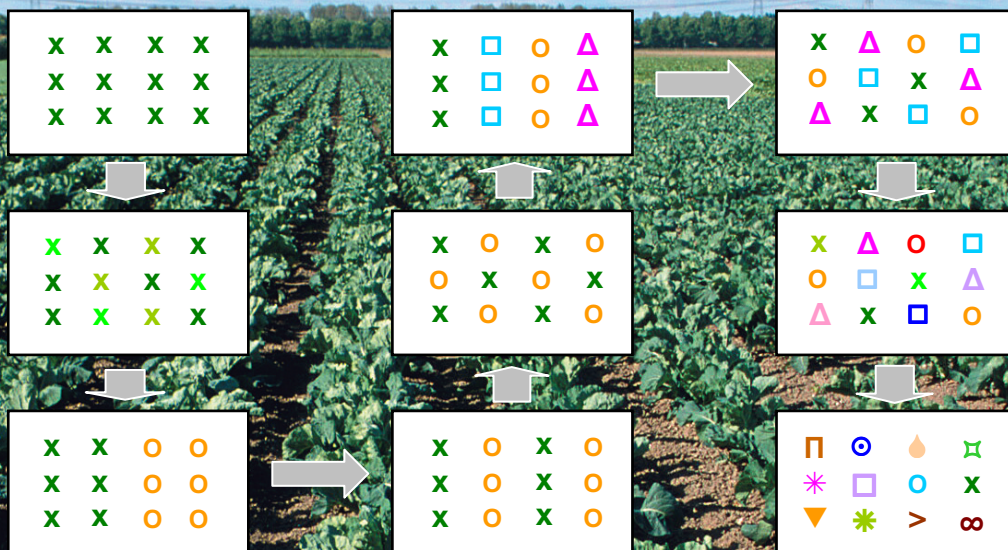


Diversiteit voor stabiliteit

system



innovatie

Diversiteit voor stabiliteit

Handreikingen voor inpassing van diversiteit binnen productieperceel ter onderdrukking van ziekten en plagen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

J.A.A. van Zuilichem

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

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

PPO Publicatienr. 346; € 20,-

Dit is een rapport van de onderzoeksprogramma's Systeeminnovaties plantaardige productiesystemen van Wageningen UR. Het cluster van onderzoeksprogramma's wordt gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.



Projectnummer: 500269

Programmaleider biologische teelten:
W. Sukkel

Projectleider De smaak van morgen:
J.E. Jansma

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgronten
Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 291111
Fax : 0320 - 230479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
SUMMARY	7
1 INLEIDING	9
1.1 Biodiversiteit in de huidige landbouw	9
1.1.1 Algemeen.....	9
1.1.2 Belemmeringen voor toepassing van diversificatie in de Westerse landbouw.....	9
1.1.3 Waarom diversificatie	10
1.2 Uitgangspunten	11
1.3 Doel	11
1.4 Afbakening	12
1.5 Opzet literatuurinventarisatie.....	12
2 BIODIVERSITEIT	13
2.1 Verschillende vormen van biodiversiteit.....	13
2.2 Diversiteit binnen het productieperceel	15
2.2.1 Variatie tussen gewassen	15
2.2.2 Variatie binnen gewassen	17
2.2.3 Spelen met perceelsafmetingen	19
2.2.4 Mate van diversificatie.....	20
3 INZET VAN DIVERSITEIT TEGEN ZIEKTEN EN PLAGEN.....	21
3.1 Algemeen.....	21
3.2 Werkingsprincipes	22
3.2.1 Beïnvloeden van interactie waardplant – plaagorganisme	22
3.2.2 Allelopathie.....	25
3.3 Toepassing mengteelten geen garantie voor succes	28
3.4 Voorspelling effect van diversificatie op perceelsniveau	29
4 TOEPASSEN VAN VARIATIE TUSSEN GEWASSEN: MENGTEELTEN	31
4.1 Resultaten onderzoek rijenmengteelt met productiegewassen	31
4.1.1 Mengteelt van broccoli met aardappel en ui tegen witte roest	31
4.1.2 Selderie als tweede productiegewas in prei tegen trips.....	31
4.1.3 Mengteelt van prei met peen tegen trips.....	31
4.1.4 Aardappel met bonen tegen <i>Phytophthora</i> in aardappel.....	31
4.1.5 Prei met peen, klaver of boon?.....	32
4.1.6 Effect van mengverhoudingen van kool en peen op koolmot en luis.....	32
4.2 Resultaten onderzoek rijenmengteelt met vanggewassen.....	32
4.2.1 Chinese kool als vanggewas voor aardvlo in witte kool.....	33
4.2.2 Chinese kool als vanggewas voor groene perzikluisc in aardappel.....	33
4.2.3 Bieslook en koolzaad tegen prei- en koolmot.....	33
4.3 Resultaten onderzoek onderzaai of banen met zaaigewassen.....	34
4.3.1 Peen met rupsklaver tegen wortelvlieg	34
4.3.2 Aardbeienteelt met soedangras of haver tegen engerlingen.....	34
4.3.3 Kool met klaver tegen koolvlieg	34
4.3.4 Kool met klaver tegen kooluil, -vlieg en -luis.....	36
4.3.5 Kool met klaver of spurrie tegen koolmot, -vlieg en trips	36

4.3.6	Broccoli met klaver of raketsla tegen luis.....	38
4.3.7	Prei met klaver tegen trips	38
4.3.8	Prei met gras tegen trips.....	39
4.3.9	Keuze van soort onderzaai	39
4.4	Praktische inpassing mengteelten	40
5	TOEPASSING VAN VARIATIE BINNEN GEWASSEN: GENETISCHE DIVERSITEIT	43
5.1	Resultaten uit onderzoek	43
5.1.1	Perspectief van rassenmix bij aardappel	43
5.1.2	Mogelijke combinatiegewassen met aardappel.....	43
5.1.3	Mixen van rassen bij aardappel tegen <i>Phytophthora infestans</i>	44
5.1.4	Soortenmix bij wintergerst.....	44
5.2	Praktische inpassing genetische diversiteit binnen gewas	45
6	BELANGRIJKSTE BEVINDINGEN DIVERSIFICATIE OP EEN RIJ.....	47
6.1	Effect op insecten.....	47
6.2	Effect op schimmels	48
6.3	Tactieken om werkingsmechanismen te stimuleren.....	48
6.4	Conclusies	49
	LITERATUURLIJST	51
	BIJLAGE 1: BOUWPLAN VAN PROJECT 'DE SMAAK VAN MORGEN'	55

Samenvatting

Het telen van meerdere gewassen binnen een productieperceel is een gangbare teeltmethode in de (sub)tropen. Eén van de voordelen is dat dergelijke teeltsystemen stabiel zijn en daardoor minder gevoelig voor ziekten en plaagontwikkeling. De huidige Westerse landbouw is gebaseerd op de productie van grote productie-eenheden van uniforme kwaliteit (monoculturen). Belangrijke voordelen zijn betere mogelijkheden voor mechanisatie, arbeidsbesparing en opbrengstverhoging, welke leiden tot kostenbesparing. Deze teeltsystemen zijn echter gevoelig voor ziekten en plagen en kunnen niet zonder chemische gewasbeschermingsmiddelen en bemesting.

Toch zijn er kansen voor meer diversiteit in de westerse (rationele) landbouw. In een toekomstvisie voor de Nederlandse tuinbouw (2030) wordt kleinschalige (belevings)landbouw in de directe omgeving van steden en grootschalige landbouw in de buitengebieden geschetst. De kleinschalige landbouw leent zich bij uitstek voor diversificatie. Bovendien kan toekomstige, plaatsbepaalde teeltautomatisering veel van de economische bezwaren wegnemen.

Het systeeminnovatieproject 'De smaak van morgen' wil op het proefbedrijf prof. Broekemahoeve in Lelystad onderzoeken welke mogelijkheden er zijn voor inpassing van diversiteit binnen een productieperceel (met bedrijfseconomisch perspectief). Daartoe is gestart met een literatuurinventarisatie met als doel om na te gaan welke de meest geschikte teeltvormen van diversificatie binnen de landbouw zijn voor onderdrukking van bovengrondse ziekten en plagen in vollegrondsgroente en akkerbouwgewassen. Er is in deze literatuurinventarisatie uitsluitend gekeken naar variatie binnen productiepercelen in plaats en niet in tijd.

Eerst worden enkele begrippen omtrent diversiteit en verschillende mengteeltvormen toegelicht. Achtereenvolgens worden verschillende werkingsmechanismen van mengteelten besproken, waaronder: zorgen voor fysieke barrières, verwarring en/of extra schuilplaatsen voor natuurlijke vijanden en allelopathie. Daarna is een opsomming gegeven van onderzoeksresultaten behaald met variatie tussen gewassen en variatie binnen gewassen. De nadruk ligt op onderzoek uitgevoerd in gewassen die in het teeltplan van het project 'De smaak van morgen' zijn opgenomen.

In de meeste studies staat de onderdrukking van plaaginsecten centraal. Het effect op schimmels is zeer beperkt onderzocht en dan vooral in granen (bijvoorbeeld inzet van genetische variatie). Algemene bevinding uit de literatuurinventarisatie is dat mengteelten overwegend een positief of neutraal effect hebben op het voorkomen van plagen in vollegrondsgroente en akkerbouwgewassen ten opzichte van monoculturen. Welk effect ook beschreven wordt, in de meeste gevallen is het niet voldoende op het productiegewas met lage tolerantiedrempel te beschermen tegen de ziekte of plaag. Het kan in een aantal gevallen wel een goede ondersteuning bieden in het totaal aan fytosanitaire maatregelen.

De informatie in dit rapport geeft een beter inzicht in de verschillende werkingsmechanismen die ten grondslag liggen of worden toegeschreven aan de effecten van mengteelten op ziekten en plaagontwikkeling. Er kan echter geen kant-en-klare oplossing uit gehaald worden. De kunst is om deze kennis te vertalen naar teeltconcepten, die naar gelang de situatie (bedrijfsopzet, gewassen, jaarinvloeden etc.) aangepast worden.

De uitdaging voor het projectteam van de 'De smaak van morgen' is om op basis van de bevindingen uit deze literatuurinventarisatie teeltvormen te ontwerpen die gebruik maken van het werkingsprincipe van 'diversiteit – onderdrukking van ziekten en plagen' en technisch uitvoerbaar zijn en met perspectief dat het in de toekomst economisch haalbaar is. Het ontwerp zal, in combinatie met andere maatregelen die de biodiversiteit op een bedrijf verhogen, ingepast gaan worden in het onderzoeksgedeelte van biologische belevingslandbouw (teeltseizoen 2006). De biologische teelt zal namelijk het meest van diversificatie profiteren.

Summary

Growing more than one crop simultaneously at the same field is a common culture method in the tropics and subtropics. One of the advantages of this culture method is less susceptibility to pests and diseases compared with the modern Western agricultural methods. Western agriculture is based on mass production of uniform product and quality. The biggest advantages of these monocultures are better possibilities for mechanisation, reduction of labour and higher yields, which all lead to reducing costs and lower prices for the consumer. Monocultures however are more susceptible to pests and diseases and strongly depend on a continuous input of pesticides and fertilizers.

In spite of less uniformity of the crops a more diversified growing system could generate (valuable) profits for Western agriculture. In a future vision of The Netherlands agriculture (2030) two types of culture systems are outlined: small scaled agriculture systems in the vicinity of urban environments and large scaled agriculture systems in less populated areas. Especially these small scaled farming systems are suitable for diversification.

Within the framework of the project 'Tomorrows Taste' (De smaak van morgen) research will be carried out at the experimental farm PPO prof. Broekemahoeve in Lelystad to find an optimal intercropping method with economical and technical perspectives which reduce crop damage by pests and diseases. With this in mind a desk study is carried out to find the most suitable culture methods for diversification within and between crops grown in the same field at the same time to reduce pests and diseases in vegetables and arable crops.

First a number of general terms about (bio)diversity and mixed intercropping (also defined as 'polyculture') are described. Successively different habitat manipulation techniques and working principles of intercropping on insects and fungal diseases are discussed, such as creation of physical barriers, confusion of herbivore insects, extra shelters for natural enemies and allelopathy. Also an enumeration is given of results of experiments with variation between and within crops with the emphasis on crops grown in the crop rotation in the project 'De smaak van morgen'.

Most studies showed a positive or neutral effect of intercropping on the appearance of pests. Effects on fungal diseases are less examined; mainly in grains (p.e. variety mixtures). All experiments are showing that diversification is not the unique solution to reduce pests and diseases - especially in low tolerance crops - but will be a valuable measurement in combination with other preventive measurements.

The information in this report has given more insight into the different kinds of working mechanisms of diversification. It did not lead to a ready-made culture method, but gives a starting point for designing a concept. This concept has to be adjusted in time dependent on the local situation, year influences, crops etcetera.

The challenge for the project team of 'Tomorrows Taste' (De smaak van morgen) is to design concepts of culture methods which make use of the principle 'diversification – reduction of pests and diseases' and is technically, practicable and economically feasible. These concepts will first be integrated into an organic prototype farming system in combination with other measurements such as farmscaping measurements (seed blends to attract beneficial insects, hedges, beetle banks etc.), because organic farming will benefit most of diversification. The first experiments will start in the growing season of 2006.

1 Inleiding

1.1 Biodiversiteit in de huidige landbouw

1.1.1 Algemeen

Het gelijktijdig telen van twee of meer gewassen in hetzelfde productieperceel is in de (sub)tropen een traditionele methode van landbouw. Naast de voordelen van een betere benutting van licht en nutriënten, wordt deze manier van landbouw vaak geassocieerd met minder problemen met ziekten en plagen (o.m. Perrin & Phillips, 1978; Altieri, 1994; Armstrong & McKinlay, 1997; Sullivan, 2003). Combinatie van meerdere gewassen binnen een perceel op hetzelfde moment biedt echter niet alleen voordelen voor de subtropische of tropische gebieden, maar kan ook interessant zijn voor de Westerse landbouw. De huidige Westerse landbouw laat hier een potentiële bron liggen voor regulatie van ziekten en plagen door vrijwel geen gebruik te maken van diversificatie (Helenius, 1991).

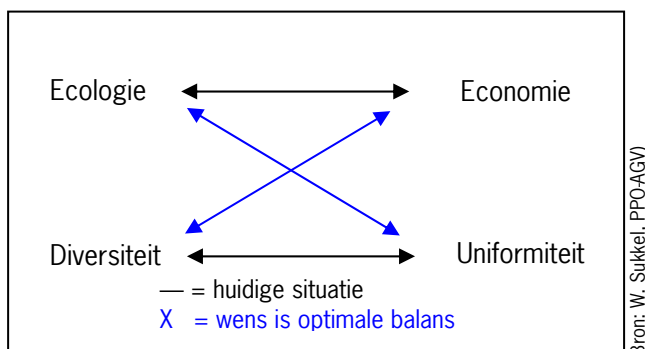
Vooraf net na de Tweede Wereldoorlog zijn de ontwikkelingen in de Westerse landbouw hard gegaan om aan de grote behoefte aan voedsel te kunnen voldoen. Door schaalvergroting, verlaging van het percentage niet-productieve eenheden (door ruilverkavelingen, kappen van hagen en houtwallen e.d.), intensivering van de productie met uniforme en vaak ook genetisch identieke gewassen plus het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is de biodiversiteit de laatste decennia sterk gedaald. Er is geen stabiliteit meer in de huidige teeltsystemen, waarbij continu een input aan meststoffen en chemische gewasbeschermingsmiddelen nodig is (Helenius, 1991; Geno & Geno, 2001). Graan is een voorbeeld van een sterk versimpeld ecosysteem van intensieve teelt op grote oppervlaktes van planten met dezelfde genotypen. Het grote gevaar in een monocultuur schuilt in het feit dat een ziekte of plaagorganismen zich gemakkelijk kan verspreiden en er bovendien binnen de populatie van belagers een sterke selectie kan plaats vinden naar de meest schadelijke soort/variant voor betreffende waardplant. Hierdoor kunnen resistenties ingebouwd door veredeling snel doorbroken worden met alle gevolgen van dien (White, 1982).

