



PLANT RESEARCH INTERNATIONAL

# Innovatieve onkruidpreventie in biologische landbouw door groenbemesters in het bouwplan

Piet Scheepens, Hans Hoek, Geert-Jan Molema, Lammert Bastiaans,  
Roel Groeneveld, Elma Schoenmaker & Pieter Pikaar







# Innovatieve onkruidpreventie in biologische landbouw door groenbemesters in het bouwplan

Piet Scheepens<sup>1</sup>, Hans Hoek<sup>2</sup>, Geert-Jan Molema<sup>3</sup>, Lammert Bastiaans<sup>4</sup>,  
Roel Groeneveld<sup>1</sup>, Elma Schoenmaker<sup>1</sup> & Pieter Pikaar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International B.V.

<sup>2</sup> PPO B.V.

<sup>3</sup> IMAG B.V.

<sup>4</sup> Wageningen Universiteit, departement Plantenwetenschappen

© 2003 Wageningen, Plant Research International B.V.

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

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

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 70 00  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [post@plant.wag-ur.nl](mailto:post@plant.wag-ur.nl)  
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Huidige onkruidbeheersing in biologische teeltsystemen	3
1.1 Onkruidproblemen	3
1.2 Huidige onkruidbestrijding en onkruidpreventie	3
1.3 Knelpunten noodzaken tot een nieuwe benadering	4
1.4 Componenten van een vernieuwend systeem	5
1.4.1 Verkleinen niche om te overleven en te concurreren	5
1.4.2 Zaadgrootte in relatie tot bodemomstandigheden	5
1.4.3 Nutriëntenmanagement en onkruiden	5
1.4.4 Biochemische interacties	6
1.4.5 Pathogenen en plaaginsecten van onkruiden	6
2. Huidige en potentiële inzet van groenbemesters in Nederland	7
2.1 Algemeen	7
2.2 Korte beschrijving van diverse groenbemestingsgewassen	8
2.2.1 Grassen/Granen	8
2.2.2 Vlinderbloemigen	9
2.2.3 Kruisbloemigen	9
2.2.4 Overige	10
2.3 Groenbemestingsgewassen en aaltjes	12
Gevoelige gewassen per aaltje:	12
2.4 Groenbemesters en onkruidpreventie	14
3. Inventarisatie van gewassen met allelopatische effecten	15
4. Inventarisatie van kennis over grondbewerkingsmethoden met de nadruk op het inwerken van gewasresten	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Grondbewerking algemeen	19
4.3 Grondbewerkingswerktuigen en hun werking	20
4.3.1 Inleiding	20
4.3.2 Niet aangedreven werktuigen	21
4.3.3 Aangedreven werktuigen	22
4.3.4 Combinatie-werktuigen	24
4.4 Inwerken van gewasresten	24
4.5 Slotbeschouwing	27
5. Conclusies en aanbevelingen voor onderzoek aan onkruidpreventie door toepassing van groenbemesters .	29
5.1 Groenbemesters en onkruidbeheer: wat zijn de mechanismen	30
5.2 Optimalisatie van de onkruidbeheersfunctie van groenbemesters	30
5.3 Van éénjarige effecten naar consequenties voor de lange-termijn	31
5.4 Eisen aan de mechanisatie	31
5.5 Onbedoelde neven-effecten	32
6. Referenties	33



# Samenvatting

Om de arbeidsinzet te verminderen bestaat er in biologische teeltsystemen behoefte aan alternatieve methoden van onkruidbeheer, waarbij er meer nadruk wordt gelegd op preventie en de tijdshorizon die een enkel groeiseizoen overschrijdt.

Recent Amerikaans onderzoek laat zien dat door toepassing van enkele ecologische principes, aangevuld met een uitgekende vruchtwisseling het onkruid op biologische akkerbouwbedrijven van enkele honderden hectares beheerst kan worden. Dit maakt het interessant om te onderzoeken of dit Amerikaanse systeem vertaald kan worden naar Nederlandse biologische bedrijven met een ruim bouwplan van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten. Eén van de belangrijkste principes lijkt het bedekt houden van de bodem tussen twee teelten met een gewas of gewasresten.

Mogelijk is hier een vooraanstaande rol weggelegd voor groenbemesters. Opgenomen in de rotatie tussen twee hoofdgewassen, zouden groenbemesters langs twee mechanismen bij kunnen dragen aan een vermindering van de opbouw van onkruidpopulaties. In de nazomer en herfst kan de vestiging van een goed ontwikkeld groenbemestingsgewas de groei, ontwikkeling en met name de zaadproductie van onkruiden tegengaan. Dit principe is te omschrijven als 'verkleinen van de niche om te overleven en te concurreren'. De geproduceerde biomassa kan vervolgens in de winter en het vroege voorjaar worden gebruikt met een mogelijk onderdrukkend effect op de kieming, vestiging en vroege groei van onkruiden door middel van biochemische en fysische interacties.

Om een goed inzicht te krijgen in de mogelijke rol van groenbemesters bij het ecologisch beheer van onkruidpopulaties is meer inzicht nodig in de wijze waarop en de mate waarin groenbemesters de opbouw van onkruidpopulaties kunnen beïnvloeden. Daaraan gekoppeld is inzicht nodig in de wijze waarop dergelijke effecten geoptimaliseerd kunnen worden. Tenslotte zal voor een inschatting van de praktische toepasbaarheid een inventarisatie gemaakt moeten worden naar neven-effecten van groenbemesters op b.v. het nutriënten-beheer en de beheersing van ziekten en plagen. Ook de vereisten ten aanzien van de hoofdgrondbewerking, de verkleining van gewasresten en verdere bodembewerkingen om de gewenste effecten te bereiken en ongewenste effecten te vermijden zullen in een dergelijke inventarisatie betrokken moeten worden.

In dit rapport zijn de belangrijkste onderzoeksvragen met betrekking tot de rol van groenbemesters bij onkruidbeheersing in kaart gebracht. De vragen hebben betrekking op de volgende onderzoeksvelden:

- Welke mechanismen zijn relevant bij het onkruidbeheer door groenbemesters in het najaar en in het voorjaar?
- Hoe kan de onkruidbeheersfunctie van groenbemesters worden geoptimaliseerd?
- Hoe kunnen de effecten over meerdere jaren worden bepaald dan wel geschat?
- Welke specifieke eisen worden gesteld aan mechanisatie?
- Wat zijn de neven-effecten waar rekening mee dient te worden gehouden?





# 1. Huidige onkruidbeheersing in biologische teeltsystemen

## 1.1 Onkruidproblemen

Op bedrijven met akkerbouw en vollegrondsgroenten wordt de onkruidproblematiek algemeen als het grootste knelpunt voor omschakeling naar biologische landbouw beschouwd (Leferinck & Adriaanse 1998). Enkele jaren geleden bleek al uit onderzoek van Vereijken e.a. dat ook op voorhoedebedrijven ondanks de toepassing van een multi-functionaal vruchtwisselingsmodel veel en grote problemen met onkruid optraden. Op die bedrijven bleek de populatieomvang van enkele éénjarigen als muur en straatgras over de jaren heen toe te nemen. Ook sommige overblijvende soorten als akkerdistel en akkermelkdistel breidden zich uit.

Hoewel op veel van de huidige biologische bedrijven er nog winst is te behalen door verbetering van mechanische onkruidbestrijding en door een consequentere vruchtwisseling, zullen alle knelpunten in de onkruidbeheersing daarmee niet worden opgelost. Waar de techniek te kort schiet, blijft handmatig wieden over als laatste redmiddel. De benodigde uren handmatig wieden betekenen niet alleen tijdmatic gezien een grote inspanning maar ook financieel en logistiek, vanwege de hoge loonkosten en schaarste op de arbeidsmarkt.

De omvang van de onkruidproblematiek binnen de biologische landbouw verschilt per sector en per regio in Nederland. Zij is bijvoorbeeld beduidend geringer op een veehouderijbedrijf met relatief veel grasland dat een gesloten gewasstructuur heeft, dan op een akkerbouwbedrijf met gewassen die (enige tijd) een open gewasstructuur hebben. Op zand- en dalgrond is de onkruiddruk in het algemeen groter dan op kleigrond.

## 1.2 Huidige onkruidbestrijding en onkruidpreventie

Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillende strategieën voor het beheersen van onkruid.

*Tabel 1. Onkruidbeheersing in biologische landbouwsystemen.*

Maatregel / strategie	Toelichting
Bedrijfshygiëne, het voorkomen dat bepaalde onkruidsoorten op het bedrijf komen	Wordt nauwelijks bewust toegepast.
Gewaskeuze en vruchtwisseling	Is nauwelijks bewust gericht op voorkomen van onkruidproblemen. Biedt wel perspectief (Mertens 2002).
Hoofdgrondbewerking	Kerende bewerking wordt als vrij essentieel beschouwd.
Zaaibedbereiding	Er is hernieuwde aandacht voor het vals zaaibed
Fysische bestrijding	Vóór opkomst wordt gebrand.
Mechanische bestrijding	Eggen, schoffelen, borstelen, e.d.
Handmatig verwijderen	Wordt ingezet als laatste redmiddel.
Mengteelt / achtergrondgewas	Op sommige bedrijven wordt graan gecombineerd met klaver.
Groenbemesters (tussen twee teelten)	Belangstelling m.b.t. onkruidbestrijding is klein, maar neemt toe.

De omvang van de onkruidproblematiek in de biologische landbouw kan goed aangegeven worden aan de hand van inzet van handmatige onkruidbestrijding. Van der Weide (2000) schatte de totale tijdsinvestering voor handmatige onkruidbestrijding voor 1998 in de biologische landbouw op 223.000 uren. Deze uren kunnen niet gelijkmatig uitgesmeerd worden over het hele jaar, maar vallen vooral in de maanden mei en juni (omgerekend is dit 560 mensdagen aan werk in een periode van 9 weken). De benodigde uren handmatig wieden betekenen niet alleen tijdmatig gezien een grote inspanning maar ook financieel en logistiek, vanwege de schaarste op de arbeidsmarkt. Uit Tabel 2 blijkt dat er grote verschillen zijn in inzet van handmatige onkruidbestrijding tussen gewassen. Gewassen als ui of peen met een relatief open gewasstructuur behoeven de meeste inzet van handmatige onkruidbestrijding. De getallen in Tabel 2 zijn een basis voor de risicoperceptie rondom onkruiden in de biologische landbouw.

Tabel 2. *Inzet van uren handmatige onkruidbestrijding in biologische teelten volgens Van der Weide (2000).*

Gewas (-groep)	Areaal (ha)	Handwieden (uren per ha)		
		Flevoland	Landelijk	Biom-project (bedrijven in omschakeling)
Granen	3000	7	5	12
Aardappel	700	2	7	9
Suikerbiet	340	85	73	82
Peulvruchten	320	25	15	42
Ui	250	110	175	177
Peen	250	115	155	152
Koolsoorten	190	27	30	45
Bladgewassen	64	-	55	47

Het belangrijkste knelpunt in de huidige aanpak is de grote behoefte aan handmatig wieden in sommige gewassen in de rotatie. Het hiervoor benodigde personeel is duur en lang niet altijd beschikbaar. Daarnaast zijn er soms specifieke problemen met overblijvende onkruiden als akkerdistel en akkermelkdistel. Ook sommige éénjarige, zoals muur, breiden zich uit, zodat probleemsituaties op den duur kunnen escaleren.

### 1.3 Knelpunten noodzaken tot een nieuwe benadering

Conceptueel verschilt de huidige onkruidbeheersing in biologische teelten niet veel van die op gangbare bedrijven. Het komt vooral neer op bestrijding van ontkiemende zaden en juveniele planten. De bestrijding is gericht op het voorkomen van directe schade aan het gewas en het voorkomen van zaadproductie. Naast het gewas wordt in principe geen andere plantengroei getolereerd. Onkruidproblemen worden feitelijk veroorzaakt door de teeltwijze van de gewassen. De problemen manifesteren zich vooral in gewassen die (in het voorjaar) lang een open structuur hebben.

Sullivan (2001) beschrijft de huidige onkruidbestrijding als een re-actief proces. Hij vraagt zich vervolgens af waarom het niet mogelijk is om pro-actief, door toepassen enkele ecologische principes, het ontstaan van onkruidproblemen te voorkomen. Deze principes zijn erop gebaseerd om de bodem zo veel mogelijk bedekt te houden met gewassen ('cover crops' of 'living mulch') of gewasresten ('dead mulch'). Liebman & Davies (2000) lieten zien dat met deze principes, aangevuld met een uitgekende vruchtwisseling en naast het toevoegen van gewasresten, dierlijke mest en compost aan de bodem, het onkruid op akkerbouwbedrijven van enkele honderden hectares beheerst kan worden. Dit maakt het

interessant om te onderzoeken of dit Amerikaanse systeem vertaald kan worden naar Nederlandse biologische bedrijven met een ruim bouwplan van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten.

In het Amerikaanse systeem blijft een kerende grondbewerking achterwege. Onderzocht moet worden of dit noodzakelijk is om de gewenste effecten van de gewasresten te verkrijgen. Voor veel Nederlandse boeren zou dit een ingrijpende verandering betekenen omdat ze kerend ploegen juist essentieel vinden voor een goede onkruidpreventie.

## 1.4 Componenten van een vernieuwend systeem

De componenten van het systeem zoals beschreven door Liebman & Davies (2000) worden achtereenvolgens kort besproken.

### 1.4.1 Verkleinen niche om te overleven en te concurreren

#### **Vruchtwisseling**

Het is van belang dat afwisselend gewassen worden geteeld met verschillende zaaitijdstippen en groei-periode, die verschillen in onkruidonderdrukkend vermogen en verschillen in gewasverzorging. De bedoeling is dat onkruiden met een bepaalde overlevingsstrategie zich niet in alle gewassen van de rotatie snel kunnen vermeerderen.

Het opnemen van meerjarige voedergewassen in de rotatie is gunstig. Zij onderdrukken onkruiden door concurrentie om licht, water en nutriënten, afmaaien of begrazing.

