobilisatie en/of denitrificatie tussen onbegroeide en met vanggewas begroeide percelen op basis van Eq. 3 (Schröder et al., 1996)**

Type vanggewas	Minerale N gift op voorgaande gewas (kg per ha per jaar)	Geschatte extra immobilisatie en/of denitrificatie in aanwezigheid van vanggewas (kg N per ha per jaar)*
Rogge, stoppelzaai	20	-1
	94-136	0
	214-256	-81
Gras, onderzaai	20	11
	94-136	-10
	214-256	-66

* bij een geschatte jaarlijkse vastlegging in wortels en stoppels van 10 en 20 kg N per ha bij, respectievelijk, rogge en gras

Discussie

Er bestaan aanwijzingen dat vanggewassen de uitspoelingsverliezen van N niet alleen via vastlegging in hun spruit, wortel en stoppel beperken, maar ook op een andere manier. Als immobilisatie hierbij een rol speelt, wordt het effect hiervan op de uitspoeling in het winterhalfjaar mogelijk weer teniet gedaan in het zomerhalfjaar als gevolg van re-mineralisatie. Dit is vooral het geval als hiermee geen rekening gehouden wordt of kan worden bij het bepalen van de bemesting van het volggewas. Als N-gebruiksnormen niet limiterend zijn voor de groei wordt er per definitie geen rekening gehouden met de N-nalevering vanuit vanggewassen. Als de nalevering te laat plaatsvindt, kan er geen verrekening plaatsvinden en is er geen basis om een korting op de gift te rechtvaardigen.

Als denitrificatie een verklaring vormt voor het feit dat uitspoelingsverliezen bij de teelt van vanggewassen kleiner zijn dan verwacht op basis van hun N vastlegging, kan er afwenteling plaatsvinden van uitspoelingsverliezen naar de emissie van lachgas (N_2O). Omdat de aanwijzing dat vanggewassen de uitspoelingsverliezen van N via andere effecten dan vastlegging vergroten, alleen optraden bij een hoog N-aanbod en van een dergelijk aanbod in de praktijk geen sprake meer is, lijkt de urgentie om aanvullend experimenteel onderzoek te verrichten echter niet groot.