1.1.2 Belemmeringen voor toepassing van diversificatie in de Westerse landbouw

Ondanks het feit dat diversificatie al decennia wordt aanbevolen als een strategie voor gewasbescherming tegen ziekten en plagen wordt het nog niet door de agrarische sector omarmd. De huidige economie stuurt naar een steeds uniformer product. Voor producent en verwerker geldt hierbij als grootste voordeel dat het product door de hele productieschakel gemakkelijker verwerkt kan worden en is daarmee kostenbesparend. Een andere belangrijke reden voor het gebrek aan interesse is dat de kapitaalintensieve landbouw veelvuldig gebruik maakt van mechanisatie (Harris, 1990). Verschillende productiegewassen in een perceel maakt mechanisatie meer complex en duurder, kost (vooralsnog) meer arbeid en brengt ook sociale drempels met zich mee. Het telen van meerdere gewassen binnen een perceel zorgt ook voor kleinere productievolumes per gewas, van minder uniforme kwaliteit. Verder geldt op de wereldmarkt voor veel gewassen een lage tot geen tolerantie voor schade door ziekten en plagen.

Tot slot kan een reden zijn dat het nog steeds ontbreekt aan beschrijvingen van systemen met een bepaalde mate van voorspelbaarheid cq. reproduceerbaarheid. Het blijft voor een individuele agrariër nog steeds zeer lastig om uit de verschillende vormen van diversificatie binnen de productiegewassen (samengevat in de term polycultuur) met een positief effect op ziekten- en plaagonderdrukking praktische 'regels' te destilleren die hij kan toepassen op zijn bedrijf voor een bepaald gewenst effect. Het blijft vaak bij bevindingen in specifieke teeltsituaties en ziektecombinatie zonder de garantie dat het in andere gewassen ook werkt (Banks & Ekbom, 1999). Ook is er nog betrekkelijk weinig onderzoek gedaan naar de mate van diversiteit of de mate van menging die nodig is om een positief effect op de ziekteonderdrukking te mogen verwachten. Deze onvoorspelbaarheid maakt de oogstzekerheid (het kunnen leveren van de afgesproken hoeveelheid producten) lastig. Kortom: diversificatie staat lijnrecht tegenover de huidige economische belangen van grote productie-eenheden van uniforme kwaliteit.

Onderstaand schema geeft deze onderlinge conflicten tussen ecologie en diversiteit enerzijds en economie en homogeniteit anderzijds weer:



Vanwege de vele interacties die zich in een systeem van mengteelten voordoen is het aan te bevelen om in de proeven te richten op oplossingen voor plaatselijke omstandigheden en situaties en niet om als doel te stellen om generaliseerbare oplossingen te vinden (Helenius, 1991). Ook Bukovinszky (2004^a) stelde dat er door de zeer variabele respons van zowel herbivore insecten als de natuurlijke vijanden op een mengteelt onvoldoende informatie beschikbaar is om generalisaties te maken voor het selecteren van plaagonderdrukkende plantenmengsels. Specialistische plaaginsecten zullen bijvoorbeeld door mengculturen sterker negatief beïnvloed worden dan niet-specialistische herbivoren (Vidal, 1999).

1.1.3 Waarom diversificatie

Diversificatie kan ingezet worden voor verschillende doeleinden, zoals:

- Efficiënter gebruik maken van productiefactoren als licht, nutriënten en water met het oog op opbrengstverhoging,
- Een maatregel ter onderdrukking van ziekten en plaagorganismen.

Het beheersen van ziekte en plagen door teeltmaatregelen (anders dan chemische gewasbescherming) is gericht op de volgende aspecten:

- Het gewas of habitat ongeschikt/onaantrekkelijk maken voor plaagorganismen,
- Er voor zorgen dat het gewas door gebruik te maken van plaatsing in ruimte en tijd onbeschikbaar is voor plaagorganismen,
- De overlevingskans van plaagorganismen kleiner maken (door bijvoorbeeld de aanwezigheid van natuurlijke vijanden te stimuleren of door de weerstand van de waardplant te verhogen).

Het doel is om het niveau aan plaagorganismen beneden de economische schadedrempel te houden en door de aanwezige natuurlijke vijanden in de hand gehouden kan worden. Het toepassen van diversificatie is de meest complexe aanpak voor alle bovengenoemde aspecten samen. Het vraagt veel kennis en planingsvermogen om dit praktisch op een teeltbedrijf toe te passen (Hill, 1989).

Binnen de grote verzameling van onderzoeken zijn vele voorbeelden te vinden waar goede resultaten werden geboekt in de onderdrukking van ziekten en plagen door toepassing van polycultuur. Zo werd bijvoorbeeld door Kinane en Lyngkjær (2002) in mengteelten van gerst met leguminosen minder aantasting door schimmels gezien. Deze afname in aantasting varieerde per soort schimmel en soort leguminese waar mee gemixt werd van 21 tot wel 80%. Verder vond Bukovinszky (2004^b) dat spruitkool in mengteelt met gerst een afname liet zien van aantallen koolluizen, groene perzikluizen en koolmotjes in spruitkool ten opzichte van spruitkool geteeld in een monocultuur. Imhof e.a. (1996) vonden een sterke afname van het aantal tripsen in prei wanneer tussen de rijen gras (*Lolium perenne*) werd gezaaid.

Er zijn bepaalde vormen van polycultuur die al wel 'geaccepteerd' zijn in de huidige Westers landbouw. Het gaat hierbij om mengteelten van gewassen waarbij de eindproducten geen consumptiedoeleinden voor mensen hebben (en alle gewassen gelijktijdig als mengsel geoogst kunnen worden), zoals bij de productie van veevoer (Kinane & Lyngkjær (2002) en de productie van biomassa voor biovergisting (energiewinning). Verder worden mixen van gras/klaver ook veel toegepast met als doel een betere stikstofbenutting. Gewassen in mixen produceren vaak een hogere relatieve biomassa dan monocultuur van deze gewassen

(Jensen, Hauggaard-Nielsen, Kinane e.a., 2005). Uit onderzoek van Haage e.a. (2001) volgde bijvoorbeeld dat in een mengteelt van prei en selderie de afzonderlijke gewassen relatief een hogere productie gaven vergeleken met de situatie waarbij de gewassen in monocultuur werden geteeld.

Gelijktijdig telen van verschillende productiegewassen binnen een perceel - die apart verwerkt moeten worden - vergt een andere manier van management. Ook is er een omslag nodig bij hoe men in de Westerse wereld tegen landbouw aankijkt. Dat dergelijke omslag niet meteen vanuit milieuoogpunt hoeft te zijn, is het voorbeeld van grootschalige teelt van rassenmengsels van gerst in de voormalige DDR. Er werd op een gegeven moment circa 300.000 hectare geteeld, waarbij het fungicide gebruik met 80% werd teruggebracht. De reden voor de teelt van graanmengsels lag in het feit dat er geen geld beschikbaar was voor chemische gewasbeschermingsmiddelen (Lammerts van Bueren e.a., 2002).

Uit de toekomstbeelden die geschetst zijn voor de Nederlandse landbouw open teelten in 2030 zijn twee beelden geschetst: geconcentreerde eenheden van grootschalige productielandbouw in het landelijke gebied en kleinschalige (belevings)landbouw in de directe omgeving van de steden. In dit laatstgenoemde toekomstbeeld past het principe van mengteelten uitstekend. Momenteel ontbreekt het vaak nog aan de technieken om teelthandelingen te mechaniseren. Met de steeds vooruitstrevende technologische ontwikkelingen zou een dergelijk teeltsysteem in de toekomst echter economisch haalbaar kunnen worden. Streven naar een hogere biodiversiteit in het productieperceel zal leiden tot een duurzamere manier van produceren, omdat verwacht mag worden dat er een stabiel systeem zal ontstaan.

1.2 Uitgangspunten

- Het principe van biodiversiteit ter onderdrukking van ziekten en plagen werkt.
- Door de voortschrijdende technische ontwikkelingen - zowel voor als na de oogst - wordt het in de nabije toekomst economisch rendabel om verschillende productiegewassen gelijktijdig op een perceel te telen.

1.3 Doel

Het doel van deze literatuurinventarisatie is om:

- Na te gaan welke de meest geschikte vormen van diversificatie binnen de landbouw er zijn voor onderdrukking van bovengrondse ziekten en plagen in vollegrondsgroente en akkerbouwgewassen.

Uitdaging voor het projectteam van 'De smaak van morgen' is om op basis van de verzamelde literatuurgegevens een teeltvorm te bedenken die gebruik maakt van het werkingsprincipe van 'diversiteit - onderdrukking van ziekten en plagen' en technisch uitvoerbaar is met perspectief dat het in de toekomst economisch haalbaar is.

De teeltvorm zal in eerste instantie ingepast worden in het onderzoeksgedeelte van biologische belevingslandbouw. De keuze is aan het projectteam wat het onderzoeksdoel wordt van de te toetsen mengvorm, zoals:

- Een nieuwe combinatie van mengteelt vergelijken met een monocultuur om te toetsen of er een gunstig effect is op onderdrukking van de belangrijkste plaagorganismen van de hoofdgewassen.

Of:

- Een mengteelt kiezen waarbij het positieve effect op onderdrukking van ziekten en plagen in de literatuur al voldoende is bewezen en onderzoeken hoe dit teeltsysteem technisch (zoveel mogelijk gemechaniseerd), economisch haalbaar uitgevoerd kan worden.

Deze keuze zal mede afhangen van de uitkomsten uit deze literatuurinventarisatie.

1.4 Afbakening

Gematigde klimaatzones

In dit rapport wordt gekeken naar onderzoeksresultaten die van toepassing zijn op van polycultuur in teelten in de gematigde klimaatzones.

Vollegrondsgroente en akkerbouwgewassen

Er is veel onderzoek uitgevoerd naar diversificatie in graanteelten (mixen van verschillende cultivars of soorten of multilijnen). Hier wordt echter niet uitgebreid op ingegaan en alleen ter illustratie genoemd, wanneer geen goede voorbeelden uit de vollegrondsgroente- en akkerbouwteelten beschikbaar is. De nadruk ligt op vollegrondsgroente en akkerbouwgewassen die in het systeeminnovatieproject 'De smaak van morgen' in het biologische deel worden geteeld, namelijk: erwten (conserven), diverse koolsoorten, aardappelen, zaaiui, aardbei en winterpeen. Voor een overzicht van de overige gewassen in het bouwplan van het project 'De smaak van morgen' wordt verwezen naar bijlage 1.

Diversificatie tussen en binnen gewassen

Binnen de verzameling van teeltvormen binnen het begrip polycultuur wordt uitsluitend gekeken naar vormen van diversificatie binnen het productieperceel; het creëren van variatie tussen gewassen en binnen gewassen. Er is niet gekeken naar variatie in tijd (vruchtwisseling). Wel wordt kort aandacht besteed aan perceelsdimensionering.

Effect op bovengrondse ziekten en plagen

Bij de literatuurinventarisatie is alleen gekeken naar het effect van vormen van polycultuur op bovengrondse ziekten en plagen, dus exclusief de effecten op bodemschimmels, aaltjespopulaties en dergelijke.

Verder is er niet specifiek gekeken naar het effect van diversificatie op de onkruidgroei, de opbrengsten en de benutting van nutriënten en licht. Deze aspecten worden wel genoemd als ze onderdeel uitmaakte van de beoordelingen van de experimenten die als hoofddoel ziekte- en plaagonderdrukking hadden.

Tot slot nog de opmerking dat in dit rapport geen aandacht wordt besteed aan de economische haalbaarheid van diversificatie en de technische mogelijkheden die inpassing van een bepaalde mengvorm nodig zou hebben. In het rapport wordt echter wel kort ingegaan op voor- en nadelen bij inpassing van een betreffende mengteelt in het bedrijfssysteem binnen het project 'De smaak van morgen' (agronomische aspecten).

1.5 Opzet literatuurinventarisatie

In hoofdstuk 2 worden definities gegeven van verschillende vormen van polycultuur die in de literatuur worden genoemd. Daarbij worden uitsluitend vormen binnen plantaardige productiesystemen behandeld. In hoofdstuk 3 wordt een uiteenzetting gegeven van de verschillende werkingsmechanismen die een rol spelen bij de verspreiding van ziekten en plagen in gewassen.

In hoofdstukken 4 en 5 wordt dieper ingegaan op twee richtingen van diversiteit binnen productiepercelen; variatie tussen gewassen (hoofdstuk 4) en variatie binnen gewassen (hoofdstuk 5). Bij elk van beide hoofdstukken wordt eerst een kleine greep gegeven uit onderzoek voornamelijk gericht op groente- en akkerbouwgewassen binnen het teeltplan van het project 'De smaak van morgen'. Deze experimenten zijn gericht op de onderdrukking van specifieke plaagorganismen (meestal insecten). Aan de effecten die diversificatie heeft op de onderdrukking van ziekten en plagen ligt een wisselwerking of samenhang tussen verschillende mechanismen ten grondslag. Manipulatieve studies (bij specifieke gewas-plaag combinaties) zijn nodig om inzicht te krijgen in dit complexe verhaal.

In het tweede deel van beide hoofdstukken wordt vervolgens een opsomming gegeven van de belangrijkste voor- en nadelen bij de verschillende vormen van mengteelten.

Tot slot wordt in hoofdstuk 6 een beknopt overzicht gegeven van de belangrijkste bevindingen uit de literatuurinventarisatie.

2 Biodiversiteit

2.1 Verschillende vormen van biodiversiteit

De laatste jaren is er in de Westerse wereld meer interesse voor toepassing van polyculturen vanuit het oogpunt van duurzaamheid. Dit uit zich in een sterke toename van het aantal onderzoeksprojecten op het gebied van mengculturen in relatie tot ziekteonderdrukking in de laatste 25 jaar (Geno & Geno 2001). Verder is er in 2002 voor de Raad van de Europese Commissie een actieplan voor het stimuleren en behoud van biodiversiteit in de agrarische sector opgesteld. Volgens dit rapport kan biodiversiteit in drie niveaus worden onderscheiden, namelijk: genetische diversiteit, diversiteit in soorten en diversiteit in ecosystemen. De agrarische sectoren binnen Europa moeten in hun strategieën met al deze niveaus rekening houden. Dit houdt in dat er zowel gekeken moet worden naar de mogelijkheden van inpassing van variatie binnen productiepercelen, als het stimuleren en behoud van biodiversiteit in de directe omgeving. Dit betekent ondermeer: een vermindering van het gebruik van pesticiden, de stimulering van natuurlijke vijanden door agrarisch natuurbeheer en een vermindering van het aantal en/of de intensivering van grondbewerkingen om het bodemleven te verbeteren (Anonymus, 2002).

Diversiteit kan op verschillende gradaties ingepast worden op een agrarisch productiebedrijf. Als er op de huidige Nederlandse productiebedrijven al bewust aandacht wordt geschonken aan stimulering van de biodiversiteit dan is dit hoofdzakelijk gericht op de directe omgeving van de productiepercelen (akkerrandenbeheer, herstellen van houtwallen e.d.) en zelden op de productiepercelen zelf. In dit rapport wordt alleen ingegaan op dit laatste aspect: het creëren van diversiteit binnen de productiepercelen.

Er zijn twee hoofdgroepen van diversiteit te onderscheiden:

1. Diversiteit in tijd; gewassen na elkaar op hetzelfde productieperceel, zoals bij vruchtwisseling,
2. Diversiteit in ruimte; zoals meerdere gewassen (tegelijkertijd) op hetzelfde productieperceel.

Daarnaast is er een onderscheid te maken tussen:

- A. Variatie binnen gewassen; genetische variatie binnen hetzelfde soort gewas (bijvoorbeeld landrassen, zaadvaste rassen en multilijnen),
- B. Variatie tussen gewassen; verschillende soorten naast elkaar op hetzelfde perceel,
- C. Combinatie van niet-productiegewassen (zoals tijdelijke bloemstroken, beetle banks, onderzaai e.d.) met productiegewassen.