#### **Bodembedekkende gewassen (groenbemesters, 'cover crops')**

Naast onkruidonderdrukking door bodembedekking spelen bodembedekkende gewassen een rol bij het vasthouden van nutriënten, voorkomen van erosie en binden van N (vlinderbloemigen). We onderscheiden twee typen bodembedekkende gewassen: 1) gewassen die tijdens de winter afsterven of in het voorjaar worden gedood voordat het zomergewas wordt gezaaid en 2) achtergrondgewassen die een deel van of het gehele groeiseizoen van het zomergewas als levende planten aanwezig zijn. De eerste groep wordt het vaakst en met het meeste succes in de praktijk toegepast, achtergrondgewassen hebben als nadeel dat ze (soms te veel) concurreren met het gewas.

#### **Mengteelten**

Ook mengteelten zijn er op gericht om de niche voor onkruiden zo klein mogelijk te houden. Zie voor verdere uitwerking o.a. het proefschrift van Baumann (2001).

### 1.4.2 Zaadgrootte in relatie tot bodemomstandigheden

Onkruidzaden die klein zijn ten opzichte van die van het gewas, zijn meestal in het nadeel bij lage nutriëntenbeschikbaarheid vroeg in het groeiseizoen.

### 1.4.3 Nutriëntenmanagement en onkruiden

Toediening van meststoffen kan het evenwicht tussen gewas en onkruiden beïnvloeden.

#### 1.4.4 Biochemische interacties

##### **Gewasresten**

Voor zogenaamde Low-External-Input-systemen (LEI) zijn vooral vlinderbloemigen van belang, waarvan er vele zijn met allelopathische eigenschappen. Daarnaast worden genoemd rogge en een aantal kruisbloemige gewassen.

Van belang is uiteraard om te vermijden dat het gewas nadelige effecten ondervindt van de allelopathische stoffen. Mogelijkheden zijn:

- wachten met zaaien tot de effecten zijn uitgewerkt;
- grondbewerking in toekomstige gewasrij (ridge-tillage);
- gewassen met grote zaden nemen of zaailingen van kleinzadige gewassen planten.

##### **Dierlijke mest en compost**

Beide materialen kunnen onkruidzaden bevatten. Zorgen voor onkruidvrij materiaal is een optie. Fytotoxische stoffen in mest en compost hebben mogelijk na het uitbrengen nog effect op de in het veld aanwezige onkruidzaden (Elema & Scheepens 1990).

#### 1.4.5 Pathogenen en plaaginsecten van onkruiden

Scheepens e.a. (2001) geven een overzicht van de mogelijkheden die biologische bestrijding biedt onder Nederlandse omstandigheden. In systemen waarin de kerende grondbewerking achterwege blijft zijn er kansen om de reeds aanwezige zaadaantastende flora en fauna te stimuleren.

## 2. Huidige en potentiële inzet van groenbemesters in Nederland

### 2.1 Algemeen

Een groenbemester wordt hier gedefinieerd als een gewas waarvan het teeltdoel niet een te verkopen of anderszins in de bedrijfsvoering te gebruiken product is, maar het verbeteren of in stand houden van fysieke, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid, het voorkomen van erosie of het onderdrukken van onkruiden. Zowel het directe effect van de (meer of minder intensieve) beworteling, als het indirecte effect via toelevering van organische stof en daarmee stabilisering van het humuspercentage, zijn voor de structuur van de grond van groot belang (zeker op wat langere termijn).

Een groenbemester kan daarnaast een deel van de stikstof vastleggen die ná de oogst van het 'hoofdgewas' in de bodem is achtergebleven of vrijkomt bij de vertering van achtergebleven gewasresten. Daardoor kan de uitspoeling van stikstof tijdens de daaropvolgende winter en voorjaar worden verlaagd (als de stikstof tenminste door snelle afbraak van organische stof niet vrijkomt vóór of tijdens de winter). Een volggewas kan hiervan profiteren, doordat de stikstof geleidelijk beschikbaar komt uit de verterende gewasresten van de groenbemester. Hoeveel stikstof werkelijk gebonden wordt, is afhankelijk van diverse factoren: de hoeveelheid beschikbare en vrijkomende stikstof in het profiel, het type groenbemester, het aantal beschikbare groeidagen en de weersomstandigheden tijdens de groei.

Hoeveel van deze gebonden stikstof vervolgens echt beschikbaar komt voor het volggewas – de zogenaamde 'effectieve' N-overdracht – hangt af van de winterhardheid, het inwerktijdstip, de C/N verhouding van het groenbemestingsgewas, de grondsoort, het al of niet aanwezig zijn van een N-arme graanstoppel bij een vlinderbloemige groenbemester en van de opnamecapaciteit van het volggewas. Meestal wordt aangenomen dat bij inwerken in het najaar 25 tot 50 procent van de opgenomen stikstof ter beschikking komt voor het volggewas en bij inwerken in het voorjaar rond 50 procent (Tabel 3).

Tabel 3. Richtgetallen voor N-nawerking van groenbemesters (Van Leeuwen-Haagsma en Schröder, 2002).

Type groenbemester	% Werkzame N bij inwerken:	
	voor de winter	na de winter
Kruisbloemige	25	50
Gras	40	50
Vlinderbloemige	25	50
Vlinderbloemige + gras/graanstoppel	50	50

De totale hoeveelheid vastgelegde stikstof in de groenbemester kan uiteenlopen van 150 kg per ha bij een heel goed geslaagd gewas tot minder dan 20 kg ha bij een slecht geslaagd gewas.

Gecombineerd met het percentage werkzame stikstof, kan de hoeveelheid beschikbare stikstof voor het volggewas dan ook variëren van slechts enkele tot 80 kg per ha.

Uiteraard kunnen er ook nadelen aan de teelt van groenbemesters verbonden zijn. Als de groenbemester bij het onderwerken slecht wordt verdeeld door de bouwvoor, kan een compacte, slecht verterende en zure laag ontstaan waar het volggewas nadeel van ondervindt omdat de wortels in deze laag slecht doordringen. Soms kan een groenbemester – vooral grassen – opslag veroorzaken in

volgende teeltjaren. Dit komt met name voor bij Westerwolds Raaigras en in mindere mate bij Italiaans raaigras. Vooral als er graszaad in het bouwplan is opgenomen, kan dit een belangrijk probleem zijn.

Een groenbemestingsgewas kan waardplant zijn voor ziekten, plagen (onder andere emelten, ritnaalden) en nematoden. In groenbemestingsgewassen kunnen slakken zich vermeerderen waardoor ze vooral op zwaardere gronden een probleem vormen. Met de teelt van een groenbemester zijn uiteraard ook kosten gemoeid: allereerst voor het zaaizaad en soms ook voor (een beperkte) stikstofbemesting of (op niet-biologische bedrijven) chemische onkruidbestrijding.

## 2.2 Korte beschrijving van diverse groenbemestingsgewassen

Onderstaand worden eigenschappen van diverse groenbemestingsgewassen beschreven, eerst de groep van de grassen/granen, dan de vlinderbloemigen, daarna de kruisbloemigen en vervolgens de overige. Enkele gewaseigenschappen van deze groenbemers zijn samengevat in Tabel 4.

### 2.2.1 Grassen/Granen

#### Italiaans Raaigras

(*Lolium multiflorum*) is geschikt voor alle grondsoorten. Groeit snel, vooral tetraploïde rassen geven een zeer vlotte (begin)groei en onkruidonderdrukking. Goede doorworteling van de bovengrond, maar niet diep wortelend. Chemische onkruidbestrijding is goed mogelijk (groeistoffen, ook tegen wortel-onkruiden). Is vrij gevoelig voor vorst en zal in de meeste winters dan ook afvriezen. Er is ongeveer 25 kg zaaizaad per ha nodig, kosten € 50 per ha. Is geschikt voor zaai onder dekvruucht (granen), maar ook voor zaai in de stoppel (nazomer); zaaitijd tot half augustus.

#### Engels Raaigras

(*Lolium perenne*) is geschikt voor alle grondsoorten. Heeft een redelijk snelle groei. Tetraploïde rassen hebben de voorkeur gezien de snelle begingroei en onkruidonderdrukking. Goede doorworteling van de bovengrond, maar niet diepwortelend. Chemische onkruidbestrijding: als bij Italiaans Raaigras. Is weinig vorstgevoelig. Er is ongeveer 20 kg zaaizaad per ha nodig, kosten ongeveer € 40 per ha. Is geschikt voor zaai onder dekvruucht (granen). Kan tot begin augustus gezaaid worden en is daardoor ook geschikt voor zaai in de stoppel. Voor inzaai in de nazomer wordt gezien de groeisnelheid vaak de voorkeur gegeven aan Italiaans Raaigras.

#### Westerwolds Raaigras

(*Lolium multiflorum*) is geschikt voor alle grondsoorten. Is matig gevoelig voor vorst. Is sterk verwant aan Italiaans Raaigras, maar heeft het nadeel dat het eerder schiet en bloeit, waardoor er meer risico bestaat op ongewenste opslag in een volgend teeltjaar. Westerwolds wordt om die reden in de praktijk weinig gebruikt. Ook van Westerwolds Raaigras zijn er tetraploïde rassen beschikbaar. Later schietende rassen verdienen de voorkeur om zaadvorming te voorkomen. De kosten bedragen circa € 60 per ha.

#### Winterrogge

(*Secale cereale*) is, omdat het gewas licht zure tot neutrale gronden prefereert, vooral geschikt voor zand- en dalgrond. Maar ook op zavel- en kleigrond kan rogge geteeld worden, al is dat niet gebruikelijk omdat men daar de voorkeur geeft aan andere granen. Winterrogge wordt in het najaar gezaaid tot half oktober. Is zeer weinig gevoelig voor vorst en goed 'droogteresistent'. Kan op zandgrond problemen geven bij een droog voorjaar omdat het gewas een droge grond achterlaat. Het gewas kan in het voorjaar ook worden gemaaid en als groenvoer worden gebruikt. Er zijn diverse rassen op de markt, waaronder uiteraard ook de 'normale' winterrogge rassen, maar deze hebben een wat tragere opkomst en beginontwikkeling dan de specifieke snijrogerassen. De kosten bedragen €100 per ha.

## 2.2.2 Vlinderbloemigen

### Rode klaver

(*Trifolium pratense*) bindt als vlinderbloemige luchtstikstof en is geschikt voor alle grondsoorten. Heeft een redelijk snelle groei en is matig gevoelig voor vorst. Wordt vooral onder dekvrucht gezaaid, maar kan dan oogstproblemen veroorzaken als de klaver in de dekvrucht groeit. Bij de rassenkeuze kan hier rekening mee worden gehouden door te kiezen voor een laatbloeiend ras dat minder hoog opgroeit. Zaaizaadkosten ongeveer € 80 per ha. Wordt veelal in mei onder dekvrucht gezaaid, maar kan ná in een vroege stoppel tot eind juli in open land gezaaid worden.

### Witte klaver

(*Trifolium repens*): bindt als vlinderbloemig luchtstikstof en is geschikt voor alle grondsoorten en is weinig gevoelig voor vorst. Groeit vrij traag en wordt daarom vaak onder dekvrucht gezaaid (zaaitijd in maart of april). Zaaizaadkosten ongeveer € 80 per ha. Wordt veelal in mei onder dekvrucht gezaaid en groeit te traag om bij een vroege stoppel in de loop van juli in open land te zaaien.

### Perzische klaver

(*Trifolium resupinatum*) bindt als vlinderbloemige luchtstikstof en is geschikt voor alle grondsoorten. Heeft een snelle groei en is matig vorstgevoelig. Kan onder dekvrucht worden gezaaid maar groeit bij vroege zaai daar soms te hoog in. Wordt veelal in mei onder dekvrucht gezaaid, maar kan in een vroege stoppel tot eind juli in open land gezaaid worden.

### Alexandrijnse klaver

(*Trifolium alexandrinum*) bindt als vlinderbloemig luchtstikstof en is geschikt voor klei en löss en kan gezaaid worden tot half augustus. Is heel gevoelig voor vorst.

### Luzerne

(*Medicago sativa*) bindt als vlinderbloemige luchtstikstof en is geschikt voor niet-zure gronden. Wordt vooral geteeld op klei- en zavelgrond. De grond dient goed ontwaterd en goed doorwortelbaar te zijn. Is weinig gevoelig voor vorst. Kan tot eind juli in open land gezaaid worden. De kosten bedragen €180 per ha.

### Wikke

(*Vicia sp.*) bindt als vlinderbloemige luchtstikstof en kan geteeld worden op klei-, zavel, löss- en zandgrond mits de pH niet te laag is. Wordt in de praktijk om deze reden vooral op klei- en lössgronden geteeld. Kan gezaaid worden tot 10 augustus. Is gevoelig voor vorst. Zaaizaadhoeveelheid: ongeveer 100 – 120 kg per ha; kosten € 100 per ha. Gezien het zeer lage C/N quotiënt, is de effectieve N-overdracht veel lager dan bij andere groenbemers, waardoor er een aanzienlijk risico bestaat op stikstofuitspoeling.

### Lupine

(*Lupinus sp.*) bindt als vlinderbloemige luchtstikstof en wordt geteeld op zand- en dalgronden omdat het gewas een betrekkelijk lage pH vraagt. Kan tot 15 augustus gezaaid worden. Is gevoelig voor vorst. Zaaizaadhoeveelheid: ongeveer 160 kg per ha.

## 2.2.3 Kruisbloemigen

### Bladrammenas

(*Raphanus sativus*) is geschikt voor alle grondsoorten. Groeit heel snel en is vrij vorstgevoelig. Kan tot eind augustus worden gezaaid. Bladrammenas is - als kruisbloemige - vatbaar voor het witte en het gele bietencystealtje. Alle in Nederland beschikbare rassen zijn resistent tegen het witte en het gele bieten-cystealtje. Deze rassen 'lokken' de aaltjes uit de rustfase, maar vervolgens treedt er niet of nauwelijks

vermeerdering op, waardoor er een afname van de populatie ontstaat die groter is dan bij afwezigheid van een gewas (braak). Deze afname is echter vooral aan de orde bij vroege zaai (zaai in het voorjaar), bij inzaai in de nazomer (ná 1 augustus) is dit effect aanzienlijk kleiner en is dan wat betreft het effect op de aaltjespopulatie vergelijkbaar met het effect van 'braak'. Bladrammenas is weinig vatbaar voor knolvoet (*Plasmodiophora brassicae*). Er zijn ruim tien rassen in Nederland op de markt, waarbij er vooral rasverschillen zijn in mate van resistentie tegen het witte bietecysteeltje, tijdstip van bloei en snelheid van grondbedekking. De kosten van het zaaizaad bedragen ongeveer € 50 per ha. Bladrammenas is zonder aanvullende stikstofbemesting minder geschikt voor teelt in de stikstofarme stoppel omdat het gewas dan matig groeit.

### Gele mosterd

(*Sinapis alba*) is geschikt voor alle grondsoorten. Groeit heel snel en kan daardoor zelfs tot in september gezaaid worden (later dan bladrammenas). Is vorstgevoelig en heel vatbaar voor knolvoet. Er zijn rassen met resistentie tegen het witte en het gele bietecysteeltje (zie verder onder bladrammenas). Er zijn ongeveer tien rassen in Nederland op de markt, die vooral van elkaar verschillen in mate van resistentie tegen bietecysteeltjes en snelheid van grondbedekking. De kosten van het zaaizaad bedragen ongeveer € 50 per ha. Gele mosterd is – zonder aanvullende stikstofbemesting - minder geschikt voor teelt in de stikstofarme stoppel omdat het gewas dan matig groeit.

### Bladkool

(*Brassica napus subsp. oleifera*) groeit snel en legt veel stikstof vast. Is matig vorstgevoelig, maar is heel vatbaar voor knolvoet. Daardoor kunnen er problemen ontstaan als er veel kruisbloemige gewassen (kool etc.) in het bouwplan zitten, in combinatie met een lage pH van de grond.

### Winterkoolzaad

(*Brassica napus*) is geschikt voor alle grondsoorten en kan tot half september worden gezaaid. Is heel weinig gevoelig voor vorst. Er zijn diverse rassen beschikbaar, waarvan de zogenaamde 'enkelnultassen' een hoog glucosinolaat gehalte hebben. Hoeveelheid zaaizaad 4 tot 9 kg per ha, kosten € 50.

## 2.2.4 Overige

### Facelia

(*Phacelia tanacetifolia*) is geschikt voor alle grondsoorten. Groeit heel snel en kan daardoor tot eind augustus worden gezaaid. Is heel vorstgevoelig. Is niet verwant aan andere cultuurgewassen. Is waardplant voor *Phoma* spp.

### Afrikaantje

(*Tagetes patula*) dient gezaaid te worden ná 10 mei wegens grote gevoeligheid voor nachtvorst. Uiterste zaaidatum rond 20 juli. Drie tot vijf kg zaad, zaaidiepte 0,5 – 1 cm, rijafstand 15 – 35 cm. Zaadkosten ongeveer € 150. Snelle kieming, maar trage begingroei, pas na ongeveer acht weken is het veld geheel bezet. Stikstofopname tot 150 kg per ha, daardoor ook geschikt als 'vanggewas' voor stikstof. Bestrijdt *Pratylenchus penetrans* (wortelstiepaaltje) bij een teeltduur van minimaal drie maanden. Onkruidbestrijding is belangrijk om te voorkomen dat het aaltje zich vooral voedt met onkruid en minder met het Afrikaantje. Mechanische onkruidbestrijding: schoffelen tussen de rijen. Levert 7,5 tot 15 ton droge stof per ha.

### Raketblad

(*Solanum sysimbriifolium*) is een groenbemester en onderdrukker van aardappelcysteeltjes waarvan de mogelijkheden voor gebruikers momenteel door het PPO-AGV en de leerstoelgroep Gewas- en Onkruidecologie (WU) worden onderzocht.



Tabel 4. *Overzicht enkele gewaseigenschappen groenbemesters (bron: Rassenlijst Landbouwgewassen 2002).*

Gewas	Zaaitijd	Gemiddelde- hoeveelheid zaaizaad (kg/ha) <sup>2</sup>	Bodem- bedekking <sup>3</sup>	Drogestofopbrengst in kg per ha bij een goed geslaagd gewas		
				boven	overig	totaal
Engels Raaigras	maart, april <sup>1)</sup>	20	7	2200	2000	4200
Italiaans Raaigras	juli – 20 augustus	25	9	2500	2000	4500
Westerwolds Raaigras	juli – 20 augustus	40	9	2400	1700	4100
Winterrogge	september, begin oktober	150	6	-	1600	1600
Rode klaver	maart, april <sup>1)</sup>	12	7	2700	1600	4300
Witte klaver	maart, april <sup>1)</sup>	7	6	2000	1300	3300
Perzische klaver	april, mei <sup>1)</sup>	12	8	2600	800	3400
Alexandrijnse klaver	juli – 10 augustus	30	6	2200	600	2800
Lupinen	juli – 15 augustus	30	7	2500	600	3100
Wikke	juli – 10 augustus	100	7	2500	500	3000
Bladrammenas	augustus	15	9	3100	800	3900
Gele mosterd	augustus, begin september	15	9	3100	800	3900
Bladkool	juli - 20 augustus	10	7	3000	1000	4000
Facelia	juli - 20 augustus	8	9	2300	700	3000

<sup>1</sup> *inzaai onder dekvruucht*

<sup>2</sup> *zaai-zaadhoeveelheid hangt o.a. van ras, 1000 korrelgewicht (zaadgrootte), bodemstructuur etc.*

<sup>3</sup> *grondbedekking: relatieve cijfers, hoe hoger het cijfer hoe beter en sneller de grond bedekt wordt (en het onkruid wordt onderdrukt).*

Bij de keuze van een groenbemester zijn een aantal eigenschappen belangrijk:

- geschiktheid voor de grondsoort. Veel groenbemestingsgewassen zijn geschikt voor alle grondsoorten (klei, löss, zand en dalgrond), maar voor sommige gewassen geldt dit niet;
- zaaitijd. Bepaalde groenbemesters kunnen als stoppelgewas niet ná een bepaalde datum gezaaid worden omdat de slagingskans dan te klein wordt;
- geschiktheid voor inzaai onder dekvruucht (bijv in granen of in vlas). Een traag groeiende (bv witte klaver) groenbemester, kan als ze onder dekvruucht gezaaid kan worden, toch voldoende massa vormen (vooral bij een vroege oogst van de dekvruucht);
- vorstgevoeligheid. Een zeer vorstgevoelig gewas kan bij zaai in de nazomer bij een vroege nachtvorst zoveel schade oplopen dat de productie sterk tegenvalt. Anderzijds kan vorstgevoeligheid ook gunstig zijn om het gewas gemakkelijk onder te werken c.q. onder te ploegen om de kans op opslag in volgende jaren sterk te verminderen;
- drogestofproductie en het vermogen om stikstof (tijdelijk) vast te leggen ('vanggewas');
- geschiktheid als (te maaien) voedergewas;
- het al of niet waardplant zijn voor aaltjes, ziekten en plagen (kan ook rasafhankelijk zijn);
- het onkruidonderdrukkend vermogen, hetzij direct door concurrentie om licht, water en voedingsstoffen en fysieke 'hinderings' via mulchwerking, hetzij indirect (onkruidwerend) door het vrijkomen van bepaalde stoffen uit de wortels of bij de afbraak van het plantmateriaal (allelopathie).

## 2.3 Groenbemestinggewassen en aaltjes

Aaltjes kunnen aanzienlijke schade aan gewassen veroorzaken. De omvang van de schade hangt van een aantal factoren af: vatbaarheid c.q. gevoeligheid van het gewas, de gevoeligheid van het desbetreffende ras, de (begin)omvang van de aaltjespopulatie, de grondsoort, etc.

Onderstaand worden enkele belangrijke aaltjes genoemd en wordt aangegeven in welke gewassen ze met name schade veroorzaken. Wat betreft de vermeerdering van aaltjes en bepaling van de omvang van de gewasschade ten gevolge van aantasting door aaltjes dient bedacht te worden dat dit voor sommige gewassen (vaak de zogenaamde 'kleine' gewassen) niet bekend of in onderzoek is. Hetzelfde geldt overigens voor een aantal onkruidsoorten waarop aaltjes zich eveneens kunnen vermeerderen.

### Gevoelige gewassen per aaltje:

- Aardappelpycysteaaltjes (*Globodera rostochiensis* en *Globodera pallida*): Aardappel, maar er zijn grote rasverschillen in gevoeligheid;
- Wit en Geel Bietecysteaaltje (*Heterodera spp.*): Suikerbiet, Rode biet (Kroot), Zomerkoolzaad, Spinazie, koolsoorten, Veldboon, Stamslaboon, Gladiool en Klaver;
- Havercysteaaltje (*Heterodera avenae*): Maïs, Zomertarwe, Zomergerst, Haver;
- Klavercysteaaltje (*Heterodera trifolii*): Klaver;
- Noordelijk Wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla*): Aardappel, Suikerbiet, Rode Biet, Ui, Luzerne, Vlas, peulvruchten, Peen, Schorseneer, Witlof, selderijgewassen, Aardbei;
- Graswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne naasi*): Suikerbiet, Rode Biet, Ui, Zomertarwe, Zomergerst, Erwt, Engels Raaigras, Italiaans Raaigras;
- Maïswortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne spp.*): Aardappel, Suikerbiet, Rode Biet, Erwt, Peen, Schorseneer, Witlof;
- Wortellesieaaltjes (*Pratylenchus spp.*): Aardappel, Maïs, Erwt, Stamslaboon, Peen, Schorseneer, diverse bloembolgewassen, Klaver, Aardbei;
- Destructoraaltee (*Ditylenchus destructor*): Aardappel, Suikerbiet, Rode Biet, Ui, Maïs, Rogge, Haver, Luzerne, Vlas, Erwt, koolsoorten, Tulp, Narcis;
- (*Para*)*trichodorus*: Aardappel, Suikerbiet, Rode Biet, Ui, Maïs, Vlas, Koolzaad, Erwt, Stamslaboon, Veldboon, Peen, Schorseneer, Witlof, koolsoorten, Prei, Gladiool.

De mate van vermeerdering van aaltjes is weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5. Vermeearding van aaltjes<sup>1</sup> bij verschillende gewassen

Gewas	Cysteaaltjes:					Wortelknobbelaaltjes				Wortel-lesie	Graan-Wortel-lesie	Des-tractor	(Para)-tricho-dorus	Tabaks-ratelvirus
	Aard-appel	Biet, wit,	Biet, geel	Haver	Klaver	Noorde-lijk	Gras-	Mais-( <i>chitin</i> )	Mais-( <i>jallax</i> )					
Engel raaigras	0	0	0	3	0	3	1	3	2	1	1	3	3	
Italiaans raaigras	0	0	0	3	0	3	2	3	3	1	1	3	1	
Winterrogge	0	0	0	3	0	2	3	3	2	3	2	3	2	
Klaversoorten	0	0	1	0	3	0	2	2	3	0	0	3	2	
Luzerne	0	0	0	0	?	?	0	?	3	1	3	1	2	
Wikke	?	?	?	?	3	?	2	?	?	?	?	1	?	
Lupine	0	?	?	0	?	?	?	?	2	?	?	?	?	
Bladrammenas	0	0-B	0-B	0	2	0	1	1	2	?	0	1	0	
Gele mosterd	0	0-B	0-B	0	1	0	2	2	2	?	0	1	3	
Winterkoolzaad	0	3	?	0	1	0	?	?	1	?	1	3	3	
Facelia	0	0	0	0	2	0	?	1	3	?	?	2	3	
Afrikaantje	0	0	0	0	0	0	0	0	0-B	?	?	3	3	

<sup>1</sup> Klassen van aaltjesvermeerdering:

? onbekend

0 geen

1 gering

2 matig

3 sterk

B bestrijding

## 2.4 Groenbemesters en onkruidpreventie

De effecten van groenbemesters wat betreft onkruidwerende c.q. –bestrijdende effecten worden als volgt onderverdeeld (zie H. 1.4):

- verkleinen niche om te overleven en te concurreren. Dit geldt vooral bij gewassen die in de stoppel worden gezaaid (in de nazomer) of voor meerjarige gewassen (luzerne etc). Er wordt gebruik gemaakt van het concurrentievermogen van de groenbemester om onkruiden te onderdrukken;
- het vrijkomen van ‘natuurlijke’ herbiciden (allelopathisch effect). Deze stoffen kunnen zowel vrijkomen vanuit intacte wortels als uit (ingewerkte) gewasresten. De hoeveelheden die vanuit levende wortels in de bodem terecht komen zijn meestal te laag om effectief te kunnen zijn.

Mogelijk heeft de resterende biomassa in het voorjaar nog andere effecten op onkruiden b.v. fysieke onderdrukking op stimulering van fytofaag bodemleven.

Als in een proef slechts een beperkt aantal gewassen onderzocht kunnen worden, zou gedacht kunnen worden aan een vertegenwoordiging van de grassen, de kruisbloemigen en de vlinderbloemigen en dan wellicht van elke groep een winterharde en een niet-winterharde soort. De winterharde soort kan gebruikt worden op zandgrond en lichte zavel die ná de winter wordt geploegd, de niet winterharde soort op zware zavel en kleigronden die vóór de winter geploegd worden. In Tabel 6 zijn de groenbemesters genoemd die als eerste in aanmerking komen.

Tabel 6. Aanbevolen groenbemesters voor onkruidonderdrukking en allelopathische effecten.

Familie	Groenbemester	
	niet winterhard, vóór de winter inwerken	winterhard, ná de winter inwerken
Kruisbloemigen	Bladrammenas	winterkoolzaad
Grassen	Italiaans raaigras	winterrogge
Vlinderbloemigen	Rode klaver	luzerne

Eventueel kan ook gedacht worden aan een gras-klaver mengsel. Van dit mengsel is de N-overdracht beter dan van klavers afzonderlijk door het hogere C/N quotiënt, waardoor ook de kans op uitspoeling van nitraat lager is. Tevens dient nog gekeken te worden naar de ‘overige’ groenbemestingsgewassen als *Facelia* en *Afrikaantje*, waarbij het laatste gewas vooral interessant is gezien de bestrijding van wortel-lesie aaltjes (*Pratylenchus penetrans*).