Teeltsystemen gebaseerd op een combinatie van deze groepen is mogelijk.

In dit rapport wordt met de term polycultuur de verzameling aangeduid van alle vormen van teeltsystemen, waarbij meer dan één gewas op hetzelfde perceel worden geteeld (Geno & Geno, 2001; Rämert, B., 2002; Sullivan, 2003). Deze term is daarmee overduidelijk het tegenovergestelde van de term monocultuur; een grootschalige teelt van een genetisch identiek gewas.

In de literatuur worden verschillende termen gegeven voor de diverse vormen van polyculturen. Hieronder volgt een opsomming. De termen zijn in het Engels gegevens. Voor de meeste begrippen is namelijk niet één Nederlands woord te geven (los van het brede begrip van mengteelt).

Engelse term	Nederlandse aanduiding	Omschrijving
Monoculture	Monocultuur	Teelt van één ras/soort waarbij de afzonderlijke planten vrijwel genetisch identiek zijn
Multiple cropping	Vruchtrotatie	Teelt van meer dan één gewassoort op hetzelfde perceel binnen een kalenderjaar
Sequential cropping	Vruchtrotatie	Teelt van meer dan één gewassoort op hetzelfde perceel binnen een kalenderjaar
Intercropping / Interplanting	Mengteelt	Teelt van meer dan één gewassoort gelijktijdig op hetzelfde productieperceel, waarbij de overlap van beide gewassen minimaal de vegetatieve fase omvat
Mixed intercropping	Mengteelt	Teelt van meer dan één gewassoort gelijktijdig op hetzelfde productieperceel, waarbij er geen onderscheidbaar plantverband is tussen de verschillende gewassen
Row intercropping	'Rijen-mengteelt'	Teelt van meer dan één gewassoort gelijktijdig op hetzelfde productieperceel, waarbij de verschillende gewassen in rijen/regels zijn geplant
Strip intercropping	'Banen'- of 'Stroken'-mengteelt	Teelt van meer dan één gewassoort gelijktijdig op hetzelfde productieperceel, waarbij de verschillende gewassen op banen zijn geplant met een breedte afgestemd op één werkbreedte van machines
Relay intercropping	-	Teelt van meer dan één gewassoort gelijktijdig op hetzelfde productieperceel, waarbij er enige overlap is in teelt. Het tweede gewas wordt geplant, wanneer het eerste gewas de meest productieve fase heeft bereikt, maar voordat deze geoogst moet worden.
Permaculture (Permanent agriculture)	Permacultuur	Teeltsysteem wat veelvuldig wordt toegepast in de (sub)tropen, waarbij de grond het hele jaar door continu bedekt is met een grote variatie van gewassen met de diversiteit en stabiliteit die dicht tegen een natuurlijk ecosysteem ligt (veelal een mix van bomen, struiken en groenten voor voedsel, hout en andere grondstoffen).

Voor de Westerse gemechaniseerde landbouw lenen mengteelten waarbij geteeld wordt in rijen of op banen (bedden) zich het beste (Rämert, B. e.a., 2002). Andere termen die ook vaak genoemd worden zijn:

Engelse term	Nederlands synoniem	Omschrijving
Catch crop	Vanggewas	Gewas dat tussen het hoofdgewas gezaaid of geplant wordt met als doel om plaagorganismen aan te trekken, zodat deze geen schade aan het hoofdgewas geven.
Companion crop / Intercrop	Combinatiegewas	Het gewas dat bij het hoofdgewas wordt gezet in een bepaalde vorm van mengteelt
Undersowing	Onderzaai	Tussen het hoofdgewas wordt een ander (meestal niet voor de productie bestemd) gewas gezaaid met als doel om onkruid te onderdrukken, insecten af te leiden van het hoofdgewas, voor betere benutting van vocht en nutriënten of tegengaan van erosie.

Er zijn verschillende groenbemesters die als goede vanggewassen dienst kunnen doen. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van onderzaai van klaver in kool of prei (Bakermans e.a., 1980; Legutowska e.a. 2003). Een ander voorbeeld van vanggewas is het planten van *Euonymus* tussen boomkwekerijgewassen

om taxuskevers aan te trekken en te voorkomen dat ze in de productiegewassen gaan zitten. Deze plaagorganismen kunnen dan pleksgewijs bestreden worden voordat ze zich vermenigvuldigen.

Banks en Ekblom (1999) stelden zelfs dat het gebruik van vanggewassen de voorkeur heeft boven mengteelt. Zij baseerden dit op basis van een simulatiemodel, waarin ze een rijenmengteelt van productiegewas met een niet-productiegewas (het zogenaamde combinatiegewas) of rijenmengteelt van productiegewas en vanggewas vergeleken. Het doel van het combinatiegewas was om het zoekgedrag van plaaginsecten (fysiek) te verstoren. Uit diverse veldproeven is gebleken dat het effect van een combinatiegewas sterk afhangt van het zoekgedrag van het plaaginsect. In een aantal gevallen werd namelijk geen verschil gezien tussen het aantal insecten in monocultuur en in mengcultuur. Dit hing samen met de mobiliteit en de verfijndheid van het zoekgedrag van de insecten. Koolwitje heeft bijvoorbeeld een heel goed ontwikkeld visueel ingestoken zoekstelsel en een goed reukvermogen. Bij deze insecten wordt vaak geen tot weinig effect gezien op aantallen insecten per waardplant in de situaties van monocultuur of van heterogene teelt, terwijl bladluizen met een lage mobiliteit juist wel sterk gehinderd worden door variatie in vegetatie.

Een bijzonder geval is het gebruik van bodembedekkers (klaver, alfalfa). Deze blijken een effect te hebben in het zoekgedrag van zowel insecten met een lage als insecten met een hoge mobiliteit en verfijnd zoekstelsel. Door in mengteelten specifiek in te zetten op vanggewassen als combinatiegewas kan er zowel geprofiteerd worden van de mechanische barrières als het verschil in aantrekking welke de verschillende gewassen uitoefenen op de plaagorganismen. In theorie klinkt dit erg aannemelijk; het vinden van een geschikt gewas vormt de uitdaging.

Voor foto's van enkele genoemde mengteelten wordt verwezen naar foto's 1 a t/m d.

2.2 Diversiteit binnen het productieperceel

2.2.1 Variatie tussen gewassen

Bij variatie tussen gewassen bestaan er verschillende plantsystemen te bedenken, die in meer of mindere mate de diversiteit binnen een perceel versterken.

Volledige menging (mixed cropping)

Er kan volledige menging toegepast worden, waarbij twee of meer soorten willekeurig onderling gemengd en gezaaid of geplant zijn. Deze methode is voor praktische toepassing in principe alleen geschikt voor een productie waarbij de verschillende gewassen onderling niet apart geoogst of verwerkt hoeven te worden; bijvoorbeeld in het geval van de productie van veevoeder.

Rijenmengteelt (row intercropping)

Verder is er het systeem van rijenmengteelt (row intercropping), waarbij de verschillende soorten gewassen in rijen van elkaar gescheiden zijn. Er kan zowel gemengd worden met verschillende productiegewassen, als productiegewas met een ander gewas dat als vanggewas, repellent of dergelijke moet dienen. Daarbij zijn vele varianten mogelijk, zoals rij-om-rij, 2 rijen productiegewas – 1 rij vanggewas, 4 rijen productiegewas – 1 rij vanggewas etc. Verder kan additieve of substitutieve rijenmengteelt worden toegepast (zie fig. 1).

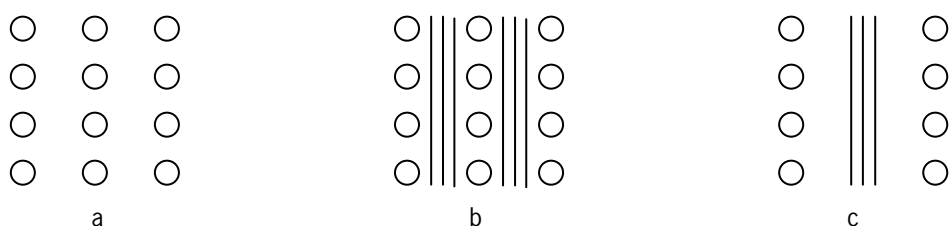


Fig. 1: Schematisch voorbeeld van monocultuur (a), additieve (b) en substitutieve (c) rijenteelt bij mengteelt van teelt van kool (O) met gerst (|||) Bukovinsky, 2004^e.

Bij additieve rijenmengteelt wordt het tweede gewas tussen het vaste plantpatroon van het hoofdgewas gezaaid of geplant, terwijl bij de substitutieve methode een rij van het productiegewas wordt opgeofferd voor het tweede gewas.

In proeven waarbij het effect van het ene gewas op het optreden van ziekten en plagen in het andere gewas wordt onderzocht, wordt de voorkeur gegeven aan het additieve systeem. De plantdichtheid van het hoofdgewas blijft namelijk gelijk ten opzichte van de monocultuur. Het nadeel van deze methode is dat er een grote kans is op onderlinge concurrentie om voedsel, licht en water. Deze kan echter indirect ook weer het optreden van ziekten en plagen beïnvloeden (Bukovinszky, 2004^d).

Strip- of banenmengteelt (strip intercropping)

Bij strip- of banenmengteelt wordt bedoeld dat de verschillende soorten gewassen binnen een perceel in stroken van een bepaalde 'handige' breedte zijn geplant (werkbreedte machine, bedbreedte). Het eventuele plaagonderdrukkende effect van het ene gewas op het andere kan hier echter door de grotere onderlinge afstanden teniet worden gedaan, terwijl het bij rij-om-rij teelt wel een duidelijk effect aangetoond kon worden (Kemper, 1988). De Duitse onderzoeker Germeier paste een zogenaamde strokenteelt toe van graan met witte klaver waardoor de stikstofvoorziening tijdens de korrelvulling werd bevorderd (Van de Berg, 1998).

Bijzondere varianten

Onderzaai (undersowing)

Perrin & Phillips (1978) haalden in hun artikel over effecten van mengteelten op de populatiedynamiek van plaaginsecten het voorbeeld aan van Altieri. In onderzoek in de tropen van Latijns Amerika nam hij waar dat bonen (*Phaseolus*) waartussen veel onkruid groeide minder last had van sprinkhanen dan bonen geteeld in veldjes waar het onkruid netjes gewied werd. Het bleek dat bepaalde grassen in het onkruidmengsel als repellent werkten voor de sprinkhanen. Extracten van onkruidmengsels die over bonenplanten werden gespoten bleken de populatie sprinkhanen te verminderen en ook invloed te hebben op de reproductie van de sprinkhanen. Dit experiment toonde de potentie aan van onkruidmengsels om plagen te onderdrukken. Ook onderzoek van Smith in 1976 liet zien dat kolen die tussen het onkruid groeiden minder last hadden van koolvlieg en werden luizen gehinderd. In de huidige landbouwsystemen is het veelal onacceptabel om een hoge dichtheid van onkruid toe te laten in het productieperceel. Door in plaats van onkruid een ander gewas in te zaaien tussen het productiegewas kan toch hetzelfde effect verkregen worden. Wanneer 100% wordt ingezaaid zal de concurrentie met het hoofdgewas vaak te groot zijn. Het zaaien van banen geeft in veel gevallen echter ook al goede resultaten.

Onderzaai wordt vaak toegepast met als doel onkruiden te onderdrukken of om stikstof vast te leggen/houden, zoals vlinderbloemigen. In een aantal gevallen bleken onderzaai gewassen ook goede diensten te bewijzen in het verminderen van het aantal plaaginsecten in het hoofdgewas, omdat de plaaginsecten het onderzaai gewas interessanter vonden als voedingsbron of vanwege de verwarring die de onderzaai aanrichtte in het zoekgedrag bij de plaaginsecten (onder meer Imhof e.a., 1996; Theunissen & Schelling, 1998; Legutowska e.a., 2003). Enkele aandachtspunten bij de keuze van onderzaai gewas zijn: mate van concurrentie met het hoofdgewas, inzaaitijdstip en snelheid van dichtgroeien van het onderzaai gewas. Bij dit laatste aandachtspunt is er een spanningsveld tussen snel dichtgroeien van het grondoppervlak ter onderdrukking van onkruiden, maar dit kan aan de andere kant in de beginperiode weer meer concurrentie geven met het hoofdgewas (Vidal, 1999).

Verschillende planttijdstippen (relay intercropping)

Hill (1989) omschrijft een systeem waarbij een gewas in verschillende banen en tijdstippen binnen het perceel gerooid wordt. Daarbij was het gewas op verschillende tijdstippen geplant, zodat er verschillende groeistadia van het gewas op hetzelfde moment aanwezig waren. Deze methode wordt wel toegepast bij de teelt van alfalfa om schade door *Lygus* (= soort wants) binnen de perken te houden. Wanneer de rijpe banen worden geoogst, zijn de andere banen half volgroeid. De wantsen verhuizen tijdens het oogsten naar deze banen in plaats van naar nabijgelegen andere productiepercelen. Omdat de natuurlijke vijanden ook met de *Lygus* meetrekken zal de populatie van *Lygus* niet sterk toenemen. *Lygus* zal nog wel eitjes afzetten op de halfvolgroeide alfalfa, maar die zal weer na twee weken geoogst worden, waardoor de eitjes vernietigd

worden. Verder zijn er ook systemen waarbij tussen het hoofdgewas op een later tijdstip een combinatiegewas ingezaaid (of geplant) wordt. Op deze manier kan te zware concurrentie in de beginfase van de groei met het hoofdgewas omzeild worden (Geno & Geno, 2001).



Foto 1: Afbeeldingen van diverse mengteeltvormen:

a = row intercropping → 'rijenmengteelt'

b = strip intercropping → 'banenmengteelt'

c = relay intercropping → het later inplanten of inzaaien van combinatiegewas in hoofdgewas

d = onderzaai

Een voorbeeld wat hierbij aansluit is het wegvangen van preimot in prei met prei. Uit onderzoek is gebleken dat het hoofdgewas prei nagenoeg vrij blijft van preimot wanneer drie weken voor het planten van de prei om het perceel alvast drie rijen prei worden geplant. De preimot legt haar eitjes namelijk het liefst in grotere preiplanten (schachtdiameter van 12 - 16 mm). De vroeg geplante randrijen bereiken deze schachtdikte eerder dan het later geplante hoofdgewas. De bestrijding van de preimot kan daardoor beperkt blijven tot de vroeg geplante randrijen (Van den Berg, 2000).

2.2.2 Variatie binnen gewassen

Bij genetische variatie kan gedacht worden aan het gebruik van zaadvaste rassen, landrassen, multilijnen, mixen van rassen met verschillende resistentiegenen en dergelijke. Een korte toelichting van verschillende mogelijkheden van genetische variatie binnen productieperceel:

Landrassen

Landrassen zijn de eerste in cultuur gebrachte wilde planten, waarbij selectie door boeren en tuinders zelf werd gedaan. Er werd steeds zaad gekozen van de beste planten om mee verder te telen. Zo ontstonden vanzelf in elke streek selecties die aangepast waren aan de grond en het weer in die streek. Deze rassen bevatten planten die onderling nog grote genetische verschillen hadden. De meeste landrassen zijn verdwenen door de opkomst van de professionele veredeling, waar sterk genetisch identieke rassen uit voortkwamen met hogere producties. Landrassen worden nu nog wel geteeld door enkele liefhebbers.

Rassenmengsels (variety mixtures)

Rassenmengsels zijn genetisch diverse mixen die meestal bestaan uit 2 tot 5 verschillende rassen. De rassen zijn afzonderlijk geselecteerd, waarbij niet gelet is op mogelijke geschiktheid tot mengen met andere rassen. Ze zijn apart geregistreerd, worden gemixt bij de zaadproducent of de agrariër en de rassencombinatie is afgestemd op grond van enkele belangrijke eisen (zoals rooi-rijpheid en groeiwijze). Deze mengsels vertonen zowel genetische als fenotypische (uiterlijke) heterogeniteit (Lammerts van Bueren e.a., 2000).

Multilijnen (multilines)

Bij multilijnen worden verschillende afzonderlijke selectielijnen met elkaar gemengd, waardoor genetisch diverse mengsels worden verkregen. Binnen deze mengsels kunnen fenotypisch verschillen voorkomen of juist uniform zijn (Lammerts van Bueren e.a., 2000). De volgende vormen zijn te onderscheiden:

Isogene multilijn mixen (isogenic varieties)

Isogene multilijnen kunnen uit tot wel 10 verschillende lijnen samengesteld zijn. Alle lijnen zijn genetisch identiek voor bijna alle agronomische doeleinden, maar niet genetisch identiek in de resistentiegenen tegen een bepaalde ziekte. Er wordt hierbij gebruik gemaakt van verschillende rasspecifieke resistentiegenen tegen één bepaalde schimmelziekte.

Isofene lijnmengsels (isophenic varieties)

Isofene lijnmengsels zijn samengesteld uit vaak vele lijnen die zorgvuldig geselecteerd zijn op fenotypische (uiterlijke) uniformiteit voor verschillende agronomische doeleinden, maar genetisch wel verschillen. Deze lijnmengsels zijn samengesteld met als doel om meerdere schimmelziekten te kunnen beheersen en om tot hogere opbrengsten te komen. Met isofene lijnmengsels wordt getracht de positieve aspecten van rassenmengsels en isogene multilijnen te combineren. Deze mengsels kunnen gezien worden als een soort verbeterd of een modern concept van een landras.

Lammerts van Bueren (2002) onderzocht het potentiële voordeel van genetische variatie op rasniveau voor de biologische teelt. De moderne plantenveredeling richt zich vrijwel uitsluitend op het ontwikkelen van zuivere lijnen (zoals F1-hybriden) bestemd voor de moderne, inputintensieve landbouwbedrijfssystemen. In de moderne commerciële rassen voor de gematigde streken is genetische variatie zoveel mogelijk weg geselecteerd. Deze rassen zijn echter meer kwetsbaar voor ziekten en plagen. De volgende mengsels werden besproken: rassenmengsels, (isogene) multilijn rassen en (isofene) lijnmengsels.

Het beste perspectief voor de biologische teelt werd gezien in de zogenaamde isofene lijnmengsels. Deze mengsels zijn samengesteld uit lijnen van planten die geselecteerd zijn op basis van fenotypische uniformiteit voor een aantal belangrijke kenmerken, maar genetisch wel van elkaar verschillen. Zoals al eerder genoemd worden deze mengsels samengesteld met als doel het vermogen tot zelfregulatie van het gewas te stimuleren (verhoogde weerbaarheid tegen diverse ziekten en plagen), maar ook met het oog op opbrengstverhoging. Rassenmengsels hebben aangetoond om een stabiele opbrengst te kunnen garanderen (nooit lager dan het slechtste ras binnen het mengsel geteeld in monocultuur) en soms ook tot een verhoging van de opbrengst te komen. De opbrengst van mengsels komt slechts zelden boven de opbrengst van het beste individuele ras in de monocultuur uit. Alleen is van tevoren moeilijk te voorspellen welk ras binnen het mengsel het betreffende jaar als beste naar voren komt. Hieruit volgt de meerwaarde van het mengsel: niet de hoogste opbrengst maar wel over de jaren gezien meer stabiliteit in de opbrengst. Het effect van een mengsel wordt beïnvloed door onder meer het milieu en het management. Om tot de beste mengsels te komen die geschikt zijn voor biologische teelt zou daarom onder deze teeltomstandigheden geselecteerd moeten worden.

Door gebruik te maken van mengsels van verschillende rassen (met verschillende gevoeligheden of resistenties) kan de verspreiding van ziekten en plagen geremd worden. Het meeste onderzoek hieraan is uitgevoerd in graangewassen met pathogene schimmels.

De theorie hierachter is dat in een mix:

- Sporen verloren gaan op planten die niet gevoelig zijn als gevolg van de fysieke barrière die gevormd wordt door niet-vatbare planten (het zogenaamde verdunningseffect),
- De dichtheid van vatbare planten minder hoog is ten opzichte van een monocultuur,
- Bij de waardplant het mechanisme van geïnduceerde weerstand kan optreden.

Geïnduceerde weerstand is het verschijnsel wanneer planten in aanraking komen met enkele sporen van een pathogeen het afweermechanisme geactiveerd kan worden, waardoor de plant bij een volgend contact met een spore minder gevoelig is. In hoeverre dit mechanisme een rol speelt in het geheel kan sterk per situatie verschillen (Perrin & Phillips, 1978).

Hoewel het heel aannemelijk klinkt dat verspreiding van ziekten door een mix minder snel gaat, blijkt het in de praktijk toch sterk wisselende effecten te vertonen. In onderzoek naar het effect van een mix van twee graanrassen ten opzichte van een monocultuur van de graanrassen bleek dat de mix het eerste jaar minder schade (- 9%) had door *Mycosphaella graminicola* vergeleken van de monoculturen, in het tweede jaar - bij een lagere ziektedruk - werd geen verschil gezien tussen de mix en de monoculturen, terwijl in het derde jaar juist meer schade (+27%) werd gezien in de mixen. Verder bleek dat de pathogeniteit van de schimmel geïsoleerd uit de mixen het eerste jaar minder was dan geïsoleerd uit monoculturen, terwijl in het tweede jaar geen verschil werd gezien en in het derde jaar juist de pathogeniteit sterker was ten opzichte van isolaten gewonnen uit monoculturen (Cowger & Mundt, 2002).

Verder hebben Garrett en Mundt (2000) gekeken naar het effect van verschillende mixverhoudingen van twee verschillende cultivars van wintertarwe op het voorkomen van roest, namelijk: 10/90, 25/75, 50/50 en 75/25. Uit de resultaten volgde dat bij mixen samengesteld uit twee verschillende rassen (genotypen) het beste resultaat gaf bij een mengverhouding van 50/50. Zij merkten op dat de verhouding bij andere cultivars met andere resistentiegenen echter weer anders kan liggen.

Skelsey e.a. (2004) hebben een model ontwikkeld om de verspreiding van *Phytophthora infestans* door verschillende soorten mixen van vatbare en resistente aardappellrassen te bestuderen. Hieruit bleek dat het creëren van genetische variatie binnen een gewas het aantal uitbraken van *Phytophthora infestans* kan doen afnemen. Om dit principe werkelijk in een commerciële teelt toe te passen lijkt vooralsnog op korte termijn zeer lastig (Harris, 1990) of bleek in de praktijk toch geen betrouwbare methode te zijn (Phillips, Shaw & Wolfe, 2005). In hoofdstuk 5 wordt hier nader op ingegaan.

In de literatuur worden alleen voorbeelden gevonden van genetische variatie in de vorm van multilijnen of rassenmengsels bij granen of aardappels. Het multilijn-principe is namelijk vooral van toepassing bij zelfbevruchtende gewassen (zoals granen) of bij kruisbestuivers, waarbij de zaailingen gekloond worden (zoals bij aardappel). Los van de betrouwbaarheid van het toepassen van een vorm van genetische diversificatie binnen een soort tegen ziekten en de meer tijdrovende selectieprocedures speelt nog het niet onbelangrijke feit dat er in Europa restricties gelden voor het verkopen van rassenmengsels. Zo is het lastig om een mengsel geregistreerd te krijgen, omdat op de individuele lijnen kwekersrecht zit. Tot op heden is het binnen de EU nog niet mogelijk om een ontwikkelde multilijn te registreren als één product. Dit maakt het voor veredelingsbedrijven niet interessant om zich te gaan richten op de ontwikkeling van multilijnen (Lammerts van Bueren e.a., 2002).

2.2.3 Spelen met perceelsafmetingen

Naast de onderlinge rangschikking van de gewassen binnen het productieperceel kan ook nog gedacht worden aan de vorm (afmetingen) van de percelen. Onder de definitie van perceel wordt hier verstaan: het grootste ononderbroken beteelbare stuk grond, waarbij de begrenzing bepaald wordt door sloten, wegen, natuurlijke begroeiing etc.. Hierbij kan in principe alleen rekening gehouden worden bij de opzet van een nieuw bedrijf. Volgens aanbevelingen van Geertsema e.a. (2004) zou een perceel maximaal 150 meter breed mogen zijn in verband met de maximale afstand die een ('gemiddeld') insect kan afleggen om vanuit de randen tot in het midden van het perceel te kunnen komen. De voorkeur gaat echter uit naar 100 meter, maar dit wordt door de huidige praktijk over het algemeen nog niet enthousiast ontvangen. De vuistregel van 150 m is op 'expert guesses' gebaseerd. In onderzoek bij AGV is een bladluisonderdrukking in

zomertarwe en aardappel gevonden, die midden in een 100 m breed perceel even goed was als bij 2 m uit de akkerranden (Van Alebeek et al., 2005). Over het algemeen geldt dat lange smalle percelen gunstiger zijn voor een goede bereikbaarheid van natuurlijke vijanden in het productiegewas (vanuit de akkerranden en naastgelegen houtwallen e.d.) vergeleken met vierkante percelen van dezelfde oppervlakte. Wat de meest optimale verhouding is tussen lengte en breedte is voor zover bekend niet wetenschappelijk onderzocht. De maximale afstand die natuurlijke vijanden kunnen afleggen verschilt sterk per soort. Wel zijn er indicaties op basis van een aantal indicatororganismen (zoals spinnen en loopkevers) verkregen uit onder meer het onderzoek uitgevoerd op het proefbedrijf in Nagele (mondelinge mededeling F. van Alebeek). Binnen een groot perceel kunnen natuurlijk vakken van bepaalde afmetingen van éénzelfde soort gewas wordt gemaakt, waarbij rekening gehouden kan worden met de optimale breedte. In principe is strokenteelt hier een voorbeeld van (zie ook foto 1b). Er moet dan wel nog steeds rekening gehouden worden met een voldoende goede infrastructuur van akkerranden of ingezaaide bloemenranden en dergelijke.

2.2.4 Mate van diversificatie

Tot slot van dit hoofdstuk worden de verschillende vormen van diversificatie geplaatst tussen het principe van monocultuur en de maximale vorm van diversificatie: een natuurlijk ecosysteem (fig. 2). Het aspect van variatie in tijd is hierbij buiten beschouwing gelaten. Algemeen wordt gesteld dat hoe hoger het niveau van diversificatie dat wordt doorgevoerd, des te stabiel het teeltsysteem wordt. Welke mate van diversificatie optimaal is, volgt uit een afweging tussen de diverse (teelt)technische, economische, ecologische en sociale aspecten die voor de betreffende bedrijfssituatie spelen.

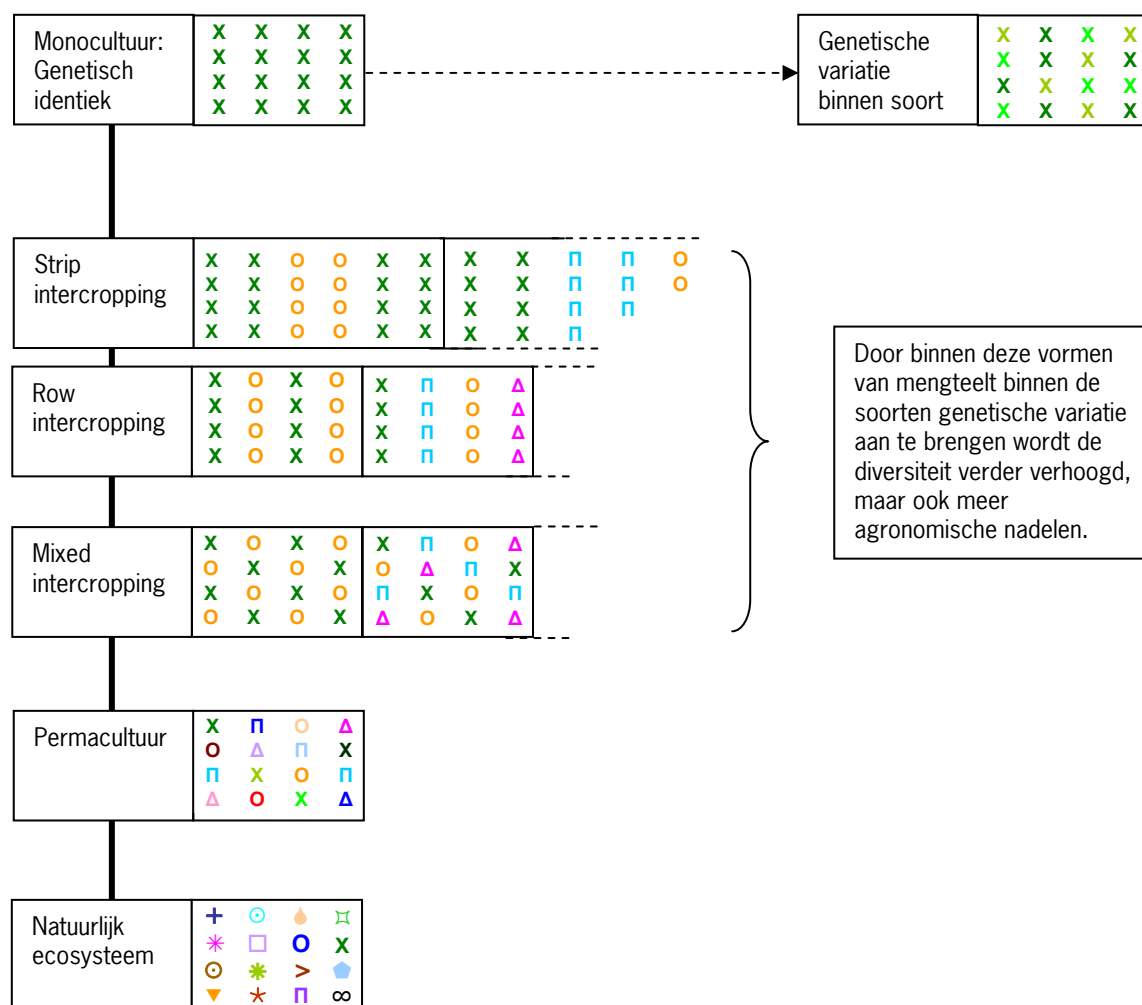


Fig. 2: Overzicht van verschillende vormen van diversiteit binnen perceel in volgorde van mate van biodiversiteit gezet tussen de twee uitersten van een monocultuur en een natuurlijk ecosysteem

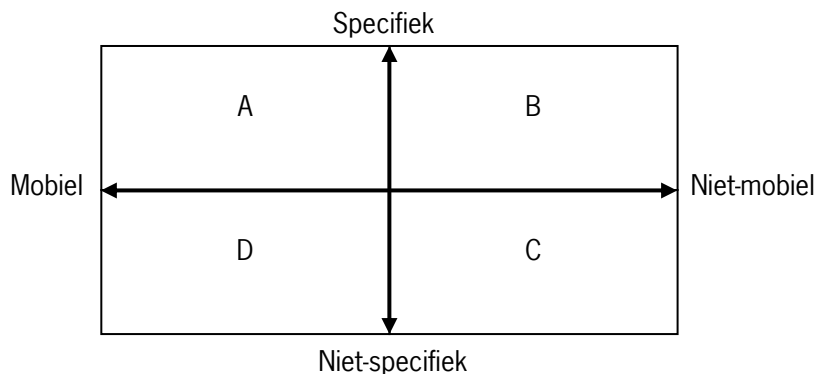
3 Inzet van diversiteit tegen ziekten en plagen

3.1 Algemeen

Mengteelten hebben reducerende effecten laten zien op zowel (schimmel)ziekten als plagen (Rämert, 2002). Er is een directe invloed (minder aanbod van waardplanten) en een indirecte invloed (meer natuurlijke vijanden, bodemgezondheid) van diversiteit te verwachten. Daarnaast zijn er ook situaties waarbij de weerstand van planten verhoogd wordt wanneer ze in aanraking komen met de ziekteverwekker (geïnduceerde resistentie). Het effect wat de diversiteit heeft op een ziekte of plaag is uit te splitsen in:

- 1) Effect op plagen → Mobiliteit
 → Specificiteit
- 2) Effect op ziekten → Mobiliteit
 → Specificiteit

Welke schematisch als volgt zijn te plaatsen:



Elk plaagorganisme is binnen één van de blokken A t/m D te plaatsen, waarbij de mate van het effect van een bepaalde vorm van diversiteit op het in de hand houden van de populaties verschilt. Zo zijn bijvoorbeeld *mobiele en niet-specifieke organismen* (blok D) zeer lastig te beïnvloeden. Dit zijn over het algemeen bovengrondse ziekten en plagen. Bodemschimmels vallen vaak in de categorie van *niet-mobiel en specifiek* (blok B). Deze belagers vallen goed te omzeilen door gebruik te maken van diversiteit in de ruimte (vruchtwisseling). Ziekten en plagen in de categorie *mobiel en specifiek* (blok A) zouden aangepakt kunnen worden door bijvoorbeeld per regio afspraken te maken waar welk ras wordt geteeld. Er zijn eigenlijk geen voorbeelden van *niet-mobiele en niet-specifieke plaagorganismen* (blok C) te vinden, die in de landbouw voor problemen zorgen. Voor organismen binnen blokken A en C zouden mengteelten een uitkomst kunnen bieden.