### 3. Inventarisatie van gewassen met allelopathische effecten

Bij groenbemestinggewassen gaat het om het totale effect op onkruid, waarbij het allelopathische effect een (meer of minder) belangrijk onderdeel kan zijn. Dit directe bestrijdingseffect berust op het vrijkomen van stoffen uit (al of niet ingewerkte) gewasresten. Deze stoffen lijken vooral te werken op kiemende onkruidzaden en het effect lijkt omgekeerd evenredig met de zaadgrootte, d.w.z. hoe kleiner het zaad het groter het bestrijdingseffect. Landbouwkundig zijn er daardoor wellicht toepassingsmogelijkheden voor allelopathie als er grote verschillen zijn in zaadomvang tussen het cultuurgewas en onkruidsoorten. Dus bij grofzadige gewassen als maïs, tarwe, gerst, erwten, veld- en tuinboon en stamslaboon.

Liebman en Davies (2000) melden allelopathische effecten van luzerne, klaversoorten en kruisbloemigen. Het is niet uit te sluiten dat door veredeling op andere planteigenschappen de allelopathische werking juist geringer is geworden.

Maar er zijn ook andere plantensoorten bekend met allelopathische effecten op onkruidpopulaties (sorgum, rijst, rogge, koffie etc.). De artikelen van Krishnan *et al.* (1998) en van Petersen *et al.* (2001) behandelen allelopathie van Brassica's. De soorten binnen deze plantenfamilie bevatten glucosinolaten, die in de bodem worden omgezet in (iso)thiocyanaten. Deze stoffen hebben blijkbaar een fysiologisch effect op bepaalde planten, insecten en micro-organismen. Isothiocyanaten zijn over het algemeen vluchtig. Hierdoor kan het onkruidonderdrukkende effect sterker zijn omdat kiemende onkruidzaden via dampwerking beter blootgesteld worden aan de natuurlijke herbiciden. Anderzijds verdwijnt deze stoffen daardoor sneller uit de bodem waardoor de werkingsduur wordt bekort. Petersen et al melden dat meerdere isothiocyanaten binnen 48 uur uit de bodem verdwenen kunnen zijn!

Als allelopathische stoffen (zoals isothiocyanaten) een zeer korte werkingsduur hebben dan lijken er vooral mogelijkheden voor het benutten van allelopathie als de gewassen waar deze stoffen uit vrijkomen pas kort voor het zaaien of planten van het volggewas worden gedood. Aangezien de meeste cultuurgewassen in het voorjaar worden gezaaid of geplant, zal de (kruisbloemige) groenbemester in de meeste gevallen in het voorgaande jaar ingezaaid moeten worden en winterhard moeten zijn. Hier valt te denken aan kruisbloemige gewassen als winterkoolzaad en bladkool. Alleen bij laat in het jaar te zaaien of te planten gewassen, kan een snelgroeende kruisbloemige groenbemester kort ná de winter gezaaid worden (Gele Mosterd of Bladrammenas).

Naast glucosinolaten, zijn er echter ook andere groepen van stoffen met allelopathische eigenschappen, zoals: fenolen, terpenen, coumarinen, en flavonoiden. Als dergelijke stoffen traag vrijkomen en/of een lange werkingsduur hebben, dan kan het groenbemestinggewas op zwaardere gronden vóór de winter worden ingewerkt. Mogelijke gewassen lijken in dat geval: Engels en Italiaans raaigras, klaversoorten, Facelia, Bladrammenas, Gele mosterd, Bladkool.

Op lichtere gronden kan de groenbemester ná de winter worden ondergewerkt, zodat dan winterharde gewassen als Winterrogge, Winterkoolzaad, Luzerne, Engels Raaigras en Witte Klaver in beeld komen. Door extraheren met water toonde Garcia Buitron (2002) de aanwezigheid van kiemremmende stoffen aan in enkele gedroogde gewasresten behorend tot de families der Grasachtigen en vlinderbloemigen.

Tabel 7 geeft een overzicht van gewassen waaraan een allelopathische werking wordt toegeschreven.

Tabel 7. Een overzicht van gewassen met allelopathische werking.

Familie / soort	Nederlandse naam	Engelse naam	Referentie
Compositae	Zonnebloem	Sunflower	Ohno <i>et al.</i> (2001)
<i>Helianthus annuus</i>	Afrikaantje	Marigold	Pritts <i>et al.</i> (1993)
<i>Tagetes spp.</i>	Mexikaanse zonnebloem	Mexican sunflower	Tongma-Suthep <i>et al.</i> (1998, 2001)
<i>Tithonia diversifolia</i>		Pita Bhringaraja	Zeng-RenSen <i>et al.</i> (1994)
<i>Wedelia chinensis</i>			
Convolvulaceae	Zoete aardappel	Sweet potato	Reinhardt <i>et al.</i> (1993)
<i>Ipomoea batatas</i>			
Cruciferae	Chinese kool	Leafy turnip	Vaughn & Boydston (1997); Anaya <i>et al.</i> (1992)
<i>Brassica campestris</i>	Witte mosterd	white mustard	Vaughn & Boydston (1997)
<i>Brassica hirta</i>	Sareptamosterd	Brown mustard	Bialy <i>et al.</i> (1990)
<i>Brassica juncea</i>	Koolzaad	Rapeseed, canola	Vaughn & Boydston (1997)
<i>Brassica napus</i>	Zwarte mosterd	Black mustard	Bialy <i>et al.</i> (1990)
<i>Brassica nigra</i>	Tuinkers	garden cress	Vaughn & Boydston (1997)
<i>Lepidium sativum</i>	Knopherik	Radish	Anaya <i>et al.</i> (1992)
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Radijs	Radish	Uygur <i>et al.</i> (1990)
<i>Raphanus sativus</i>	Gele mosterd	White mustard (seeds)	Ascard & Jonasson (1991)
<i>Sinapis alba</i>			
Cucurbitaceae	Komkommer	Cucumber	Putnam & Duke (1974)
<i>Cucumis sativus</i>			
Graminacea	Haver	Oat	Weston (1996)
<i>Avena sativa</i> L.	Rietzwenkgras	Tall fescue	Springer (1996)
<i>Festuca arundinacea</i>	Gerst	Barley	Ben-Hammouda <i>et al.</i> (2001)
<i>Hordeum vulgare</i>	Italiaans raaigras, Westerwolds raaigras	Italian ryegrass	Breland (1996)
<i>Lolium multiflorum</i>	Engels raaigras		Stirzaker & Bunn (1996)
<i>Lolium perenne</i>	Rijst	Rice, CV Koshihikari	Stirzaker & Bunn (1996)
<i>Lolium rigidum</i>		Pearl millet	Pramanik <i>et al.</i> (2001)
<i>Oryza sativa</i>	Veldbeemd	Kentucky bluegrass	Narwal and Gupta (1991)
<i>Pennisetum glaucum</i>			Lipinska & Harkot (1998)
<i>Poa pratensis</i>			

Tabel 7 (vervolgd). Een overzicht van gewassen met allelopathische werking.

Familie / soort	Nederlandse naam	Engelse naam	Referentie
<i>Secale cereale</i>	Rogge	Rye	Chase <i>et al.</i> (1991); Wocjick-Wojtkowiak <i>et al.</i> (1990); Barnes & Putnam (1983, 1986); Burgos & Talbert (2000); Burgos <i>et al.</i> (1999); Friebe (2001)
<i>Sorghum bicolor</i>	Kafferkoren	Grain sorghum	Cheema & Khaliq (2000); Gavazzi & Paris (2000); Roth-Chad-M <i>et al.</i> (2000)
<i>Sorghum sudanense</i>		Sudan grass	Pritts <i>et al.</i> (1993)
<i>Triticum aestivum</i>	Tarwe	Wheat cultivars	Wu <i>et al.</i> (2001a, 2001); Friebe (2001)
<i>Vulpia myuros</i>	Gewoon langbaardgras	Silvergrass	An <i>et al.</i> (1997, 2001)
<i>Zea mays</i> L.	Mais	Maize	Kato-Noguchi <i>et al.</i> (2000); Friebe (2001)
Labiatae			
<i>Melissa officinalis</i> L.	Citroenmelisse	Lemon balm	Kato-Noguchi (2001)
Leguminosae			
<i>Cajanus cajan</i>	Duivenerwt	Pigeonpea	Balakrishnan & Rajendran (1987)
<i>Canavalia ensiformis</i> ()		Jack bean	Caamal-Maldonado <i>et al.</i> (2001)
<i>Cicer arietinum</i>	Keker	Chickpeas	Khan <i>et al.</i> (1992)
<i>Glycine max</i>	Soja	Soybean	Kalantari (1982)
<i>Lens culinaris</i> Medik	Linze	Lentils	Moyer & Huang (1997)
<i>Medicago sativa</i>	Luzerne	Alfalfa	Xuan & Tsuzuki (2001)
<i>Melilotus</i> spp.	Honingklaver	Sweet clover	Weston (1996)
<i>Mucuna deeringiana</i>		Velvetbean	Caamal-Maldonado <i>et al.</i> (2001)
<i>Mucuna pruriens</i>	Fluweelboon	Mucuna	Miyazaki (2000); Lorenzetti (1998)
<i>Pisum sativum</i>	Erwt	Pea	Schenk & Werner (1991)
<i>Trifolium incarnatum</i>	Incarnaatklaver, Franse klaver	Crimson clover	Lehman & Blum (1997)
<i>Trifolium pratense</i>	Rode klaver	Red clover	Ohno <i>et al.</i> (2000)
<i>Trifolium repens</i>	Witte klaver	White clover	Weston (1996)
<i>Trifolium subterraneum</i>	Onderaardse klaver		Stirzaker & Bunn (1996)
<i>Vicia faba</i>	Tuinboon	Broadbean	Gillessman (1989)
<i>Vicia villosa</i>	Zachte wikke, Bonte wikke	Hairy vetch e.a.	Fuji (2001)
<i>Vigna angularis</i>	Azukiboon	Azuki bean	Miyazaki (2000)
<i>Vigna radiata</i>	Mungboon	Mung bean	Waller <i>et al.</i> (1999)

Tabel 7 (slot). Een overzicht van gewassen met allelopathische werking.

<b>Familie / soort</b>	<b>Nederlandse naam</b>	<b>Engelse naam</b>	<b>Referentie</b>
Linaceae <i>Linum usitatissimum</i>	Vlas	Linseed	Khan <i>et al.</i> (1992)
Malvaceae <i>Mahoea parviflora</i>	Kleinbloemkaasjeskruid		Anaya <i>et al.</i> (1992)
Polygonaceae <i>Fagopyrum esculentum</i>	Boekweit	Buckwheat	Weston (1996)
Umbelliferae <i>Apium graveolens</i>	Selderij	Celery (roots)	Bewick <i>et al.</i> (1994)



## 4. Inventarisatie van kennis over grondbewerkingsmethoden met de nadruk op het inwerken van gewasresten

### 4.1 Inleiding

In het kader van onderzoek naar systeemsgewijze onderdrukking van onkruid waarbij gebruik wordt gemaakt van gewasresten wordt ingegaan op de mogelijkheden van grondbewerking. Het gaat hier om een eerste oriënterende studie die niet gezien kan worden als een alles omvattende literatuurstudie. Vervolgonderzoek in de literatuur is zeker noodzakelijk omdat nog niet alle bronnen in dit stadium zijn uitgeput. In dit hoofdstuk wordt voornamelijk weinig aandacht besteedt aan de verschillende wijzen waarop een gewas met allelopathische effecten in een gewasrotatie kan worden ingezet. De werking van gewasresten kan worden veroorzaakt door allelopathie enerzijds of het opwerpen van een fysische barrière anderzijds.

Bij gebruik van gewasresten kan onderscheid worden gemaakt naar wijze van toepassing. Gewasresten kunnen aan de oppervlakte worden gehouden en/of worden ingewerkt in de grond. Hierbij speelt ook de teeltmethode (b.v. 'no-tillage', 'minimum tillage' etc.) een belangrijke rol.

Wanneer gewasresten aan het oppervlak moeten blijven zal al gauw gekozen moeten worden voor de 'no-tillage' variant.

In paragraaf 4.2 wordt ingegaan op grondbewerkingsprincipes/-methoden met als doel inzicht te krijgen in de juiste aanpak om levend plantmateriaal gecontroleerd op een vooraf bepaalde wijze door de grond te mengen. Als uitgangspunt is genomen de inzet van gangbare grondbewerkingsmethoden. In aansluiting op de meer basale analyse van grondbewerkingsprincipes is een inventarisatie gemaakt van beschikbare grondbewerkingswerktuigen en hun werking (paragraaf 4.3). In paragraaf 4.4 wordt ingegaan op de mogelijkheden voor het inwerken van gewasresten. In paragraaf 4.5 volgt een slotbeschouwing.

De navolgende verhandeling rondom grondbewerking, grondbewerkingswerktuigen, de werking van grondbewerkingswerktuigen en het inwerken van gewasresten is voor een belangrijk deel een samenvatting van het werk van Perdok (1999).

### 4.2 Grondbewerking algemeen

Het meest fundamentele verschil tussen de diverse hoofdgrondbewerkingen is dat tussen kerende en niet-kerende bewerkingen. De kerende bewerking is specifiek voor de risterploeg. Ook spitmachines kunnen een zekere kering bewerkstelligen. De overige werktuigen, die voor de hoofdgrondbewerking gebruikt worden, hebben vooral een mengend effect. Genoemd kunnen worden cultivatoren, schijvenploegen, zware schijveneggen en frezen.