Preventie en onderdrukking van ziekten en plagen door biodiversiteit heeft verschillende werkingsmechanismen ten grondslag liggen. Bezien vanuit de plaagorganismen en predatoren berust de kracht van biodiversiteit op het grote potentieel aan organismen welke meerdere verschillende plaagsoorten kunnen doden of eten (zogenaamde polyfage of niet-specifieke antagonisten en predatoren) plus het herbergen van specifieke antagonisten en predatoren (zogenaamde monofage antagonisten of predatoren).

Elk type natuurlijke vijand heeft zijn eigen rol in het onderdrukken van ziekten en plagen ofwel handhaven van een evenwicht:

- Polyfage organismen remmen de plaagontwikkeling op alle niveaus van de populatiedichtheid van het betreffende organisme, maar zijn meestal niet in staat hoge niveaus te onderdrukken;
- Minder polyfage organismen zijn bij redelijk lage aantallen van prooiorganismen - vaak nog beneden de schadedrempel - effectief;
- Specialistische organismen hebben een hoge zoekefficiëntie en een sterk onderdrukkende werking, al bij lage aantallen prooiorganismen.

De natuurlijke regulatie van ziekten en plagen kan op twee wijzen benaderd worden: soortsbetaling (gericht op een bepaalde plaag-antagonist relatie) of een ecosysteemgerichte benadering. Bij de soortsbetaling wordt gestreefd naar een hoog niveau van bepaalde soorten predatoren en antagonisten om een constante druk uit te oefenen op de plaagsoorten. Bij de ecosysteemgerichte benadering speelt naast predatie en parasitering ook concurrentie als regulatiesysteem een rol. De regulatie van ziekten en plagen vindt hier plaats vanuit de stabiliteit van een diverse levensgemeenschap (Van Wingerden & Booij, 1999).

Binnen beide benaderingen spelen mechanismen tussen planten en hun omgeving een rol, zoals allelopathie en beïnvloeding van de 'vindkans' van plaagorganismen door bijvoorbeeld gebruik te maken van een combinatiegewas welke bijvoorbeeld zorgt voor afschrikkende geurstoffen of dient als mechanische barrière. In de volgende paragrafen zullen deze mechanismen uitgebreider toegelicht worden.

3.2 Werkingsprincipes

3.2.1 Beïnvloeden van interactie waardplant – plaagorganisme

3.2.1.1 Zoekgedrag van insecten naar waardplanten

Veel onderzoekers hebben aangetoond dat het aantal insecten dat op productiegewassen wordt gevonden afnam wanneer er onkruiden om de gewassen groeiden of wanneer er combinatiegewassen werden gebruikt (polycultuur) of wanneer er onderzaai werd toegepast wat dienst deed als levende mulch tegen onkruiden. Er werd gesuggereerd dat deze situaties zorgden voor een achtergrond die de plaaginsecten verstoort in hun zoekgedrag door:

1. Fysiek hinderen van de insecten door de niet-waardplanten,
2. Visuele camouflage,
3. Afscheiden van wortellexudaten door de niet-waardplanten, die de fysiologie van de waardplant beïnvloeden,
4. Afschrikken door geurstoffen (odeurs) geproduceerd door de niet-waardplant,
5. Geurstoffen van de niet-waardplant die de geur van de waardplanten maskeren,

Daarnaast zijn er nog twee algemene hypothesen van Root uit 1973:

6. De "Bron concentratie hypothese": Er worden meer herbivore insecten gevonden waar de "bron" (waardplant) het meest geconcentreerd is,
7. De "Vijanden hypothese": Er worden minder herbivore insecten gevonden op waardplanten waarbij verschillende andere planten op de achtergrond groeien, omdat daar meer predators voor de herbivore insecten aanwezig zijn.

Over het algemeen wordt gesteld dat karakteristieke vluchtige stoffen een hoofdrol spelen in het gidsen van herbivore insecten naar hun waardplanten. Finch en Collier (2001) onderzochten aan de hand van proeven met verschillende plaaginsecten en koolplanten met onderzaai van klaver wat nu werkelijk de doorslaggevende factor is in de selectie van de insecten. Deze bleek niet chemisch maar visueel te zijn. In de proeven met koolplanten (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) en al dan niet in combinatie met klaver (*Trifolium subterraneum* L.) werd het zoekgedrag van de volgende acht insecten onder laboratoriumomstandigheden bestudeerd: klein koolwitje, groot koolwitje, goudhaantje (*Phaedon cochleariae* Fab.), koolvlieg, koolmotje (*Plutella xylostella*), late koolmot (*Evergestis forficalis* L.), kooluil (*Mamestra*

brassicae L.) en de koolluis. Daarnaast werden ook waarnemingen onder veldomstandigheden uitgevoerd met de volgende objecten: veldjes met monocultuur van kool zonder chemische bestrijding met insecticiden en fungiciden, veldjes met monocultuur van kool met chemische bestrijding, veldjes met kool en onderzaai van witte klaver (*Trifolium repens* L.), veldjes met kool en onderzaai met ondergrondse klaver (*Trifolium subterraneum* L.). De veldjes met monocultuur van kool werden onkruidvrij gehouden.

De proefresultaten leverden ondermeer de volgende resultaten op:

- Voor alle insecten gold dat er minder eitjes werden gevonden op koolplanten die omringd waren door klaver vergeleken met planten omgeven door kale grond. Het reductiepercentage varieerde van 39% voor het koolmotje tot 94% voor de kooluil.
- Wanneer het kleine koolwitje werd geconfronteerd met verschillende groottes van koolplanten reduceerde de aanwezigheid van klaver (10-12 cm hoog) het aantal eitjes op kool van ca. 25 cm hoog met 48%, terwijl klaver geen effect had op het aantal eitjes wanneer de koolplanten 35 cm hoog waren.
- Bij de koolvlieg, groot koolwitje en koolmotje was er geen verschil in het aantal eitjes wat teruggevonden werd op koolplanten die omgeven waren met dode (bruine) klaverplantjes vergeleken met het aantal eitjes dat gelegd werd op koolplanten omgeven door kale grond.

Uit de resultaten (zowel gevonden onder laboratorium- als onder veldomstandigheden) kon het volgende geconcludeerd worden:

- Plantarchitectuur alleen is niet voldoende voor een plaaginsect om gehinderd te worden. De dorre bruine klaver had vrijwel nog dezelfde vorm als de groene klaver, maar hinderde in deze dorre toestand het plaaginsect niet in zijn zoekgedrag naar de kool.
- In deze proeven was een mogelijk effect van wortellexudaten op de fysiologie van de koolplanten uit te sluiten, want de klaverplantjes waren in potjes om een pot met een koolplant gezet.

Verder is uit andere onderzoeken gebleken dat:

- Koolvlieg koolplanten minder goed kunnen vinden wanneer deze omringd is door onkruiden ten opzichte van planten waarbij de grond onkruidvrij is gehouden. Hetzelfde effect wordt verkregen wanneer de koolplanten omringd worden met groenkleurige papieren planten.
- Uit voorgaand resultaat blijkt dat de hypothese van "Bron concentratie hypothese" hier niet opgaat, want het aantal koolplanten was in alle situaties gelijk. Verder blijkt de geur van de omringende planten geen effect te hebben (papieren planten hadden hetzelfde effect als diverse onkruiden met verschillende geuren).
- In proeven met niet-waardplanten die geselecteerd werden op hun doordringende geur in veel gevallen insecten niet hinderden in hun zoekgedrag.

In tegenstelling tot de zeven eerder genoemde hypothesen geloven Finch en Collier in een ander doorslaggevend mechanisme in de selectieprocedure van insect van waardplant, namelijk het mechanisme omschreven als "Geschikt/ongeschikte landingen".

Op basis van studies van insectengedrag bij het landen op een (waard)plant konden zij - aan de hand van studies aan de koolvlieg - de waardplantselectie in drie onlosmakende schakels omschrijven:

1. Vluchtige chemische stoffen geproduceerd door de waardplant lokken het insect in de richting van de waardplant. Wanneer het insect in de directe omgeving van de waardplant is (meestal < 1m) gaat het insect over op de visuele stimulans om op een groen object te landen;
2. Het insect cirkelt (in de vorm van een soort spiraal) om de waardplant heen om te landen op de (waard)plant;
3. De cirkelvlucht gevolgd door een landing wordt door het insect enige malen herhaald om voldoende positieve stimuli te ontvangen om tot eileg over te gaan.

Een toelichting:

Wanneer waardplanten op onkruidvrije grond groeien, zullen bijna alle landingen geslaagd ("geschikt") zijn, omdat insecten in de meeste gevallen bruine oppervlaktes (zoals grond) vermijden. Wanneer insecten over waardplanten vliegen omringd door bijvoorbeeld klaverplanten dan zijn het aantal niet-geslaagde

“ongeschikte”) landingen groter. De lengte van de tijd dat de insecten op een plant zit, hangt af of deze acceptabele of juist antagonistische stimuli ontvangt via hun tastzintuigen. Wanneer de insecten weer in de lucht zijn kunnen ze weer opnieuw gestimuleerd worden om te landen op een (ander) groen object. Bij het landen op een waardplant en bij ontvangen van positieve stimulus gaat het insect een spiraalvlucht maken om de waardplant waarbij tussentijds telkens opnieuw geland wordt om meer positieve stimuli te ontvangen. Tijdens deze spiraalvluchten is het makkelijker om de waardplant te verliezen wanneer deze omringd is door andere planten (bijvoorbeeld onkruiden of klaverplanten). Wanneer er te vaak achter elkaar een “ongeschikte” landing wordt gemaakt, vliegt het insect uiteindelijk naar een andere plek.

Finch en Collier pleitten ervoor dat om een maximaal effect uit een onderzaai te halen, er bij de keuze op gelet moet worden dat beide gewassen qua structuur/groei bij elkaar passen. Wanneer het silhouet van de waardplanten goed te onderscheiden is (door bijvoorbeeld te maaien in verband met verminderen van concurrentie of door het groter groeien van de waardplant gedurende het seizoen), dan gaat het effect van de onderzaai op het verminderen van de schade in het productiegewas verloren.

Ook Pfaufe-Vogt (1980) heeft onderzoek gedaan naar het zoekgedrag van koolwitje en bladluizen en het effect van de mate van heterogeniteit van de gewassen (hier: verschillende soorten gewassen) hierop. Daaruit bleek ondermeer dat het zoekgedrag bij beide plaaginsecten duidelijk verlengd werd door de aanwezigheid van niet-waardplanten. Wanneer een plaaginsect landde op een niet-waardplant, dan werd de zoektijd naar een waardplant meer verlengd.

Hill (1989) noemde als voorbeeld dat een lagere plantdichtheid bij kool kan leiden tot meer aantasting door luizen. De koolplanten zouden bij lagere plantdichtheid beter afsteken tegen de kale ondergrond.

Verder heeft o.a. Bukovinszky (2004^{a t/m g}) de relatie tussen plantomvang-plantdichtheid-achtergrondvegetatie uitgebreid onderzocht in spruitkool. Hij bevestigde ondermeer dat de architectuur van de waardplanten en de achtergrondvegetatie een rol speelt in het zoekgedrag van de plaaginsecten, maar ook van de predatoren. Zo bleek dat sommige combinatiegewassen (zoals gerst) predatoren kunnen hinderen of afleiden in hun zoektocht naar prooiorganismen. Bij gebruik van mosterd als combinatiegewas bleek de sluipwesp *Diadegma* spp. in eerste instantie sterker door de mosterdplanten aangetrokken te worden, hoewel de sluipwesp daarna alsnog met luizen besmette koolplanten in de mengcultuur opzocht. De geur van mosterd bleek aantrekkelijker te zijn dan de geur van met luizen besmette koolplanten. Het plantpatroon maakte voor de sluipwespen niets uit in hun zoektocht; rij-om-rij of gemixt.

Bukovinszky vond – net als Finch en Collier (2000) – dat wanneer waardplanten omringd waren door hogere combinatiegewassen het voor een aantal plaaginsecten lastiger was om de waardplanten te vinden. Er ontstaat namelijk een ingewikkeldere plantenstructuur, waarbij de kans groter wordt dat het plaaginsect de waardplant ‘verliest’.

Het effect van een mengteelt en onderlinge rangschikking van de gewassen bleek verschillende effecten teweeg te brengen bij de verschillende plaaginsecten van kool. Dit kon verklaard worden uit het zoekgedrag en mobiliteit van de insecten. Luizen zijn bijvoorbeeld niet zo mobiel. Wanneer ze een waardplant hebben gevonden, blijven ze in de directe omgeving hiervan. Ze zullen niet meer naar een andere plant op zoek gaan enkele meters verderop. Mobielere insecten als koolwitje en koolmot zijn veel actiever op zoek naar nieuwe waardplanten voor het afzetten van eitjes. Verder bleek het combinatiegewas ook een verschillend effect te hebben; het koolwitje werd niet beïnvloed door gemaaid gras of gerst om de koolplanten, terwijl bij kooluil en luis het zoekgedrag wel werd gehinderd door gerst.

3.2.1.2 Effect van stoffen van gewassen op plaagorganismen

Planten kunnen ook vluchtige stoffen produceren die een afwerend of aantrekkend effect hebben op plaaginsecten van andere planten die in de directe omgeving staan. De combinatie van ui-peen gaf wederzijds een positief resultaat. Ui geeft minder last van wortelvlieg in peen en peen zorgt voor minder last van uienvlieg in ui. De combinatie van boon met aardappel blijkt ook gunstig te zijn. De bonen zorgen er voor dat er minder Coloradokevers in de aardappels komen, terwijl in de bonen minder bladluizen zitten (Matteeva e.a., 2002).

3.2.1.3 Ontwikkeling van tolerantie door waardplant

Het is aangetoond dat sommige planten door in contact te komen met een plaagorganisme of ziekte een bepaalde tolerantie of resistentie kunnen opbouwen voor verdere aanvallen van betreffende

plaaorganismen. Het ontwikkelen / het stimuleren van de weerstand van de plant hangt sterk samen met de gehele gezondheidstoestand van de plant en een optimale beschikking over nutriënten en vocht (Dasso, 2003).

3.2.2 Allelopathie

3.2.2.1 Definitie

Allelopathie omvat het geheel aan positieve of negatieve effecten die de ene plant op een andere plant kan hebben door het afscheiden van chemische stoffen (als wortellexudaat of vluchtige stof uit bladeren e.d.). Het principe van allelopathie is veel onderzocht in de bosbouw en in de (sub)tropen. Bekende voorbeelden van allelopathie zijn stoffen die de zaadkieming of groei van zaailingen remmen of kieming van de pollenbuis op de stempel van een bloem, nutriëntenopname en fotosynthese. Allelopathie kan het gevolg zijn van stress door bijvoorbeeld gebrek aan water of voedingsstoffen, aantasting door ziekten en plagen of ongunstige temperaturen. Allelopathische stoffen kunnen soms behoorlijk persistent in de grond zijn en zo een effect veroorzaken op de vrucht erna. Zo laat bijvoorbeeld broccoli residuen na welke de groei van andere cruciferen in de teelt erna kan beïnvloeden (Ferguson & Rathinasabapathi, 2003). In een mengteelt (rij-om-rij) van sla met witte kool bleek de opbrengst van sla negatief beïnvloed te worden vergeleken met de slateelt in monocultuur. Allelopathie kan in de landbouw benut worden om bijvoorbeeld onkruiden te onderdrukken, zoals onderzaai van selderie in prei of onderzaai van wikke in graan of soedangras (LaMondia e.a., 2002).

3.2.2.2 Allelopathie en mengcultuur

In Duitsland combineerde Kemper (1988) negen soorten groenten om te onderzoeken wat het effect was op de opbrengst en eventueel optreden van ziekten en plagen. De nadruk lag op onderzoek naar de allelopathische werking van de groenten onderling. Er werden telkens twee soorten gecombineerd. In de proeven werden de volgende objecten onderling vergeleken: monocultuur van groente 1, monocultuur van groente 2 en mengcultuur van groente 1 en 2. Daarbij werd rij-om-rij en bed-om-bed geteeld. De onderliggende vraag bij het bed-om-bed teeltprincipe was om te beoordelen of de werking van de ene plant op de andere ook over grotere afstanden reikte en er zo mogelijkheden zouden zijn om tot een meer praktijktoepasbaar systeem te komen. De groenten die onderzocht zijn waren: witte kool, sla, ui, prei, venkel, peen, rode biet, boon en tomaat. De proeven zijn twee seizoenen uitgevoerd. Verder werden de gewassen biologisch geteeld. Uit deze proeven kwamen de volgende resultaten en conclusies voort:

Sla

Uit de getoetste groenten kwam geen goede kandidaat naar voren voor mengteelt met sla. Alleen een combinatie met venkel bleek beide jaren een hoger droge stofgehalte in de wortels te geven van sla (tabel 2). In beide jaren was er geen effect op ziekten of plagen. De aantallen luizen die in het gewas voorkwamen waren in alle objecten zo laag dat er geen verschillen uit gehaald konden worden.

Tabel 2: Effect mengcultuur van andere groenten met sla (rij-om-rij teeltsysteem) vergeleken met monocultuur

Sla geteeld met:	Blad				Wortel				Bladluisaantasting	
	Versgewicht		D.s.gehalte		Versgewicht		D.s.gehalte			
	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985
Witte kool	-	+	0	+	-	0	0	+	0	0
Ui	-	0	0	0	-	0	0	0	0	0
Prei	-	0	0	0	-	0	0	+	0	0
Venkel	-	-	0	+	-	0	+	+	0	0
Peen	-	-	0	0	-	0	-	0	0	0
Rode biet	-	-	0	0	-	0	-	0	0	0
Boon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomaat	-	-	0	+	-	0	0	+	0	0

+ = stimulerend

- = remmend

0 = geen significant effect

Witte kool

Op basis van de resultaten kon ook bij witte kool geen geschikte 'partner' aangemerkt worden tussen de getoetste combinaties. Het effect op plagen was wisselend (tabel 3). Zo bleken kolen geteeld in combinatie met peen of rode biet in het eerste jaar meer schade door kooluil te hebben, terwijl in het tweede seizoen juist een sterke afname werd gezien (ca. 50%) vergeleken met kool in monocultuur. In het tweede onderzoeksjaar bleken er minder bladluizen te zitten in kool bij mengteelt met rode biet.

Tabel 3: Effect mengcultuur van andere groenten met witte kool (rij-om-rij teeltsysteem) vergeleken met monocultuur

Witte kool geteeld met:	Versgewicht krop				Blad		Bladluisaantasting	
	Met omblad		Zonder omblad		D.s.gehalte			
	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985
Prei	+	0	+	0	0	0	-	-
Peen	-	0	-	-	0	-	+	-
Rode biet	-	0	-	-	+	-	+	-
Boon	+	0	+	0	-	-	-	0
Tomaat	+	0	0	0	0	0	0	-
Sla	+	0	+	0	0	0	0	-
Klaver	0	-	0	-	0	0	-	-

+ = stimulerend

- = remmend

0 = geen significant effect

Ui

Ook voor ui zat er geen groente tussen die een gunstig effect had op de opbrengst van ui (tabel 4), hoewel de combinatie met sla de moeite kan zijn om nog eens nader te onderzoeken. In beide onderzoeksjaren was er aantasting door *Thrips tabaci*, maar er werden geen verschillen gevonden in aantasting tussen de verschillende mengculturen en monocultuur.

Tabel 4: Effect mengcultuur van andere groenten met ui (rij-om-rij teeltsysteem) vergeleken met monocultuur

Ui geteeld met:	Aantal bladeren		Planthoogte		Versgewicht		Droge stofgehalte ui		Doorsnede ui	
	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985
Peen	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
Rode biet	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Boon	0	0	0	+	+	-	0	-	0	0
Sla	+	0	+	0	+	0	0	0	0	0

+ = stimulerend

- = remmend

0 = geen significant effect

Prei

Sla zou mogelijk een geschikte groente zijn om naast prei te telen, omdat in beide jaren een iets hoger steelgewicht werd verkregen (al was het niet significant). Ook heeft prei geen bijzonder negatief effect op sla. Combinatie van prei met peen of rode biet werd op basis van de resultaten afgeraden (tabel 5).

Tabel 5: Effect mengcultuur van andere groenten met ui (rij-om-rij teeltsysteem) vergeleken met monocultuur

Prei geteeld met:	Versgewicht		Lengte loof		Doorsnede steel		Droge stofgehalte			
							Steel		wortel	
	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985
Witte kool	0	-	0	-	0	-	0	+	+	0
Sla	0	0	0	0	+	0	+	0	+	+
Peen	-	-	-	-	-	-	+	0	+	0
Rode biet	-	-	-	-	-	0	0	0	+	0
Tomaat	-	-	0	-	0	0	0	0	+	0

+ = stimulerend

- = remmend

0 = geen significant effect

Venkel

Venkel bleek nauwelijks negatieve effecten te ondervinden van de getoetste groentesoorten tomaat, sla en boon. Verder werden er geen significante verschillen gezien in ziekten- en plagen tussen de verschillende groentecombinaties (waargenomen op bladluis en cicaden). Venkel zou het beste in monocultuur geteeld kunnen worden, omdat mengteelt geen voordelen opleverde.

Peen

Peen werd gecombineerd met tomaat, boon, witte kool, ui, sla en rode biet. Er kwam geen duidelijk gewas naar voren met een sterk positief effect op peen. Prei of ui zou nog een interessante optie kunnen zijn, omdat het droge stofgehalte van de peen in beide onderzoeksjaren hoger lag in mengteelt vergeleken met de monocultuur. De combinatie met ui bleek in één van de onderzoeksjaren minder schade door bladluis in peen te geven.

Rode biet

Rode biet bleek – net als venkel – nauwelijks beïnvloed te worden door een combinatie met een andere groente. De groenten waarmee gecombineerd werd, waren: ui, sla, witte kool, prei en peen.

Boon (*Phaseolus vulgaris* var. *nanus*)

Er werd geen positief effect gezien van witte kool, sla, ui, venkel of peen op het optreden van ziekten en plagen (hier m.n. gekeken naar *Botrytis* en luizen). Verder hadden witte kool, sla en ui een neutraal effect op de gewasontwikkeling en opbrengst. Ongunstig waren de combinaties van boon met venkel of peen; er werd bijna op alle beoordelingsaspecten een negatief effect gezien.

Tomaat

In één van de proefjaren werd een duidelijk negatief effect gezien van een combinatie van tomaat met peen of met onderzaai van klaver, doordat er bij die combinaties meer tomatenplanten werden getroffen door *Phytophthora*. In de combinatie met prei werd juist minder aantasting door *Phytophthora* gezien vergeleken met de monocultuur van tomaat (tabel 6).

Venkel bleek een gunstige partner te zijn voor tomaat; er werden grotere vruchten geoogst. Ook teelt met prei en sla had een gunstig effect.

Tabel 6: Effect mengcultuur van andere groenten met tomaat (rij-om-rij teeltsysteem) vergeleken met monocultuur

Tomaat geteeld met:	Versgewicht vruchten		Aantal vruchten		Doorsnede vruchten		Droge stofgehalte		Phytophthora - aantasting	
	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985
Witte kool	-	0	+	+	-	0	+	+	0	0
Sla	0	+	+	+	0	+	+	0	0	0
Prei	+	+	+	0	+	+	0	0	0	-
Venkel	+	+	+	+	+	+	0	+	0	0
Peen	-	0	+	-	-	-	+	0	0	+
Klaver	-	0		-	-	-	0	0	0	+

+ = stimulerend

- = remmend

0 = geen significant effect

Op basis van positieve effecten gezien in de rij-om-rij teeltsystemen werd van een aantal combinaties ook bed-om-bed geteeld (met bedbreedte van 1,50 m). Er werd een positief effect gezien bij de combinatie van sla met ui. Zowel de aantasting van bladluizen als door *Botrytis* was in sla in deze mengteelt minder vergeleken in de monocultuur. Verder werden er bij andere groentecombinaties bij bed-om-bed teelt geen opvallend positieve effecten gezien.

In de proeven van Kemper werden regelmatig in de twee onderzoeksjaren verschillende effecten verkregen bij eenzelfde gewascombinatie. Samengevat werd door de onderzoeker gesteld dat er gedurende beide proefjaren geen effecten zijn waargenomen die overduidelijk bestempeld konden worden als allelopathisch. Er waren wel enkele bijzonderheden te noemen. Er kon namelijk wel gesteld worden dat de etherische olie die prei verspreidt als repellent werkt tegen bladluizen in sla. Ook leek prei een afwerende werking te

hebben op rupsen van de kooluil in witte kool. De verschillen die werden waargenomen waren wel relevant genoeg voor verder onderzoek om tot een mogelijk bruikbaar teeltsysteem te komen voor de praktijk.

Helaas kon uit de onderzoeksresultaten van Kemper niet gehaald worden in hoeverre de resultaten werkelijk het gevolg waren van allelopathische effecten (geurstoffen, wortellexudaten) of onderlinge concurrentie. In de meeste gevallen leek de onderlinge concurrentie een grotere rol te spelen dan eventuele allelopathische effecten. Uit diverse (laboratorium)proeven is wel gebleken dat bepaalde (groente)gewassen een remmend effect hebben op de groei van (andere) groentegewassen. Op plekken waar wolfskers (*Euphorbia esula*) had gestaan bleek de groei van tomatenplanten in de kas sterk te remmen. Bij sla is een remmende werking gezien als gevolg van teelt direct na rettich (*Raphanus sativus*). Uiteindelijk in mengteelt met peper heeft een remmende werking laten zien in de opbrengst van peper (Kemper, 1988). En zo zijn er nog veel voorbeelden aan te halen.

Den Belder e.a. (2000) onderzochten het effect van een onderzaai van klaver met prei op het waardplant-zoekgedrag en op de populatieontwikkeling van trips. Schelling en Theunissen (1998) veronderstelden dat onderzaai van klaver alleen werkte wanneer de wortels van de klaver de wortels van de prei aanraakten. Hierdoor zou de preiplant gestimuleerd worden tot productie van bepaalde stoffen, waardoor de plant niet aantrekkelijk / smakelijk meer is voor tripsen. Onderzoek van Den Belder e.a. ondersteunden dat de werking van onderzaai van klaver de plantkwaliteit beïnvloedde, maar het was niet duidelijk te scheiden of dit het gevolg was van bepaalde stoffen die de preiplant zelf aanmaakt of door een vermindering van interne plantkwaliteit als gevolg van concurrentie met klaver. Het was in elk geval wel duidelijk dat het effect van klaver op trips niet gebaseerd was op fysieke barrière of verwarring. Er werd namelijk ook een sterke afname in aantallen trips gezien toen werd geplant in grond waar net de klaver was verwijderd. Dit zou de stelling van Schelling en Theunissen tegenspreken dat het persé een vereiste is dat de wortels van klaver en prei elkaar moeten raken. Blijkbaar laat klaver residuen en/of plantenresten achter die aanzetten tot een verandering van de interne plantkwaliteit van prei.

3.2.2.3 Moeilijk te scheiden effecten

Bukovinszky (2004^{a t/m g}) was van mening dat in de meeste experimenten onvoldoende aandacht werd geschonken aan het effect van mengteelten op de concurrentie en als gevolg daarvan de verandering in plantengroei en voedingswaarde van de waardplanten voor het plaaginsect. Aan de andere kant is dit ook complexer onderzoek om op grotere schaal (in praktijksituaties) uit te voeren. Het is veelal zeer lastig om onder veldomstandigheden de verschillende factoren als allelopathie en puur concurrentie om licht, voeding en water los van elkaar te beoordelen, omdat er te veel zaken door elkaar lopen. Concurrentie tussen gewassen speelt een belangrijke rol in het plaagonderdrukkende vermogen van een mengteelt. Er zal altijd gezocht worden naar een combinatie waarbij zo min mogelijk concurrentie optreedt bij de hoofdgewassen. Maar ook bij een geringe concurrentie mag het effect op het gedrag van de plaaginsecten niet onderschat worden. Er worden in de literatuur regelmatig tegenstrijdige resultaten aangetroffen over de effecten die gewassen op elkaar kunnen uitoefenen.

3.3 Toepassing mengteelten geen garantie voor succes

Diversificatie leidt niet altijd tot een afname in de ziekten en plagen. In een meerjarig onderzoek van Helenius (1991) naar het effect van een mengteelt van haver (*Avena sativa*) en boon (*Vicia faba*) op het voorkomen van luizen bleek dat in de mengteelt 30 tot wel 85% meer luizen werden gevonden in haver ten opzichte van haver in monocultuur. Ohlsson (1990) vond in geen van zijn vijf veldexperimenten effect van mixen van hoofdgewassen gerst, haver en rogge met onderzaai van raigras, klaver of mosterd op verschillende pathogene schimmels. En zo zijn er nog meer voorbeelden aan te halen.

Ter illustratie is tabel 7 gegeven, waarin het effect van diversificatie (mengteelten vergeleken met monoculturen) op de populatiedichtheid van plaaginsecten en natuurlijke vijanden is uitgedrukt in het aantal studies dat daarop wees (Vidal, 1995). In situaties waarbij een effect van een mengteelt op plaaginsecten werd gezien, bleek bij circa 58% een afname in plaagorganismen sprake te zijn. De meeste positieve resultaten werden behaald bij de specialistische insecten.

Tabel 7: Aantal studies dat wijst op een toe- of afname op de populatiedichtheid plaaginsecten en natuurlijke vijanden door diversificatie in de vorm van mengteelt ten opzichte van een monocultuur

	Toename (%)	Afname (%)
Eenjarige teelten		
Monofage herbivoren	3	59
Polyfage herbivoren	39	27
Meerjarige teelten		
Monofage herbivoren	20	67
Polyfage herbivoren	71	29

Bron: Andow, 1991¹ aangepast naar onderzoek van Risch e.a. 1983²)

Uit een iets recentere meta-analyse uit 1994 van Tonhasca & Byrne bleek dat in 60 - 70% van de vergelijkingen van mengculturen met monoculturen lagere dichtheden aan schadelijke organismen werden gevonden. Volgens de auteur was het positieve effect in veel gevallen zo gering dat het geen redelijk alternatief bood voor toepassing in de praktijk (Banks & Ekbom, 1999).