Alle grondbewerkingswerktuigen hebben één effect gemeen, namelijk de verplaatsing van grond. Dit vindt plaats in de werkrichting en dwars op de werkrichting in het horizontale en verticale vlak. Transport in de werkrichting vindt bij vrijwel alle grondbewerkingen plaats. Transport dwars op de rijrichting vindt vooral plaats bij werktuigen, die voorzien zijn van risters, zoals ploegen bij het maken van bedden en aanaarders bij het maken van ruggen, maar ook bij tanden door zijwaartse verplaatsing (spuiten) bij hoge rij snelheden. Verticaal transport vindt vooral plaats door keren en sorteren van los materiaal door tanden van eggen en cultivatoren. De mate en snelheid van mengen en sorteren kan worden beïnvloed

door de vorm, grootte, stand en rijsnelheid van het werktuig. Een kritische rijsnelheid om 'spuiten' te vermijden ligt bij  $1 \text{ m s}^{-1}$ . De mate van transport kan worden beïnvloed door de keuze van het werktuig en de rijsnelheid. Bij ieder transport wordt de grond in beweging gebracht. Soms geeft men de grond zulke snelheden, dat een deel van het transport door de traagheid van de grond plaats vindt. Dit is het duidelijkst bij frezen. Bij een spitmachine wordt de grond van de ene positie in de andere gedragen door zelf een beweging uit te voeren.

Bij vrijwel elke grondbewerking treedt verkrumeling op. Naarmate het tijdstip van zaaien dichterbij komt te liggen zal het verkrumelend effect van een bepaald werktuig sterker moeten zijn.

Voor het goed uit kunnen voeren van een grondbewerking is de bewerkbaarheid een belangrijke parameter. Bij bewerkbaarheid kan men denken aan de verkrumelbaarheid, verdichtbaarheid, versmeerbaarheid en mengbaarheid. Het vochtgehalte van de grond speelt hierbij een belangrijke rol. Bij een toenemend vochtgehalte neemt b.v. de verkrumelbaarheid toe en vervolgens weer af.

## 4.3 Grondbewerkingswerktuigen en hun werking

### 4.3.1 Inleiding

Het directe effect van vrijwel elk grondbewerkingswerktuig komt tot stand door een combinatie van de reacties: verdichten, snijden, transport en breukvorming (Tabel 8).

Tabel 8. *Directe effecten van verschillende grondbewerkingswerktuigen (Perdok, 1999).*

Werktuig	Effect
Ploeg	Keren (ca 135 graden)
Spitmachine	Half-keren (ca 90 graden)
Schoffel	Niet-keren
Getande werktuigen	Sorteren
Frezen	Mengen
Sleep	Egaliseren
Rol	Verdichten
Diverse werktuigen	Verkrumelen

Een goed kerende werking wordt alleen verkregen door gebruik van een risterploeg. De kering hangt af van de breedte/diepte verhouding van de ploegsnede, de rijsnelheid, het ristertype en de zwaarte en het vochtgehalte van de grond. Een half-kerend effect wordt verkregen met spitmachines.

Bij schoffels en ganzevoeten kan men spreken van een niet-kerende grondbewerking. Het bovenste laagje van de bouwvoor wordt afgesneden en hoofdzakelijk in de rijrichting verplaatst.

Van tanden voorziene grondbewerkingswerktuigen hebben in een min of meer verkrumelde grond een sorterend of ontmengend effect. Relatief kleine, gladde, ronde en zware deeltjes worden naar beneden verplaatst en omgekeerd.

Bij grondbewerkingswerktuigen kan onderscheid worden gemaakt tussen niet-aangedreven en aangedreven werktuigen.

### 4.3.2 Niet aangedreven werktuigen

Niet-aangedreven werktuigen kunnen als volgt worden ingedeeld:

- met balken, zoals een sleepbalk, een sleep en een tandensleep;
- met tanden, zoals eggen (tot 10 cm), kultivatoren (tot 25 cm), diepkultivatoren (tot 45 cm) en woelers (vanaf 45 cm);
- met messen, zoals kouters, scharen en schoffels;
- met risters, zoals ploegen, anaarders en anaardschoffels;
- met schijven, zoals ploegen, eggen en anaarders;
- met rollen, zoals rollen, roleggen, verkrumelaars.

#### Slepen

Slepen dienen om het oppervlak te effenen en fijner te maken.

#### Kultivatoren

Bij het werken in los materiaal is de cultivator vergelijkbaar met de eg. Er treden overeenkomstige mengende en sorterende effecten op. Men kan verschillende typen van cultivatortanden onderscheiden: vaste-, stijve-, verend bevestigde- en verende tanden. Ze zijn vooral van belang voor diepe grondbewerking, zoals bij vervanging van de ploeg. Vastetandkultivatoren zijn het meest geschikt om in vaste grond te werken. Ze worden o.a. gebruikt voor het bewerken van de stoppel op zware grond, het voorbereiden van een herfstzaaibed voor granen en bewerking 'over de vorst'. Ze maken de grond niet erg fijn. Kultivatoren met verend bevestigde tanden kunnen op dezelfde manier worden gebruikt als vastetandkultivatoren. Kultivatoren met verende tanden kunnen ook voor ondiepe stoppelbewerking worden gebruikt. Op diepkultivatoren en woelers zal hier verder niet worden ingegaan.

#### Ploegen - Haakploeg

Haakploegen zijn ploegen die de grond openbreken zonder te keren. Vooral in aride gebieden wordt de haakploeg gebruikt. Kenmerkend bij deze bewerking is tevens dat het organisch materiaal grotendeels aan het oppervlak wordt gehouden.

#### Aanbouwentelploeg/rondgaande stoppelploeg

Om te ploegen wordt in Nederland verreweg het meest gebruik gemaakt van aanbouwentelploegen. Verder wordt gebruik gemaakt van een rondgaande ploeg als de stoppelploeg die smal snijdt en voorzien is van kleine risters. Een risterploeg snijdt met een kouter en schaar respectievelijk de verticale en de horizontale zijde van een, langs de open voor liggende, strip (ploegsnede of balk) los. Deze ploegsnede wordt door een gebogen plaat, het rister circa 135 graden gedraaid en in de ernaast liggende open voor gelegd, tegen de voorgaande snede. Het meest unieke effect van de risterploeg, dat hem van alle andere groundbewerkingswerktuigen onderscheidt, is het feit dat hij de grond keert, waardoor gewasresten e.d. goed worden ondergewerkt.

Het ploeglichaam is samengesteld uit de ploegzuil, waaraan de schaar, het rister en het zoolijzer zijn bevestigd. Aan het rister zitten aan de achterkant het strikijzer en aan de bovenkant soms strogeleiders, die het goed onderploegen van stro vergemakkelijken. Aan de ploegboom kunnen zijn bevestigd: het kouter, de voorschaar, de mestinlegger en strogeleiders. Wanneer een gewas, of gewasresten moeten worden ondergewerkt (groenbemesters/stalmest) is een voorschaar/mestinlegger nodig. Voor lange groenbemesters is een voorschaar met strikijzers nodig. Strogeleiders zorgen er ook voor dat gewasresten beter worden ondergewerkt door de kering te bevorderen of de gewasresten omlaag te drukken. Het rister verzorgt hoofdzakelijk het transport van de grond. De vorm en stand van het rister beïnvloeden sterk de verkrumeling en de grondlegging. Hoe steiler het rister hoe sterker de verkrumeling. Hoe sterker gewonden een rister is des te minder de verkrumeling en menging is. Vaak kan door de lengte van de steun achter het rister te veranderen, het rister meer of minder dwars worden geplaatst. Langer maken betekent dwarsere plaatsen van het rister, met als gevolg meer kering, verkrumeling en aansluiting.

In ons land wordt de ploeg in de herfst voor de stoppelbewerking gebruikt. De maximale werkdiepte van stoppelploegen bedraagt circa 15 cm. Plantenresten worden op deze wijze ondergebracht. Daarnaast speelt de ploeg een belangrijke rol bij het op wintervoor brengen van de grond.

### **Schijvenploegen**

Schijvenploegen worden gebruikt voor de hoofdgrondbewerking. Ze bestaan uit één of meer, afzonderlijk op de eigen as bevestigde, door een raam gedragen, holle draaiende schijven. De diepte kan worden geregeld. De kering is geringer, en de verkruiemeling en menging zijn sterker dan bij een risterploeg. In Nederland en omringende landen wordt de schijvenploeg vrijwel niet gebruikt. Dit houdt o.a. verband met de slechtere kering. Schijvenploegen worden vooral gebruikt op gronden met veel gewasresten aan het oppervlak. Bij stoppelschijvenploegen bevinden, zich in tegenstelling tot wat bij de schijvenploegen het geval is, alle schijven zich op één as (geen helling in verticale vlak).

### **Eggen**

In tegenstelling tot slepen, hebben eggen geen wrijvend en een minder egaliserend effect. Eggen zijn in de eerste plaats bedoeld om oppervlakkig in losse grond te werken. Tevens vindt er een ontmengingsproces plaats.

### **Schijveneg**

De stoppelschijvenploeg is veelal vervangen door de schijveneg. Deze werkt nog wat oppervlakkiger. Ook hier staan een aantal schijven op een as. Het meest gebruikt wordt de dubbele schijveneg. Schijveneggen worden gebruikt voor de stoppelbewerkingen en voor oppervlakkige bewerking van geploegde grond. Schijfeggen worden ook vaak gebruikt voor stoppelmulchen.

### **Roleg**

Deze kunnen worden onderverdeeld in stereggen, messeneggen, verkruiemelrollen en andere niet dichte rollen. De messeneg wordt vooral gebruikt bij de stoppelbewerking.

## **4.3.3 Aangedreven werktuigen**

De aangedreven werktuigen kunnen op een vergelijkbare wijze worden ingedeeld:

- met balken, zoals schudeggen;
- met tanden, zoals kopeggen, kopkultivatoren, hakenfrezen, tandenfrezen, schudeggen en woelers (b.v. wipwoeler);
- met messen, zoals messen- en bladenfrezen, kopfrezen en de spitmachine;
- met 'risters', zoals pennenvijzelstrokenfrezen, werpradstrokenfrezen en de freesploeg;
- met schijven, zoals de aangedreven schijveneg;
- met rollen, zoals de rol van grondontsmetter.

### **Eggen - Schudeg**

Bij schudeggen worden de belangrijkste werkende delen gevormd door een aantal dwars op de rijrichting heen en weer te bewegen balken bevestigde rijen tanden. Deze verkruiemelen de grond. Op middelzware en zware gronden treedt in zekere mate sortering van grondaggregaten op.

### **Kanteleg**

Dit zijn eggen met aan kantelschijven bevestigde elementen met tanden of 'sterren', die door een aangedreven as in beweging worden gebracht. Qua toepassing is de kanteleg vergelijkbaar met de schudeg (klaarmaken zaaibed).

**Kopeg**

Een kopeg is een aangedreven eg, waarbij telkens twee, meestal iets slepend staande tanden aan in elkaar grijpende horizontale tandwielen zijn bevestigd. Bij kopeggen worden tanden soms stekend gebruikt, b.v. bij de stoppelbewerking en het onderwerken van een groenbemester. Kopeggen worden primair gebruikt voor het klaarmaken van het zaaibed.

**Kopkultivator**

Dit zijn in feite zwaar uitgevoerde kopeggen. Ze hebben een circa twee maal grotere werkdiepte, terwijl de tanden voorzien zijn van stekend staande beitels.

**Frezen****Tandenfreese**

Tandenfrezen zijn frezen met rechte vaste tanden. De elementen werken verticaal, ze mengen beter dan werktuigen met horizontaal werkende. Tandenfrezen zijn bedoeld voor het klaarmaken van het zaaibed op reeds bewerkte grond.

**Hakenfreese**

Deze zijn voorzien van gebogen tanden, die als haken zijn uitgevoerd, met het uiteinde gebogen in de werkrichting. Doel is met name het maken van een verkrumelde losse laag zonder kluiten.

**Bladen- en messenfreese**

Bij bladen- en messenfrezen bestaat het werkende deel vrijwel altijd uit een horizontale as, dwars op de voortbewegingsrichting, met daarop bevestigde messen of bladen. Messenfrezen worden meer gebruikt in reeds geploegde of losgemaakte grond. De frees is een veelzijdig werktuig die o.a. kan worden gebruikt voor stoppelbewerkingen en het inwerken van organisch materiaal. Het voor frezen benodigde vermogen is echter groot.

**Tandenvijzel(stroken)freese/werprad(stroken)freese**

Bij de aangedreven werktuigen met risters kunnen met name de tandenvijzel(stroken)freese en de werprad(stroken)freese worden onderscheiden. Beide frezen maken tegelijkertijd losse grond en een rug.

**Freesploeg**

De losmakende werking van de ploeg en de sterk verbrokkelende werking van de frees kan worden gecombineerd met een freesploeg. Op deze wijze kan de hoofdgrondbewerking en het maken van het zaaibed worden gecombineerd.

**Spitmachines**

Spitmachines worden vooral gebruikt op zware grond en in de vollegrondsgroenteteelt. Als het in het najaar te nat is om te ploegen, is er vaak nog wel een spitbewerking uit te voeren (Korver, 2002). Het voordeel hiervan is dat in dezelfde werkgang ook gezaaid kan worden. Spitmachines hebben evenals frezen een as met daarop bevestigde werkende delen in de vorm van bladen of spaden. De grond wordt veelal slechts 90 graden gekeerd. Spitmachines worden gebruikt voor de hoofdgrondbewerking en hebben een grote werkdiepte (tot 35 cm).

Dan zijn er nog de spitkultivatoren met een langzaam draaiende (70-100 tpm) bladenfrees met een haplengete van 25 cm en een werkdiepte van 10 cm. Bij een optimale rijnsnelheid was de geschatte bedekkingsgraad circa 75 %.

### 4.3.4 Combinatie-werktuigen

Combinatie werktuigen zijn werktuigen die meer dan één bewerking of behandeling, gewoonlijk door afzonderlijke werktuigen uitgevoerd, in dezelfde werkgang verrichten. Een voorbeeld hiervan is een strohakselaar, kultivator en frees (zaaibedcombinatie).

Sommige werktuigen mulchen d.w.z. voeren een bewerking uit die b.v. gewasresten in de bovenste laag van de grond mengen of verspreiden op het grondoppervlak om m.n. de vertering te bevorderen.