Volgens Bummarco (2003) speelde de grootte van de experimentele eenheden (proefveldjes) een belangrijke rol in de vaak wisselende resultaten die behaald worden in onderzoek naar effecten van mengteelten op ziekte- en plaagontwikkeling ten opzichte van monoculturen. Op basis van een meta-analyse van literatuur over de afgelopen 18 jaar (van 6 wetenschappelijke tijdschriften gericht op 25 verschillende predatoren en 41 plaagorganismen) stelde hij dat veel resultaten waarin aangetoond werd dat meer diversificatie leidde tot minder aantasting door ziekten en plagen wel eens misleidend konden zijn. In kleinschalige proeven kan het positieve effect van een mengteelt ten opzichte van een monocultuur extra begunstigd worden. Herbivore insecten kunnen namelijk vrij van het ene object naar het andere lopen en zullen daarbij al gauw kiezen voor het simpele systeem van monocultuur. Voor predatoren geldt hetzelfde; in deze situatie zullen relatief meer generalistische predatoren in de gevarieerde veldjes gevonden worden ten opzichte van de simpele teeltsystemen en voor specialistische juist andersom. Wanneer de profeenheden groter worden, valt dit effect weg. Vandaar dat het in veel gevallen lastig blijkt te zijn om behaalde resultaten op kleine schaal te reproduceren op grotere experimentele eenheden of op praktijkschaal. Als het effect wordt teruggevonden op grotere schaal, dan is het veelal minder sterk dan in de kleinschalige proeven aangetoond werd. Verder kan door toepassing van een mengteelt in sommige gevallen juist een schadelijke uitwerking hebben op de verhouding plaagorganismen/natuurlijke vijanden, zoals situaties waarbij het effect van enkele specialistische predatoren een belangrijkere rol spelen op de belangrijkste plaaginsecten dan het effect van de niet-specialistische predatoren (Perrin & Phillips, 1978). Tot slot moet er op bedacht zijn dat de mate van beïnvloedbaarheid van een insect mede afhangt van de grootte van de waardplantenreeks van het betreffende insect, maar ook de aanwezigheid van andere plantenetende insecten. Veel insecten vermijden namelijk plekken waar al andere insecten (van een andere soort) aanwezig zijn, die dezelfde waardplanten hebben (Potting, Perry & Powell, 2005).

3.4 Voorspelling effect van diversificatie op perceelsniveau

Diversificatie beïnvloedt plaagorganismen en predatoren op vele manieren waaronder directe effecten (verschillende remmende effecten op de kolonisatiemogelijkheden van de plaagorganismen) en directe effecten (zoals meer of minder hinderen van de mobiliteit door het gewas) (Rämer, 2002; Bummarco, 2003). De meeste studies naar het effect van diversificatie op insecten zijn in kleinschalige veldproeven of onder laboratoriumomstandigheden uitgevoerd. Het direct vertalen van deze resultaten naar open veldsituaties schept vaak te grote verwachtingen. Om deze vertaalslag beter te kunnen maken worden modelleringstechnieken ingezet om de dynamiek van insecten in open teeltsystemen te begrijpen en te voorspellen.

¹ Andow, D.A., 1991. Control of arthropods using crop diversity, In: D. Pimentel (ed.) CRC Handbook of Pest Management in Agriculture, p. 257-284

² Risch, S.J., D.A. Andow & M.A. Altieri, 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions, and new research directions, Environ. Entomol., Vol. 12, p. 625-629

Verscheidende onderzoekers zijn bezig geweest om het effect van diversificatie op de verspreiding van insecten en schimmels te 'vangen' in simulatiemodellen. Als voorbeeld wordt hier het simulatiemodel van Potting, Perry en Powell (2005) genoemd. Zij hebben een model ontwikkeld waarbij verscheidende aspecten van (zoek)gedrag en verspreidingsecologie van insecten en het effect van diversificatie hierop gegeneraliseerd kunnen worden. Daarbij is uitgegaan van het toepassen van combinatiegewassen die insecten afschrikken of combinatiegewassen die insecten aantrekken (en dan niet meer naar het hoofdgewas gaan). Bij afschrikkende planten werd een onderscheid gemaakt tussen 'deterrent plants' en 'repellent plants'. Een 'deterrent plant' wordt pas door het insect herkend nadat ze op de plant zijn geland, terwijl een 'repellent plant' al tijdens de vlucht herkend wordt (door geur of visuele prikkel). Verder werden in het simulatiemodel ondermeer de volgende aspecten meegenomen:

- Vergelijking van drie verspreidingspatronen van de bijgewassen onderzocht: 1) in stroken tussen het hoofdgewas, 2) in een rand om het perceel en 3) bijgewassen als kleine eilandjes aselekt verspreid tussen het hoofdgewas,
- Inpassing van drie hoofdtypen van habitatverkenningen gebaseerd op: 1) contact zoeken, 2) geurprikkel en 3) visuele prikkel als belangrijkste factor voor wel of geen acceptatie van de plant,
- Rekening houdend met het feit dat de verspreiding van kleine insecten voor een groot deel passief is (via wind) is en beperkt zijn in hun controle van gerichte vluchtroute. Over het algemeen zijn de zintuigen om waardplanten te detecteren minder goed ontwikkeld,
- Rekening houdend met het feit dat grote insecten sterke vliegers zijn, die gerichte vluchten hebben (ook tegen de wind in). Over het algemeen zijn de zintuigen om waardplanten te detecteren sterk ontwikkeld.

De simulatie leidde tot de volgende uitkomsten:

- Bij insecten die actief van buiten het perceel invliegen is het toepassen van een rand met vanggewassen om het perceel een goede strategie om deze insecten van het hoofdgewas weg te houden,
- Bij hoofdzakelijk passief verspreidende insecten zijn juist de systemen waarbij de bijgewassen tussen het hoofdgewas staan het meest efficiënt,
- In alle gevallen geldt dat bij gebruik van vanggewassen erop gelet moet worden dat de aantallen plaaginsecten in de vanggewassen niet te veel oplopen, omdat de insecten dan alsnog naar het hoofdgewas kunnen gaan,
- De werking van 'deterrent plants' werd door het model doeltreffender geschat dan de inzet van 'repellent plants'. Dit wordt veroorzaakt door de vertraging die zit in het herkennen van een 'deterrent plant' (pas na het landen). Hierdoor beweegt het insect trager door het gewas op zoek naar een geschikte plant, waardoor (na te veel negatieve stimuli) uiteindelijk doorgevlogen wordt, terwijl 'repellent plants' al in de vlucht herkend en makkelijker omzeild kunnen worden.

Door te spelen met uitgangspunten als type plaaginsect en plaatsing van de bijgewassen ten opzichte van het hoofdgewas kan het simulatiemodel beter inzicht geven in de dynamiek/verspreiding van insecten door een perceel. Hoewel generalisaties maken nog steeds gevaarlijk blijft, liet de simulatie zien dat:

- Kleine insecten met: een kolonisatiepatroon dat sterk beïnvloed wordt door de wind + beperkte detectiemogelijkheden van de waardplant + lage verspreidingssnelheid door het gewas het lastigst zijn te beïnvloeden door diversificatie,
- Grote insecten, die in de regel erg mobiel zijn + goed gecoördineerde vluchten hebben + over goede detectiezintuigen beschikken voor waardplanten goede resultaten mogelijk zijn met diversificatie, mits het bijgewas voldoende interfereert met het zoekpatroon van het insect en de rangschikking van de bijgewassen juist is.

Bovengenoemd voorbeeld is vrij breed ingestoken zonder gewassen met naam te noemen. Er worden ook modellen ontwikkeld op basis van concrete gewassen. Als voorbeeld kan het model van Morse, Willey en Nasir (1997) genoemd worden. Zij hebben de lange termijn effecten onderzocht van een mengteelt van haver-mosterd, mosterd-boon en haver-boon. Tot slot wordt nog kort gewezen op een voorbeeld van een simulatiemodel voor schimmelziekten van Lannou en Mundt (1996). Zij hebben in hun simulatiemodel gekeken hoe pathogene schimmels zich door rassenmengels van graan verspreiden. In het kader van deze literatuurinventarisatie voert het echter te ver om hier verder op in te gaan.

4 Toepassen van variatie tussen gewassen: mengteelten

4.1 Resultaten onderzoek rijenmengteelt met productiegewassen

4.1.1 Mengteelt van broccoli met aardappel en ui tegen witte roest

In Tasmanië onderzocht Broad e.a. (2004) het effect van een mengteelt van broccoli, aardappel en uien op ziekte- en plaagontwikkeling en op de opbrengst van de afzonderlijke gewassen. Dezelfde soort gewassen werden hierbij in banen van 5 m breed geteeld in alle mogelijke combinaties naast elkaar gelijktijdig op hetzelfde perceel. De resultaten lieten zien dat in broccoli geteeld naast een strook aardappels minder uitval was door witte roest (*Albugo candida*) vergeleken met de monocultuur. De opbrengst van broccoli was dan ook hoger; de opbrengst van aardappel werd daarbij niet beïnvloed en er was ook geen effect op ziekten en plagen in dit gewas. De opbrengst van ui bleek nadelig beïnvloed te worden door teelt naast broccoli. Dit werd veroorzaakt doordat broccoliplanten de uienplanten in de buitenste plantrijen (gedeeltelijk) overschaduwden, waardoor de gewasontwikkeling nadelig werd beïnvloed. Dit uitte zich o.a. in geelkleuring van het loof. Ui had een betere opbrengst in de monocultuur dan in de banenmengteelten met aardappel en broccoli. Op basis van de resultaten zagen de onderzoekers goede mogelijkheden voor een mengteelt van banen broccoli met banen aardappel.

4.1.2 Selderie als tweede productiegewas in prei tegen trips

In 2000 onderzochten Haage e.a. (2001) het effect van teelt van rijen selderie tussen rijen prei op de tripspopulatie in prei. De volgende behandelingen werden vergeleken: monocultuur van prei, mengteelt van prei/selderie en monocultuur van selderie. De afstand tussen de planten in een rij was bij selderie 30 cm en bij prei 10 cm (monocultuur) of 20 cm (mengcultuur). Tussen de rijen was de plantafstand bij prei 60 cm en bij selderie 60 cm (in mengcultuur) of 30 cm (in monocultuur). Selderie bleek geen effect te hebben op het aantal tripsen en schade op de prei, maar bleek wel een goede onderdrukker van onkruiden te zijn. De opbrengst van een preiplant in mengcultuur was 17% (bij oogst in zomer) tot 37% (bij oogst in herfst) hoger dan wanneer de prei in monocultuur werd geteeld.

4.1.3 Mengteelt van prei met peen tegen trips

Legutowska e.a. (2003) onderzochten het effect van een mengteelt van prei met peen op de tripspopulaties in prei. Bij de mengteelt met peen was de peen in rijen gezaaid die 80 cm van elkaar lagen. In het midden tussen deze rijen werd de prei geplant. De proeven werden uitgevoerd op twee verschillende locaties. In beide proeven werden er in de monocultuur van prei tot twee keer zoveel larven van tripsen in de prei gevonden ten opzichte van prei in mengteelt met peen. Er was geen tot nauwelijks een effect van de peen op het aantal volwassen tripsen. Van alle verzamelde tripsen kwam op de ene locatie circa twee keer zoveel tripsen voor in de monocultuur van prei ten opzichte van de mengteelt met peen. Op de andere locatie was het effect van peen sterker. Op de laatste locatie werd ook het beste resultaat gehaald wat betreft de kwaliteit van de prei. Geen enkele prei had zware schade door tripsen. Op de andere locatie was 13% van de prei zwaar aangetast door trips. De prei geteeld in monocultuur was daarbij voor circa 60 tot 85% zwaar aangetast door trips en niet verhandelbaar. Uit de resultaten kon geconcludeerd worden dat mengteelt van prei met peen voor minder tripsschade zorgt.

4.1.4 Aardappel met bonen tegen *Phytophthora* in aardappel

Onderzoek van McKinlay in 1985 liet zien dat onderzaai met gras minder luizen gaf in aardappelplanten. Ook een rijenmengteelt van aardappels met lupines of bonen gaven minder problemen met de belangrijkste aardappelziekten en -plagen. Voor een combinatie van aardappel met bonen zou aardappel een reducerende invloed hebben op het aantal luizen in boon.

Op basis van onder andere deze onderzoeksresultaten is door Rasmussen, Munk & Henriksen (2004) een project gestart waarbij een mengteelt van aardappel met bonen (*Vicia faba*) werd getest (in biologische teelt). Daarbij is ondermeer gekeken naar het effect van deze gewascombinatie op het optreden van *Phytophthora infestans* in aardappelplanten en het aantal luizen in boon. Er werden in het tweejarige onderzoek echter geen significante verschillen gezien in schimmel- en luizenaantasting tussen de mengteelt en de monoculturen. Wanneer boon en aardappel in dezelfde rij werden gemixt, werd er een lichte toename in de aantasting door *Phytophthora infestans* gezien, waarschijnlijk vanwege een gunstiger microklimaat wat door combinatie met de bonen was ontstaan.

4.1.5 Prei met peen, klaver of boon?

Kucharczyk en Legutowska (2001) onderzochten in een tweejarige proef wat de beste gewascombinatie was met prei ter onderdrukking van trips. Er werden combinaties gemaakt met witte klaver, peen of Franse boon (sperzieboon). Deze gewassen werden in rijen gezaaid met een onderlinge afstand van 80 cm. Midden tussen deze rijen werden rijen met prei geplant.

Geconcludeerd kon worden dat wanneer prei in mengcultuur werd geteeld er gemiddeld de helft minder tripsen werden aangetroffen in de prei. Van de drie getoetste combinatiegewassen bleek Franse boon het grootste tripsreducerende effect te hebben, maar leidde tot te sterke concurrentie met de prei (tabel 8). Dit resultaat werd in beide proefjaren - welke sterk in weersomstandigheden verschilden - gezien. Prei in monocultuur had de beste opbrengst, maar de minste vermarktbare planten ten gevolge van tripsschade. De gunstigste combinatie gezien het effect op tripsen en preiopbrengst bleek die met witte klaver.

Tabel 8: Gemiddeld plantgewicht van prei in monocultuur en in rijenmengteelt met peen, witte klaver en Franse boon

Gewas(sen)	Gemiddeld plantgewicht (g)		Gemiddeld verschil t.o.v. monocultuur (%)
	1999	2000	
Prei (monocultuur)	135	75	
Prei + peen	95	50	- 30
Prei + witte klaver	135	80	0
Prei + Franse boon	40	25	- 70

4.1.6 Effect van mengverhoudingen van kool en peen op koolmot en luis

Gedurende 2001 en 2002 is door Weeks e.a. (2004) onderzocht wat het effect was van verschillende mengverhoudingen van kool en peen op schade veroorzaakt door het koolmotje en luis. Er werden vijf behandelingen vergeleken: monocultuur van kool + chemische controle, monocultuur van kool onbespoten, mengteelt van kool met peen van 1:1, mengteelt van kool met peen van 1:3 en mengteelt van kool met peen van 1:5. In de voorlopige³ resultaten werd geen verschil gezien van aantasting door koolmotje tussen monocultuur van kool en de getoetste mengteelten. Resultaten van het effect van de verschillende mengverhoudingen van peen en kool op luisaantasting werden niet gegeven.

4.2 Resultaten onderzoek rijenmengteelt met vanggewassen

Eén van de bevindingen uit de vele proeven met gewascombinaties tegen specifieke plaaginsecten was dat tegen plaaginsecten met een hoog ontwikkeld zoekgedrag beter gebruik gemaakt kan worden van het principe van aanbieden van een meer aantrekkelijke plant (vanggewas) dan door combinatie van een hoofdgewas met een andere (niet-waard)plant (Banks & Ekbom, 1999; Åsman, 2002). Deze plaaginsecten laten zich namelijk niet zo gauw misleiden door camouflage (zowel visueel als door geur) van de waardplant door andere niet-waardplanten.

³ Er is geen publicatie bekend/gevonden waarin de uiteindelijke resultaten staan beschreven.