In Duitsland zijn diverse combinaties met freeswerktuigen en kultivatoren ontwikkeld, waarbij in één arbeidsgang van een stoppelveld een zaaibed kan worden gemaakt.

## 4.4 Inwerken van gewasresten

In het algemeen worden levende gewasresten door grondbewerking gedood. Creamer *et al.* (2002) vond echter in haar review dat veel covercrops met chemische middelen worden gedood. Tevens vond ze een nieuwe tendens naar meer mechanische doding van covercrops. Methoden genoemd in de studie van Creamer *et al.* (2002) zijn maaien, rollen, 'roll-chopping', 'undercutting' and 'partial rototilling'. Het succes van de verschillende methoden is deels afhankelijk van gewasstadium en groeistadium.

In deze paragraaf wordt voor de verschillende grondbewerkingswerktuigen ingegaan op de mogelijkheden van het inwerken van gewasresten.

### Ploegen

Een risterploeg keert de grond, waardoor gewasresten e.d. goed worden ondergewerkt.

Aan het rister zit aan de achterkant het strijkijzer en aan de bovenkant soms strogeleiders, die het goed onderploegen van stro vergemakkelijken. Het onderploegen van onverteerd lang stro geeft in de grond storende lagen die de vochtbeweging belemmeren. Bij het door de grond mengen van stro spelen de volumeverhoudingen een belangrijke rol. Het mengen lukt alleen als het stro zozeer verkleind is dat de stukjes een zelfde orde van grootte hebben, of kleiner zijn, dan de dikte van de losse laag waar het stro doorgemengd zal worden. Hakselen is een optie.

Wanneer een gewas, of gewasresten moeten worden ondergewerkt (groenbemesters/stalmest) is een voorschaar/mestinlegger nodig. Voor grassen en winterharde groenbemesters moet de voorschaar dieper, dwars en verder naar voren worden geplaatst, dan bij niet winterharde groenbemesters om hergroei te voorkomen. Voor lange groenbemesters is een voorschaar met strijkijzers nodig. Strogeleiders zorgen er voor dat gewasresten beter worden ondergewerkt door de kering te bevorderen of de gewasresten omlaag te drukken.

Bij het werken met een ploeg in veel gewasresten wordt een platte schijfkouter met gekartelde rand gebruikt. Het is vooral niet de bedoeling dat plantenresten als een mat onder de bouwvoor komen te liggen, maar meer in schuinstaande stroken langs het onderste deel van de ploegsnede. Dit om storende lagen, die met name de vochtbeweging belemmeren, te voorkomen.

In Tabel 9 is de bedekking van gewasresten en onkruid door diverse grondbewerkingswerktuigen weergegeven. De ploeg scoort qua bedekkingsgraad het hoogst.

Schijvenploegen worden speciaal geschikt geacht voor gebruik op gronden met veel gewasresten aan het oppervlak. Deze worden ook beter doorsneden, vooral wanneer de randen geschulpt zijn. Uit Tabel 9 blijkt dat een schijvenploeg een bedekkingsgraad geeft van circa 50%. In Nederland worden ook stoppelschijvenploegen weinig gebruikt omdat o.a. stoppels onvoldoende worden afgedekt. Het grote voordeel van schijfwerktuigen is dat ze goed door gewasresten snijden.

Kenmerkend bij een bewerking met een haakploeg is dat het organisch materiaal grotendeels aan het oppervlak wordt gehouden.

Tabel 9. Bedekking van gewasresten en onkruid door diverse grondbewerkingswerktuigen (Bukhari et al., 1988).

Werktuig	Bedekkingsgraad (%)
Risterploegen	95
Schijvenploegen	48
Kultivatoren	5

### Kultivatoren

Vastetandkultivatoren worden o.a. gebruikt voor het bewerken van de stoppel op zware grond. Kultivatoren met verende tanden kunnen voor een ondiepe stoppelbewerking worden gebruikt. Verkleind stro kan door triltandkultivatoren door de grond gemengd worden. Een hieraan voorafgaande bewerking met een stoppelploeg geeft minder kans op verstoppingen. Uit Tabel 9 blijkt dat de bedekkingsgraad slechts 5% betreft. Triltandkultivatoren hebben een mengende werking maar er blijft relatief veel materiaal in de eerste 5 cm van de bouwvoor (Tabel 10).

Voor het inwerken van gewasresten kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van de Vibroflex stoppelkultivator (Kongskilde). De machine is uitgevoerd met zogenaamde vibroflex tanden en zorgt voor een uitstekend mengeffect op dieptes van 5-15 cm. Voordeel is dat deze machine tot grote werkbreedtes leverbaar is (Anonymus, 2001).

### Spitmachine

Bij het half-kerend effect van een spitmachine worden onkruid en gewasresten onvolledig afgedekt. Bij spitmachines wordt de grond veelal slechts 90 graden gekeerd, waardoor onkruid en gewasresten niet goed worden ondergebracht. Roterende spitmachines worden gebruikt voor het inwerken van granulaten (Sprong, 1989).

### Eggen

De messeneg wordt vooral gebruikt bij de stoppelbewerking. Bij de stoppelbewerking en het onderwerken van een groenbemester worden bij kopeggen tanden stekend gebruikt. Schijveneggen kunnen door hun mengende werking stro verkleinen. Schijveneggen worden ook vaak gebruikt voor stoppelmulchen. Het grote voordeel is dat ze goed door gewasresten snijden. Ze hebben een mengende werking maar er blijft relatief veel materiaal in de eerste 5 cm van de bouwvoor (Tabel 10).

Jones *et al.* (1999) voerden proeven uit waarbij twee behandelingen werden getoetst: gewasresten op het oppervlak en vermengen van de gewasresten door de grond met een rotary hoe (stereg). Hiervoor werden verschillende gewassen gebruikt. Er was een tendens dat de biomassa-productie van het object waarbij de gewasresten aan de oppervlakte zijn gehouden iets lager was. Mogelijk werd dit veroorzaakt door fysische aspecten.

Door Peeters (1988) is gerapporteerd over onderwerken van mest en groenbemester. Er werd hierbij uitgegaan van een voorbewerking voorafgaand aan het ploegen. Hiervoor werden drie werktuigen vergeleken: de schijfkultivator, messeneg en de schijveneg. Het betrof hier een grasgroenbemester. De schijfkultivator die het in de mest zo goed deed liet het bij het bewerken van groenbemester afweten. De machine liep vol en liet de grond erg ongelijk achter. Door de vaste tanden werden grote stukken groenbemester losgetrokken die de schijven onvoldoende kon verwerken. De messeneg en de schijveneg deden het veel beter.

### Frezen

Wil men gewas (resten), zoals stro, stalmest of groenbemester en graszaadstoppels door de grond mengen, dan kan dat door gebruik te maken van frezen. In Tabel 10 is de mengende werking voor een drietal werktuigen, waaronder een frees, weergegeven. De verdeling over de drie bemonsterde lagen is bij de frees het beste.

Is het materiaal gemakkelijk snijdbaar, dan is de frees in staat grote hoeveelheden organisch materiaal in één keer in de grond te werken. Voor het verwerken van langstengelig en taai materiaal, zoals graanstro, is vooraf hakselen gewenst. De mengende werking van de frees kan men door kunstgrepen beïnvloeden. Door het openzetten van de kap komen de lichtere en grotere delen aan het oppervlak te liggen. Bij een boven overdraaiende frees is een rooster aangebracht dat wel fijnere grond maar geen (gras)stoppels doorlaat, zodat de laatste onderin de bewerkte laag komen te liggen (ontmengen). Bij frezen kan een rooster worden ingebouwd om b.v. gewasresten onder in de bewerkte laag te brengen. Frezen met L-vormige messen, bladenfrezen, snijden behalve in een verticaal vlak ook in een gebogen vlak dwars er op. Met dit type kunnen grote hoeveelheden organisch materiaal in éénmaal ingewerkt worden, doordat ze lang materiaal in kleine stukken kunnen snijden. De frees is dus een veelzijdig werktuig die o.a. kan worden gebruikt voor stoppelbewerkingen en het inwerken van organisch materiaal.

Tabel 10. *Mengende werking (%) van een aantal werktuigen na het aanbrenge van materiaal op het oppervlak (Perdok, 1999).*

Diepte (cm)	Frees		Schijveneg		Triltand	
	1 maal	2 maal	1 maal	2 maal	1 maal	2 maal
5.1	51	34	78	69	84	-
10.2	38	35	22	30	16	-
15.2	11	31	0	1	0	-

### Combinatiewerktuigen

Door combinaties te maken met freeswerktuigen en kultivatoren kan in één arbeidsgang van een stoppelveld een zaaibed kan worden gemaakt.

De Smaragd (Lemken) wordt gebruikt voor het onderwerken van mengmest en stalmest, voor de stoppelbewerking en voor het losmaken van grond. Het werktuig is een combinatie van een vastetandkultivator en een schijveneg. De rijen vaste tanden zijn uitgerust met vleugelscharen die de grond over de volle breedte losmaken, ook bij een werkdiepte van 5-10 cm. Achter de tanden zijn schuingeplaatste schijven gemonteerd die zorgen voor een goede verkrumeling en egalisatie van de ruggen. Een verkrumelrol zorgt voor het aandrukken en voor het instellen van de werkdiepte (Anonymus, 1991).

De nieuwe compacte schijveneg Catros van Amazone is zeer geschikt voor oppervlakkige, intensief vermengende grondbewerking, zoals die bij stoppelbewerking wordt verlangd (Amazone, 2002).

Plantenresten, zoals stoppels, stro en tussengewassen, kunnen ondiep worden ingewerkt. De versprongen en schuine opstelling van de schijven ten opzichte van de rijrichting zorgt voor uitstekend inwerken van de oogstresten en vermenging van de grond. Het bewerkte oppervlak wordt strooksgewijs verdicht.

Er kan voor ploegloze stoppelbewerking uit een reeks van werktuigen worden gekozen. Een greep hieruit is weergegeven in Tabel 11.



Tabel 11. Gegevens van werktuigen voor ploegloze stoppelbewerking (Hoenderken &amp; van Loo 2002).

Merk	Type	Soort	Samenstelling
Amazone	Pegasus SG 401-2	Aanbouw	Cultivator met vl. Scharen/schijveneg/pennenwals
Amazone	Catros 6000*)	Aanbouw	Schijveneg/V-ring naloopwals
	Centaur	Getrokken	Cultivator/schijveneg/wals
Horsch	Flachgrubber FG	Getrokken	Cultivator/eg
Howard	Delta HSF 300	Getrokken	Cultivator/schijveneg/kooirol
Köckerling	Quadro	Getrokken	Cultivat. m. ganzevoet/egalisatiebalk/sterrol/eg
Kverneland	CLD	Getrokken	Cultivat. m. ganzevoet/schijveneg/kooirol
Lemken	Quarz 7/600 K	Aanbouw	Cultivator/kopeg/tandenbalk/trapezerol
	Smaragd 9 KU 500	Getrokken	Cultivator m. vl. Scharen/sch. eg/eg/wals
Moore	Mulch Mix DR 470	Getrokken	Cultivator m. ganzenv. Scharen/sch. eg/pakk. Rol
Pöttinger	Synkro 3000	Aanbouw	Cultivator m. ganzenv. Sch./sch. eg/ t. wals
Rabe	Lue Bird GHF 300	Front	Cultivator met ganzenvoet scharen
Väderstad	Carrier CR 500	Getrokken	Schijveneg/wals

\*) toegevoegd aan tabel van Hoenderken & van Loo 2002

## 4.5 Slotbeschouwing

Uit de inventarisatie blijkt dat er rondom het bewerken van grond tal van mogelijkheden zijn. Ook met betrekking tot het inwerken van gewasresten is enige informatie beschikbaar. Vaak echter is het de gewoonte om gewasresten onder te ploegen, waarna de vervolgrondbewerkingen plaatsvinden. Het valt sterk te betwijfelen of na het onderploegen van gewasresten nog sprake is van voldoende allelopathische werking.

Belangrijk punt van onderzoek is dan ook in kaart te brengen op welke wijze gewasresten het beste in de grond gebracht kunnen worden. Hierbij dient dan de laag waarin het materiaal terecht moet komen en de graad van menging duidelijk gedefinieerd te worden. Per gewas (type) kan dit mogelijk verschillen.

Welke methode van inbrengen zal worden toegepast zal mede afhangen van de voorbereiding die het levende materiaal ondergaat. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan hakselen, klepelen etc. Ook kan het al dan niet aan de lucht laten drogen van het organische materiaal vóór inwerken van invloed zijn op de allelopathische werking.

Om tot een optimale allelopathische werking te komen dient aandacht te worden geschonken aan zaken als de graad van verdichting van de grond, de deeltjesgrootte en de fysieke toestand van de deeltjes. Uit onderzoek zal moeten blijken waar het optimum voor deze aspecten ligt. Het is goed denkbaar dat de allelopathische werking hiermee kan worden verlengd en/of efficiënter wordt.

Bij verdichting speelt het poriënvolume een belangrijke rol. Mocht het poriënvolume van invloed zijn op de allelopathische werking, dan kan hiermee rekening worden gehouden bij het bewerken en berijden van de grond. Het poriënvolume is beïnvloedbaar.

Pas als de gewenste grootte van de gewasdelen bekend is kan gericht worden gezocht naar de juiste methode om tot verkleining te komen. Relevant hierbij is of het materiaal daarbij alleen moet worden gesneden, gekneusd, verhakseld of een combinatie hiervan.

De eigenschappen van het verkleinde materiaal zullen waarschijnlijk van grote invloed zijn op de vertingssnelheid en het vrijkomen van de stoffen verantwoordelijk voor de allelopathische werking.

Wanneer gekozen wordt voor het inwerken van gewasresten dienen de gevolgen voor de zaaibedbereiding en het zaaien nader te worden onderzocht.

Naast het inbrengen van de gewasresten kan ook gekozen worden voor het aan het oppervlak houden van het materiaal. Dit stelt echter wel speciale eisen aan de zaaitechniek. Hiervoor kunnen zaaielementen met schijfkouters worden toegepast. Deze kunnen in onbewerkte grond zaaien met een constante diepte, ook al liggen gewasresten op het perceel (Korver, 2002).

Uit deze slotbeschouwing blijkt dat om te komen tot een optimale allelopathische werking er nog veel vragen zijn omtrent de juiste behandelingswijze van het gewas. In vervolgonderzoek vereist dit dan ook een goed gestructureerde aanpak.

## 5. Conclusies en aanbevelingen voor onderzoek aan onkruidpreventie door toepassing van groenbemesters

Om de arbeidsinzet te verminderen bestaat er in biologische teeltsystemen behoefte aan alternatieve methoden van onkruidbeheer, waarbij er meer nadruk wordt gelegd op preventie en de tijdshorizon die van een enkel groeiseizoen overschrijdt. Deze behoefte is het grootst op bedrijven met een gevarieerd aanbod van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten.

Liebman & Davies (2000) lieten zien dat door toepassing van enkele ecologische principes, aangevuld met een uitgekiende vruchtwisseling, het onkruid op biologische akkerbouwbedrijven van enkele honderden hectares beheerst kan worden. Dit maakt het interessant om te onderzoeken of dit Amerikaanse systeem vertaald kan worden naar Nederlandse biologische bedrijven met een ruim bouwplan van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten. Eén van de belangrijkste principes lijkt het bedekt houden van de bodem tussen twee teelten met een gewas of gewasresten. Opgenomen in de rotatie tussen twee hoofdgewassen, zouden deze gewassen langs twee mechanismen bij kunnen dragen aan een vermindering van de opbouw van onkruidpopulaties. In de nazomer en herfst kan de vestiging van een goed ontwikkeld gewas de groei, ontwikkeling en met name de zaadproductie van onkruiden tegengaan. Liebman & Davies (2000) omschrijven dit als 'verkleinen van de niche om te overleven en te concurreren'. De geproduceerde biomassa kan vervolgens in de winter en het vroege voorjaar worden gebruikt met een mogelijk onderdrukkend effect op de kieming, vestiging en vroege groei van onkruiden door middel van biochemische en fysische interacties.

Gewassen waarvan het teeltdoel niet een te verkopen of anderszins in de bedrijfsvoering te gebruiken product is, maar het verbeteren of in stand houden van fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid, het voorkomen van erosie of het onderdrukken van onkruiden worden meestal aangeduid als 'groenbemesters' hoewel die term voor sommige toepassingen misleidend is. Groenbemesters uit diverse plantenfamilies worden in Nederland regelmatig toegepast, maar nog nauwelijks met als doel om onkruidgroei te onderdrukken.

Om een goed inzicht te krijgen in de mogelijke rol van groenbemesters bij het ecologisch beheer van onkruidpopulaties is meer inzicht nodig in de wijze waarop en de mate waarin groenbemesters de opbouw van onkruidpopulaties kunnen beïnvloeden. Daaraan gekoppeld is inzicht nodig in de wijze waarop dergelijke effecten geoptimaliseerd kunnen worden. Tenslotte zal voor een inschatting van de praktische toepasbaarheid een inventarisatie gemaakt moet worden naar neven-effecten van groenbemesters op b.v. het nutriëntenbeheer en de regulering van ziekten en plagen. Ook de vereisten ten aanzien van de hoofdgrondbewerking, de verkleining van gewasresten en verdere bodembewerkingen om de gewenste effecten te bereiken en ongewenste effecten te vermijden zullen in een dergelijke inventarisatie betrokken moeten worden.

In de navolgende paragrafen worden de aanbevelingen voor nader onderzoek verder uitgewerkt:

- Welke mechanismen zijn relevant bij het onkruidbeheer door groenbemesters in het najaar en in het voorjaar? (5.1)
- Hoe kan de onkruidbeheersfunctie van groenbemesters worden geoptimaliseerd? (5.2)
- Hoe kunnen de effecten over meerdere jaren worden geschat? (5.3)
- Welke specifieke eisen worden gesteld aan mechanisatie? (5.4)
- Wat zijn de neven-effecten waar rekening mee dient te worden gehouden? (5.5)

## 5.1 Groenbemesters en onkruidbeheer: wat zijn de mechanismen

Verwacht wordt dat de inzet van groenbemesters mogelijk een gunstige bijdrage kan leveren aan het beheer van onkruidpopulaties. Voor het verkrijgen van duidelijkheid hieromtrent is het in de eerste plaats van belang inzicht te krijgen in de mechanismen die hierbij een rol spelen.

### 1a Onkruidonderdrukking door groenbemesters in het najaar

In het najaar zal de groenbemester de veronkruiding van de stoppel moeten tegengaan door een vlotte en volledige grondbedekking te bewerkstelligen en onkruiden op deze manier geen kans te geven.

Voorname doel is in dit geval dus het tegengaan of verminderen van zaadproductie door onkruiden.

Relevante vragen zijn:

- *Hoe belangrijk is onkruidonderdrukking in het najaar voor de populatie-reductie van akkeronkruiden?*
- *In welke mate is groei en zaadproductie van onkruiden in het najaar terug te brengen door de verbouw van groenbemesters?*
- *Welke eigenschappen van de groenbemester zijn verantwoordelijk voor de onkruidonderdrukking?*

### 1b Nawerking gewasresten in het voorjaar

De geproduceerde biomassa kan in het voorjaar mogelijk een effect hebben op de vestiging en ontwikkeling van onkruiden. Het gaat in dit geval dus vooral om een verminderde of een vertraagde opkomst van het onkruid. In beide gevallen resulterend in minder problemen ten gevolge van onkruiden. Relevante vragen:

- *Op welke wijze beïnvloedt de geproduceerde biomassa de ontwikkeling van onkruiden (allelopathie, fysieke barriere, stimulering bodemleven)?*
- *Welke processen/ levensstadia van het onkruid worden beïnvloed (overleving: kieming (fractie, snelheid); groei)*
- *Welke relatie bestaat er tussen de aard van de biomassa (soort en ras, eventueel dood/levend), hoeveelheid biomassa en de omvang van deze effecten?*
- *Welke omstandigheden zijn van invloed op de werking (verdeling biomassa in de bodem, poriënvolume, etc.)?*
- *Wat is het werkings-spectrum (hoe soort-specifiek is de werking)?*
- *Is allelopathie gekoppeld aan een specifieke stof, of aan een complex van stoffen?*

### 1c Overige effecten

Mogelijk dat een groenbemester ook via andere manieren een bijdrage kan leveren aan de vermindering van het onkruidprobleem.

Relevante vragen:

- *Zijn er andere mechanismen waarlangs groenbemesters bijdragen aan onkruidbeheer? Genoemd: effect via beschikbare N, verhoogde zaadpredatie.*

## 5.2 Optimalisatie van de onkruidbeheersfunctie van groenbemesters

De rol van groenbemesters als component in het onkruidbeheer is tot nu toe onderbelicht. Op welke wijze dit effect verder geoptimaliseerd kan worden is onduidelijk. Chronologisch gezien worden hieronder de mogelijkheden benoemd:

## 2a Zaai/introductie

- *Op welke plek in de gewasrotatie kunnen groenbemesters het best worden opgenomen? (na een specifiek gewas?; voor een specifiek gewas?)*
- *Wat is het meest geschikte tijdstip van introductie?*
- *Moet de groenbemester als onderzaai in een dekvrucht worden gezaaid of na de oogst van het hoofdgewas?*
- *Welke gewassen geven een vlotte gewassluiting en onderdrukken onkruiden het best?*
- *Welk risico op mislukking (in relatie tot zaaitijdstip) brengen de verschillende gewassen met zich mee?*

## 2b Verwerking van gewasresten

- *Moet het gewas voor de winter afsterven of juist winterhard zijn?*
- *Hoe moet een niet-afstervend groenbemestingsgewas worden gedood?*
- *Moeten de gewasresten verder worden verwerkt (bv versnipperd, gekneusd) en zo ja op welk tijdstip?*
- *Moeten de gewasresten worden ondergewerkt of als een laag op de grond blijven liggen?*

## 5.3 Van éénjarige effecten naar consequenties voor de lange-termijn

Het is zeer de vraag of de effecten binnen een seizoen afdoende zijn. Mogelijk dat veel meer gedacht moet worden aan effecten op de lange termijn, zoals het geleidelijk verminderen van de zaadvoorraad. Vraag is dan op welke wijze deze lange-termijn effecten goed bepaald dan wel ingeschat kunnen worden.

### 3a Inschatting lange termijn effecten

- *Kunnen lange-termijneffecten van groenbemesters op onkruidbeheer goed worden ingeschat middels experimentele waarnemingen op procesniveau gecombineerd met modellering?*
- *Bestaan er mogelijkheden (financiering) voor lange-termijn experimenten?*
- *Hoe zouden dergelijke lange-termijn experimenten er uit moeten zien en op welk moment (met welk kennisniveau) zouden ze moeten worden ingezet?*

## 5.4 Eisen aan de mechanisatie

Bij de mechanisatie gaat het om twee zaken. In hoeverre blijft de huidige mechanisatie bruikbaar in een systeem met een groter aandeel gewasresten en in hoeverre is er behoefte aan specifieke mechanisatie voor de verwerking/bewerking van gewasresten.

### 4a Bruikbaarheid huidige mechanisatie bij extra gewasresten

- *In hoeverre wordt zaaien en zaai-bedbereiding van het volggewas bemoeilijkt door de aanwezigheid van extra gewasresten?*
- *Kan de bestaande mechanisatie eventueel worden aangepast om problemen te voorkomen?*

### 4b Behoeft aan extra/nieuwe mechanisatie voor gewasrestmanagement

- *Met welke mechanisatie kan de bewerking van de gewasresten het best worden uitgevoerd?*

## 5.5 Onbedoelde neven-effecten

Bij het beoordelen van de onkruidbeheersfunctie van groenbemesters moeten effecten op andere zaken niet uit het oog worden verloren, omdat deze de inpasbaarheid van groenbemesters in de gewasrotatie mede bepalen. Vragen die hierbij naar voren komen zijn:

### 5a Kieming en groei gewas

- *In hoeverre wordt naast de kieming en groei van onkruidzaden ook de kieming en groei van gewaszaden beïnvloed?*

### 5b Stikstofbeheer

- *Welke gevolgen heeft de groenbemester voor de stikstofbeschikbaarheid van het volggewas?*

### 5c Ziekten en plagen

- *Wat zijn de effecten van groenbemesters op de populatieopbouw van nematoden, kiemplant-schimmels, plaaginsecten of slakken?*

### 5d Groenbemester als onkruid

- *Kunnen groenbemesters, via bv. zaadvorming of wortelstok, als onkruid terugkeren in het volggewas?*

### 5e Belemmering mechanische onkruidbestrijding

- *Wat is het belang van onkruiden die niet voldoende door de groenbemester worden onderdrukt en in hoeverre onder-vinden andere vormen van onkruidbeheersing (bijv. mechanische bestrijding) hinder van groenbemesting.*

## 6. Referenties

- Amazone, 2002.  
Brochure Amazone Catros, Amazone-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG, Hasbergen-Gaste..
- An, M., J.E. Pratley, T. Haig & P. Jellett, 1997.  
Genotypic variation of plant species to the allelopathic effects of vulpia residues. *Australian-Journal-of-Experimental-Agriculture* 37, 647-660.
- An, M., J.E. Pratley, T. Haig, M. An, 2001.  
Phytotoxicity of vulpia residues: III. Biological activity of identified allelochemicals from *Vulpia myuros*. *Journal-of-Chemical-Ecology* 27, 383-394.
- Anaya, A.L., R.C. Ortega, V.N. Rodriguez, S.J.H. Rizvi (ed.) & V. Rizvi, 1992.  
Impact of allelopathy in the traditional management of agro-ecosystems in Mexico. In: *Allelopathy, basic and applied aspects*. Chapman and Hall, London, UK, pp. 271-301.
- Anonymus, 1991.  
Lemken Smaragd voor onderwerken van mest. *Landbouwmechanisatie* 6, 87.
- Anonymus, 2001.  
Er is meer tussen hemel en aarde... Kongskilde Vibro Flex stoppelkultivator. *Landbouwmechanisatie* 7/8, 3.
- Anonymus, 2002.  
Rassenlijst Landbouwgewassen.
- Ascard, J. & T. Jonasson, 1991.  
White mustard meal interesting for weed control. *Swedish Crop Protection Conference. Weeds and weed control* 32, 139-155.
- Balakrishnan, K. & C. Rajendran, 1987.  
Allelopathic potential of pigeonpea on crop plants. *Madras Agricultural Journal* 74, 403-404.
- Barnes, J.P. & A.R. Putnam, 1983.  
Rye residues contribute weed suppression in no-tillage cropping systems. *J. Chem. Ecol.* 9, 1045-1057.
- Barnes, J. & A.R. Putnam, 1986.  
Evidence for allelopathy by residues and aqueous extracts of rye (*Secale cereale*). *Weed Science* 34, 384-390.
- Baumann, D. T., 2001.  
Competitive suppression of weeds in a leek-celery intercropping system. *Proefschrift Wageningen Universiteit*, 190 pp.
- Bialy, Z., W. Oleszek, J. Lewis & G.R. Fenwick, 1990.  
Allelopathic potential of glucosinilates (mustard oil glycosides) and their degradation products against wheat. *Plant and Soil* 129, 277-281.
- Ben-Hammouda, M., H. Ghorbal, R.J. Kremer & O. Oueslati, 2001.  
Allelopathic effects of barley extracts on germination and seedlings growth of bread and durum wheats. *Agronomie* 21, 65-71.
- Bewick, T.A., D.G. Shilling, J.A. Dusky & D. Williams, 1994.  
Effects of celery (*Apium graveolens*) root residue on growth of various crops and weeds. *Weed Technology*. 1994, 8, 3, 625-629.
- Breland, T.A., 1996.  
Phytotoxic effects of fresh and decomposing cover crop residues. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 355-362.
- Bukhari, S., M.A. Bhutto, J.M. Buloch, A.B. Bhutto & A.N. Mirani, 1988.  
Performance of selected tillage implements. *Agricultural Mechanization in Asia* 19, 9-14.
- Burgos, N.R. & R.E. Talbert, 2000.  
Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedling bioassays. *Weed Science* 48, 302-310.

- Burgos, N.R., R.E. Talbert & J.D. Mattice, 2000.  
Cultivar and age differences in the production of allelochemicals by *Secale cereale*. *Weed Science* 47, 481-485.
- Caamal-Maldonado, J.A., J.J. Jimenez-Osornio, A. Torres-Barragan & A.L. Anaya, 2001.  
The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. Second World Congress on Allelopathy, 'Allelopathy in Natural and Managed Ecosystems,' held at Lakehead University, Thunder Bay, Canada, 9-13 Aug. 1999. *Agronomy Journal* 93, 27-36.
- Chase, W.R., M.G. Nair & A.R. Putnam, 1991.  
Selective toxicity of rye (*Secale cereale* L.) allelochemicals to weed and crop species: 2,2'-oxo-1,1'-azobenzene. *Journal of Chemical Ecology* 17, 9-19.
- Chaves N., T. Sosa, J.C. Alias & J.C. Escudero, 2001.  
Identification and effects of interaction phytotoxic compounds from exudate of *Cistus ladanifer* leaves. *Journal of Chemical Ecology* 27, 611-621,
- Cheema, Z.A. & A. Khaliq, 2000.  
Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semi arid region of Punjab. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79, 105-112.
- Creamer, N.G. & S.M. Dabney, 2002.  
Killing cover crops mechanically: Review of recent literature and assessment of new research results. *American Journal of Alternative Agriculture* 17, 32-40.
- Elema, A.G. & P.C. Scheepens, 1990.  
Een risico-analyse voor de verspreiding van onkruiden en plantenziekten met dierlijke mest. In: Themadag benutting dierlijke mest in de akkerbouw, Themaboekje nr. 10, Proefstation en Informatie- en Kenniscentrum voor de Akkerbouw en de groententeelt in de vollegrond, pp. 69-78.
- Friebe, A., 2001.  
Role of benzoxazinones in cereals. *Journal of Crop Production* 4, 379-400.
- Fujii, Y., 2001.  
Screening and future exploitation of allelopathic plants as alternative herbicides with special reference to hairy vetch. *Journal of Crop Production* 4, 257-275.
- Garcia Buitron, A., 2002.  
Interference of cover crop residues on weed emergence in organic farming. MSc Thesis Ecological Agriculture, Wageningen University and Research Centre, 53 + 10 pp.
- Gavazzi, C. & P. Paris, 2000.  
Allelopathy: do plants hate each other too? (Italian). *Informatore Agrario* 56, 53-55.
- Gliessman, S.R., 1989.  
Allelopathy and agricultural sustainability. Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series No. 9, 69-79.
- Hoenderken, J.A. & L. van Loo, 2001.  
Stoppelbewerken en zaaien zonder ploegen in Sauerland, *Landbouwmechanisatie* 11, 14-16.
- Jones, E., R.S. Jessop, B.M. Sindel & A. Hoult, 1999.  
Utilising crop residues to control weeds. In: Bishop, A., Boersma, M. and Barnes, C.D. (ed.) 1999. *Proceedings of the 12th Australian Weeds Conference*. Tasmanian Weeds Society, Devonport. pp. 373-376.
- Kalantari, I., 1982.  
Stimulation of corn seedling growth by allelochemicals from soybean residue. Dissertation Abstracts International, B. 1982, 42, 11, 4267-4268.
- Kato-Noguchi, H., 2001.  
Effects of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) extract on germination and seedling growth of six plants. *Acta Physiologiae Plantarum* 23, 49-53.
- Kato Noguchi, H., Y. Sakata, K. Takenokuchi, S. Kosemura & S. Yamamura, 2000.  
Allelopathy in maize I.: Isolation and identification of allelochemicals in maize seedlings. *Plant Production Science* 3, 43-46.



- Khan, A.H., R.D. Vaishya, P. Tauro (ed.) & S.S. Narwal (ed.), 1992.  
Allelopathic effects of different crop residues on germination and growth of weeds. Proceedings. First National Symposium. Allelopathy in agroecosystems (agriculture & forestry), February 12-14, 1992, held at CCS Haryana Agricultural University, Hisar 125 004, India. 1992, 59-60, 14 ref. Indian Society of Allelopathy, CCS Haryana Agricultural University, Hisar, India.
- Korver, R., 2002.  
Kerende grondbewerking, wel of niet? Landbouwmecchnisatie 9, 20-21.
- Krishnan, G., D. Holshouser & S.J. Nissen, 1998.  
Weed control in soybean (*Glycine max*) with green manure crops. *Weed Technology* 12, 97-102.
- Leeuwen-Haagsma, W.K. van & J.J. Schröder, 2002.  
Groenbemesters en rustgewassen, noodzakelijke bouwstenen voor een optimale vruchtwisseling. In: *Biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in perspectief*. Themaboek BIOM, redactie: Wijnands, Schröder, Sukkel en Booy. Uitgave PPO 303
- Leferink, J. & M. Adriaanse, 1998.  
Omschakelen: baren en bergen; Onderzoek naar de redenen van akkerbouwers en vollegrondsgroentelers om niet om te schakelen naar de biologische landbouw. IKC-rapport no. 106.
- Lehman, M.E. & U. Blum, 1997.  
Cover crop debris effects on weed emergence as modified by environmental factors. *Allelopathy Journal* 4, 69-88.
- Liebman, M. & A.S. Davies, 2000.  
Integrated soil, crop and weed management. *Weed Research* 40, 27-47.
- Lipinska, H. & W. Harkot, 1998.  
Phyto-toxins from senescent roots of *Poa pratensis* as a factor inhibiting seed germination of grasses. Factors affecting complementary sowing - pro-ecological method of grassland renovation, Poznan, Poland, 18-19 November 1998. *Lakarstwow Polsce Grassland Science in Poland 1998*, 159-164.
- Lorenzetti, F., S. MacIsaac, J.T. Arnason, D.V.C. Awang, D. Buckles, D. Buckles (ed.), A. Eteka (ed.), Osiname (ed.), M. Galiba (ed.) & G. Galiano, 1998.  
The phytochemistry, toxicology, and food O potential of velvetbean (*Mucuna Adans. spp.*, Fabaceae). Cover crops in West Africa: contributing to sustainable agriculture, 1-3 October 1996, Cotonou, Benin. 1998, 67-84, 33 ref. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada
- Lovett, J.V. 1983.  
Self-defence chemicals of plants. Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection. 1983, 838, 3 ref. British Crop Protection Council, Croydon, UK.
- Mertens, S.K., 2002.  
On weed competition and populatiion dynamics; considerations for crop rotations and organic farming. PhD Thesis, Wageningen University, 136 pp.
- Miyazaki, S., 2000.  
Allelopathy in *Vicia*, *Mucuna* and related leguminous species. In: Fujii Y., Oono K. (ed.), Vaughan D. (ed.), Tomooka N. (ed.), Kaga A. (ed.), The Seventh Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), Japan, International Workshop on Genetic Resources, Ibaraki, Japan, 13-15 October, 1999: Part 1, wild legumes. 2000, 191-204, 14 ref. National Institute of Agrobiological Resources (NIAR), Tsukuba, Japan
- Moyer, J.R. & H.C. Huang, 1997.  
Effect of aqueous extracts of crop residues on germination and seedling growth of ten weed species. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 38, 131-139.
- Narwal, S.S. & K. Gupta, 1991.  
Allelopathic effects of aqueous stubble extract of pearl millet on the seed germination and seedling growth of oilseeds crops. *Indian Journal of Ecology* 18, 70-73.

- Ohno, S., K. Tomita Yokotani, S. Kosemura, M. Node, T. Suzuki, M. Amano, K. Yasui, T. Goto, S. Yamamura & K. Hasegawa, 2001.  
species selective allelopathic substance from germinating sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. *Phytochemistry* 56, 577-581.
- Ohno, T., K. Doolan, L.M. Zibilske, M. Liebman, E.R. Gallandt & C. Berube, 2000.  
Phytotoxic effects of red clover amended soils on wild mustard seedling growth. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78, 187-192.
- Peeters, A., 1988.  
Demonstratie mestverwerking (II). *Landbouwmechanisatie* 12, 78-80.
- Perdok, U.D., 1999.  
Grondbewerking: technische en teeltkundige toepassingen, collegediktaat J150-209, Landbouw Universiteit Wageningen, 183 pp.
- Petersen, J., R. Belz, F. Walker & K. Hurle, 2001.  
Weed suppression by release of isothiocyanates from turnip-rape mulch. *Agronomy Journal* 93, 37-43.
- Pramanik, M.H.R., Y. Minesaki, T. Yamamoto, Y. Matsui & H. Nakano, 2001.  
Growth inhibitors in rice-straw extracts and their effects on Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus*) seedlings. *Weed Biology and Management* 1, 133-136.
- Pritts, M.P., M.J. Kelly, J.L. Maas (ed.) & G.J. Galletta, 1993.  
Alternative weed management strategies for strawberries. Second international strawberry symposium, Beltsville, Maryland, USA, 13-18 September 1992. *Acta Horticulturae* 348, 321-327.
- Putnam, A.R. & W.B. Duke, 1974.  
Biological suppression of weeds: evidence for allelopathy in accessions of cucumber. *Science* 185, 370-371.
- Reinhardt, C.F., R. Meissner & P.C. Nel, 1993.  
Allelopathic effect of sweetpotato (*Ipomoea batatas*) cultivars on certain weed and vegetable species. *South African Journal of Plant and Soil* 10, 41-44.
- Roth-Chad, M., J.P. Shroyer & G.M. Paulsen, 2000.  
Allelopathy of sorghum on wheat under several tillage systems. *Agronomy Journal* 92, 855-860.
- Scheepens, P.C., C. Kempenaar & W. van der Zweerde, 2001.  
Mogelijkheden voor biologische onkruidbestrijding in biologische landbouwsystemen. *Nota* 70, *Plant Research International*, 21+2 pp.
- Schenk, S.U. & D. Werner, 1991.  
Beta-(3-isoxazolin-5-on-2yl)-alanine from *Pisum*: allelopathic properties and antimycotic bioassay. *Phytochemistry* 30, 467-470.
- Springer, T.L. (1996) Allelopathic effects on germination and seedling growth of clovers by endophyte-free and -infected tall fescue. *Crop Science* 36, 1639-1642.
- Sprong, M.C. 1989.  
Inwerken van granulaten. *Landbouwmechanisatie* 2, 12-13.
- Stirzaker, R.J. & D.G. Bunn, 1996.  
Phytotoxicity of ryegrass and clover cover crops, and a lucerne alley crop for no-till vegetable production. *Biological Agriculture and Horticulture* 13, 83-101.
- Sullivan, P.G., 2001.  
Principles of sustainable weed management for croplands. Electronische versie op de site [www.attra.org/attra-pub/weed.html](http://www.attra.org/attra-pub/weed.html).
- Suthep, T., K. Katsuichiro & U. Kenji, 1998.  
Allelopathic activity of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) in soil. *Weed Science*. July-Aug. 1998, 46 (4) 432-437.
- Tongma, S., K. Kobayashi, K. Usui & T. Suthep, 2001.  
Allelopathic activity of Mexican sunflower [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] in soil under natural field conditions and different moisture conditions. *Weed Biology and Management* 1, 115-119.

- UC SAREP (University of California Sustainable Agriculture Research and Education Program) cover crop database. <http://www.sarep.ucdavis.edu/ccrop/>
- Uygur, F.N., F. Koseli, A. Cinar & W. Koch, 1990.  
The allelopathic effect of *Raphanus sativus* L. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. (1990, Sonderheft 12, 259-264.
- Vaughn, S.F. & R.A. Boydston, 1997.  
Volatile allelochemicals released by crucifer green manures. *Journal of Chemical Ecology* 23, 2107-2116.
- Waller, G.R., C.F. Yang, L.F. Chen, C.H. Su, R.M. Liou, S.C. Wu, C.C. Young, M.R. Lee, J.S. Lee, C.S. Cheng, C.H. Chou, D. Kim, C.R. Yang (ed.) & O. Tanaka, 1999.  
Saponins produced during the life cycle of mungbeans and their role as allelochemicals. *Advances in plant glycosides, chemistry and biology. Proceedings of the international symposium on plant glycosides, Kunming, China, 12-15 August, 1997.* 1999, 105-130, *Studies in Plant Science*, 6.
- Weide, R. van der, 2000.  
Herbicidenvrije teelt, illusie of realiteit? Workshop Duurzame Vollegrondsgroenteteelt. PAV themaboekje 23, pp. 46-49.
- Weston, L.A., 1996.  
Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal* 88, 860-866.
- Wojcik-Wojtkowiak, D., B. Politycka, M. Schneider & J. Perkowski, 1990.  
Phenolic substances as allelopathic agents arising during the degradation of rye (*Secale cereale*) tissues. *Plant and Soil* 124, 143-147.
- Wu, H., J. Pratley, D. Lemerle & T. Haig, 2001.  
Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*). *Annals of Applied Biology* 139, 1-9.
- Wu, H., J. Pratley, D Lemerle & T. Haig, 2000.  
Evaluation of seedling allelopathy in 453 wheat (*Triticum aestivum*) accessions against annual ryegrass (*Lolium rigidum*) by the equal-compartment-agar method. *Australian Journal of Agricultural Research* 51, 937-944.
- Wu, H.W., T. Haig, J. Pratley, D. Lemerle, M. An, H.W. Wu & M. An, 2001.  
Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): variation of phenolic acids in shoot tissues. *Journal of Chemical Ecology* 27, 125-135.
- Xuan, T.D. & E. Tsuzuki, 2001.  
Effects of application of alfalfa pellet on germination and growth of weeds. *Journal of Crop Production* 4, 303-312.
- Zeng, R.S., X.L. Lin, S.M. Luo, R.S. Zeng, X.L. Lin & S.M. Luo, 1994.  
Studies on the allelopathic effects of *Wedelia chinensis* aqueous extraction. *Journal of South China Agricultural University* 15, 26-30.