4.2.1 Chinese kool als vanggewas voor aardvlo in witte kool

In een tweejarig onderzoek in de periode 2002 -2003 is door Trdan e.a. (2005) onderzocht hoe de voorkeur ligt van de aardvlo (*Phyllorreta* spp.) bij keuze uit Chinese kool en witte kool. Aardvlo kan eigenlijk alleen in een vroeg ontwikkelingsstadium van de koolplant voor schade zorgen en vooral in de warmere perioden van het jaar. De bedoeling van het onderzoek was om na te gaan in hoeverre de Chinese kool als vanggewas zou kunnen dienen wanneer deze geteeld werd tussen witte kool. De achterliggende gedachte hierachter was dat wanneer zou blijken dat de aardvloien naar de Chinese kool zouden gaan, alleen gericht op de Chinese kool bestreden hoefde te worden. Op deze manier zou een afname in gewasbeschermingsmiddelengebruik behaald kunnen worden. De volgende behandelingen werden vergeleken:

- Monocultuur van witte kool
- Monocultuur van Chinese kool
- Mengteelt van witte kool met Chinese kool

Bij de mengteelt zijn van elke koolsoort 20 zaailingen per proefveld geplant, waarbij de zaailingen voor het planten onderling willekeurig gemengd zijn. De plantafstanden waren 30 cm x 45 cm. De afmetingen van een proefveldje waren 1,3 m x 4 m, waarbij tussen de proefvelden van de verschillende behandelingen een bufferruimte lag van 1 m. Er werd geteeld op 4 regels. Binnen de mengteelt waren twee verschillende behandelingen aangelegd, waarbij in het ene geval de Chinese kool en in het andere gewas de witte kool als beoordelingsgewas werd gebruikt.

Gemiddeld zaten er meer aardvloien op de Chinese kool dan op de witte kool. Er bleek echter geen verschil tussen het aantal aardvloien per plant van Chinese kool wanneer deze in monocultuur werd geteeld of gemixt met witte kool. Er werd ook geen verschil gevonden in het aantal aardvloien op planten van witte kool geteeld in monocultuur of gemixt met Chinese kool. Geconcludeerd kon worden dat Chinese kool geen goed vanggewas was voor aardvlo.

4.2.2 Chinese kool als vanggewas voor groene perzikluiz in aardappel

Tingey en Van Klashorst (1976) vonden geen positief effect van telen van rijen Chinese kool tussen aardappels. Ook Chinese kool is voor luizen een erg aantrekkelijke waardplant. Mogelijk dat door het planten van kool tussen de aardappels de luizen zich vooral zouden concentreren op de koolplanten in plaats van op de aardappelplanten. Zij vonden in de mengteelt van beide gewassen wel 5 tot 10 keer zoveel luizen in de aardappelplanten vergeleken met monoculturen van aardappel. Eén van de verklaringen die gegeven werd was dat de geelgroene koolplanten tussen de aardappelplanten een visuele aantrekkingskracht vormden op de luizen - voornamelijk in de piekvluichten - waardoor de luizen zich extra sterk tussen de aardappelplanten konden verspreiden.

4.2.3 Bieslook en koolzaad tegen prei- en koolmot

In Zweden onderzocht Åsman (2002) de mogelijkheden voor het inzetten van vanggewassen tegen preimot (*Acrolepiopsis assectella* Z.) en koolmot (*Plutella xylostella*). Als vanggewassen werden bieslook en mosterd (*Brassica juncea*) gebruikt in respectievelijk de gewassen witte kool en prei.

Het effect van de vanggewassen bij de beide motten zat vooral in de verdeling van de eitjes. Er werden evenveel eitjes gelegd in de monocultuur als mengcultuur. In de mengcultuur werden echter naar verhouding meer eitjes gelegd op het vanggewas. Opvallend bij preimot was dat de vrouwtjes hun eitjes bij voorkeur op de grotere prei- of bieslookplanten afzetten.

Uit laboratorium- en veldexperimenten volgde dat bij koolmot mosterd de voorkeur had boven witte kool. Preimot liet zich echter minder sterk beïnvloeden door de aanwezigheid van een ander gewas dan koolmot en toonde dan ook bij aanbieden van prei of bieslook geen duidelijke voorkeur. Åsman vond dit ook al in een eerder onderzoek van haar. Als mogelijke verklaring werd gesuggereerd dat de preimot een kleinere waardplantenreeks heeft dan koolmot en daardoor fijngevoeligere zintuigen heeft. Aan de andere kant staat de koolmot ook bekend om haar goed ontwikkelde zintuigen. Een andere verklaring voor het feit dat het vanggewas mosterd wel een reducerend effect had bij koolmot, werd gezocht in het feit dat mosterdplanten een dunner waslaagje hebben vergeleken met de (productie)koolgewassen. Hierdoor zouden natuurlijke vijanden de larven van de koolmot beter onder controle kunnen houden.

4.3 Resultaten onderzoek onderzaai of banen met zaaigewassen

4.3.1 Peen met rupsklaver tegen wortelvlieg

Uit Zweeds onderzoek van Rambert en Ekblom volgde dat rupsklaver (*Medicago litoralis*) een geschikte partner was voor mengteelt met peen. Dit gewas interfereert namelijk met het waardplantzoekgedrag van de wortelvlieg (*Psila rosae* (F.)), waardoor er minder eitjes aan de basis van wortelplanten gelegd worden. In 1996 testte Miles (1996) deze toepassing op een biologisch praktijkbedrijf in het Zuidwesten van Washington. In beide onderzoeksjaren werd er een trend gezien naar meer vermarktbare penen wanneer in combinatie met *Medicago litoralis* werd geteeld. Daarbij kon het gewas beter tussen de bedden van peen gezaaid worden dan in het bed; in het laatste geval was de concurrentie met peen te groot. Miles kon echter geen effect aantonen van de *M. litoralis* op wortelvlieg.

Ook Muehleisen e.a. (2003) onderzochten het effect van rijenteelt van peen met 5 soorten onderzaagewassen tegen wortelvlieg, namelijk: de klavers *Trifolium incarnatum*, *T. subterraneum* en *T. repens*, rupsklaver *Medicago litoralis* en wikke (*Vicia sativa*). Deze gewassen werden in banen tussen de rijen peen gezaaid. Zij vonden geen negatieve effecten van deze combinatiegewassen op de opbrengst van peen. De aantasting door wortelvlieg was in alle objecten te laag om een uitspraak te kunnen doen over het effect van het betreffende combinatiegewas op wortelvlieg.

4.3.2 Aardbeienteelt met soedangras of haver tegen engelingen

LaMondia e.a. (2002) hebben in proeven onder andere gekeken naar het effect van een mengteelt van aardbei met soedangras of haver. Daarbij werden rijen aardbeienplanten geplant en twee weken later tussen de rijen in banen van 30 cm breed soedangras of haver gezaaid in een dichtheid van 28 kg zaad/ha. Wanneer het soedangras of de haver 10 tot 15 cm hoog was, werd het gewas dood gespoten. Er werd ondermeer gekeken naar het effect op engelingen (larven van verschillende kevers behorende tot de *Scarabaeidae*). Opvallend was dat in de behandelingen met mengteelt met haver er meer larven van de *Rhizotrogus majalis*⁴ voorkwamen. Verder werd er geen effect van beide combinatiegewassen gezien op schadelijke larven van andere keversoorten. Als mogelijke verklaring werd gegeven dat de afstervende haver juist erg aantrekkelijk zou zijn voor vrouwtjes die eitjes wilden leggen.

Verder zorgde een mengteelt met haver voor lagere gehalten van P, K, Mn, Cu en B in de aardbeienplanten. Mengteelt met haver of soedangras zorgde voor een toename van het aantal Mn-oxiderende bacteriën in de grond vergeleken met aantallen bacteriën in de grond bij monocultuur van aardbeien.

Beide gewassen hadden ook positieve effecten op de grond, zoals verbetering van de structuur (luchtigere grond) en een toename van de infiltratie van water in de bouwvoor. In theorie zou dit de kans op wortelrot moeten verkleinen.

Het effect van soedangras tegen onkruiden was wisselend. Mogelijk hing dit samen met het uitspoelen of 'weglekken' van allelopathische stoffen door het beregenen van de aardbeien.

Geconcludeerd werd dat er meer onderzoek nodig is naar mogelijk waardevolle gewassen voor mengteelt met aardbei. Daarbij moet het effect van het combinatiegewas op de kwaliteit en opbrengst van aardbei ook onderzocht worden. In de proeven met soedangras was er bijvoorbeeld een trend te zien naar een lagere opbrengst bij aardbei.

4.3.3 Kool met klaver tegen koolvlieg

Uit onderzoek van O'Donnell en Coaker in 1975 bleek dat volveldse onderzaai van klaver in koolgewassen een gunstig effect heeft op de activiteit van predatoren van schadelijke insecten in kool. Door de concurrentie met klaver bleek echter de koolopbrengst sterk negatief beïnvloed te worden. Dit effect woog niet op tegen de bescherming tegen schadelijke insecten. Bakermans e.a. (1980) onderzochten in rode kool en spruitkool het effect van klaver op koolvlieg. Tevens werd het effect van de concurrentie van klaver op de koolopbrengst nader bekeken.

⁴ Een soort mestkever, die zelden in Nederland wordt waargenomen, wel in Zuid-Europa

In een tweejarig onderzoek werden percelen volvelds ingezaaid met klaver en vervolgens meer of minder brede plantstroken voor kool uitgefreesd. De volgende systemen werden vergeleken:

1^e jaar:

Object:	Kool geplant (tussen rij 75 cm):	Strookbreedte klaver	Plantsysteem
1	tussen klaver geplant	n.v.t. Volveds gezaaid	-
2	in zwartstroken van 25 cm	50 cm	Strook-om-strook
3	in zwartstroken van 50 cm	25 cm	Strook-om-strook
4	In geheel zwarte grond perceel	n.v.t.	-

2^e jaar:

Object:	Kool geplant (tussen rij 75 cm):	Strookbreedte klaver	Plantsysteem
1	in zwartstrook van 0,60 m	15 cm	1 strook klaver tussen elke 2 rijen kool
2	in zwartstrook van 2,10 m	15 cm	1 strook klaver om 3 rijen kool
3	in zwartstrook van 4,45 m	80 cm	1 strook klaver om 6 rijen kool*
4	in zwartstrook van 8,95 m	80 cm	1 strook klaver om 12 rijen kool*
5	in zwartstrook van 17,95 m	80 cm	1 strook klaver om 24 rijen kool*

*Bij deze objecten kwam een strook klaver van 80 cm in plaats van 1 rij kool

3^e jaar als 2^e jaar, maar dan alleen objecten 1 t/m 3.

Invloed klaver op de opbrengst van kool

Door kool in volvelds klaver te planten of in een systeem waarbij tussen twee koolrijen (met afstand tussen de rijen van 75 cm) een strook klaver van 15-20 cm stond (1:1) trad een opbrengstvermindering op van 25 tot 50%. Bij een verhouding klaver/kool van 1/3 trad 10% en bij een verhouding van 1/6 2-4% opbrengstreductie op (in alle situaties is tussen twee rijen kool 15 cm klaver ingezaaid). Door iedere zevende rij kool te vervangen door een baan klaver van 80 cm breed werd de klaverconcurrentie opgeheven door het gegeven dat de kool die direct naast de klaverstrook groeiden de bovengrondse ruimte beter konden benutten en daardoor een iets hoger gewicht hadden dan kolen die alleen omgeven waren door andere kolen. Verder bleek dat door het beregenen de klaverconcurrentie versterkte, doordat de groei van de klaver meer werd bevorderd dan de koolgroei. Verder bleek uit het eerste proefjaar dat de opbrengstreductie bij kool door de klaverconcurrentie groter is naarmate de concurrentie vroeger in het seizoen optrad (Bakermans e.a., 1980).

Invloed klaver op de aantasting door insecten

In totaal werden in de verschillende objecten van 8 plaaginsecten voor kool de populatieopbouw gevolgd. Door ondermeer te lage aantallen plaaginsecten en door koude zomers konden uiteindelijk alleen in het laatste proefjaar relevante cijfers van de late koolvlieg gegeven worden. Gemiddeld was de aantasting door de late koolvlieg in spuitkool minder wanneer er klaver werd geteeld. Bij een verhouding van klaver/kool van 1/1 en 1/3 werd er 60% minder schade door late koolvlieg in de spruiten gevonden, terwijl bij een verhouding van 1/6 gemiddeld iets meer dan 35% minder schade door late koolvlieg werd gezien vergeleken met de controle van monocultuur van kool (Bakermans e.a., 1980).

Invloed op natuurlijke vijanden

Er zijn veel studies bekend waarin gekeken is naar het effect van diversificatie van gewassen in een teeltsysteem op het voorkomen van natuurlijke vijanden (Hooks & Johnson, 2002). Daarbinnen vormen koolgewassen een vrij groot aandeel, waarbinnen bladkoolsoorten het grootste gedeelte voor hun rekening nemen, gevolgd door broccoli. Armstrong en McKinlay (1997) hebben in de periode 1993 en 1994 in Schotland onderzocht wat het effect is van toepassen van diversiteit in het productieperceel op het voorkomen van natuurlijke vijanden. Als indicator hadden zij loopkevers genomen.

De volgende situaties zijn met elkaar vergeleken onder biologische teeltomstandigheden:

Seizoen 1993:	Seizoen 1994:
- Kool en natuurlijke ondergroei van onkruidgroei - Kool en onderzaai van klaver → 10 kg zaad/ha	- Kool en onkruidvrij gehouden - Kool en onderzaai van klaver → 5 kg zaad/ha → 4 x maaien - Kool en onderzaai van klaver → 5 kg zaad/ha → 8 x maaien - Kool en onderzaai van klaver → 10 kg zaad/ha → 4 x maaien - Kool en onderzaai van klaver → 10 kg zaad/ha → 8 x maaien

De resultaten waren niet eenduidig en de voorkeur van loopkevers voor bepaalde situatie verschilde per soort loopkever. Bepaalde loopkevers werden bevoorbeeld in grotere aantallen waargenomen in de onkruidvrij gehouden stukken. Onderzoek door Hummel e.a. (2001) toonde wel aan dat bedekte grond over het algemeen aantrekkelijker was voor loopkevers en spinnen. Het effect van grondbewerking op beide organismen was wisselend.

4.3.4 Kool met klaver tegen kooluil, -vlieg en -luis

In een later onderzoek onderzochten Theunissen, Booij en Lotz (1995) het effect van twee soorten klaver (*Trifolium repens* cv. 'Pertina' en *T. subterraneum* cv. 'Geraldton') op de opbrengst en op de plaaginsecten koolvlieg, koolluis en (rupsen van de) kooluil. Van *T. repens* werd circa 4 weken voor het planten van de kool 10 kg/ha en van *T. subterraneum* 20 kg/ha in rijen gezaaid op een onderlinge afstand van 12 cm. Op het moment van het planten van de kool was de bodem 50 tot 60% bedekt met klaver. De kool werd geplant op onderlinge rijafstand van 50 cm in de rij en 75 cm tussen de rijen. Er werd hiervoor geen klaver weggehaald.

In het begin van het seizoen was er nauwelijks een effect te zien op de eiafzetting van kooluil. Later in het seizoen - toen de klaverbedekking bijna 100% was - werden er bijna uitsluitend eitjes gevonden in de monocultuur van kool. Over het geheel genomen bleek in beide onderzoeksjaren in de kool met onderzaai bij beide klavers beduidend minder insecten gevonden te worden vergeleken met de monocultuur. Wel moet opgemerkt worden dat de kolen in de monocultuur- afhankelijk van de kwaliteitsklasse - 15 tot wel 30% zwaarder waren dan kolen die gecombineerd waren met klaveronderzaai. Er werden echter wel meer leverbare planten van een hectare gehaald bij klaveronderzaai (tabel 9).

Tabel 9: Effect van klaveronderzaai op gewasschade door insecten

Teeltsysteem	% planten met symptomen van voeding door insecten	% planten afgekeurd voor de veiling
Witte kool monocultuur	42,3	17,6
Witte kool + volvelds <i>T. repens</i>	17,4	2,8
Witte Kool + volvelds <i>T. subterraneum</i>	36,3	7,0

4.3.5 Kool met klaver of spurrie tegen koolmot, -vlieg en trips

In een verdere zoektocht naar een optimaal onderzaaigewas onderzochten Theunissen en Schelling (1996) naar de mogelijkheden van aardbeiklaver en spurrie. Er was de wens om ook naar andere gewassen dan klavers te zoeken als onderzaai, omdat in de toekomst anders problemen verwacht worden wanneer onderzaai alleen maar met klavers zou gebeuren. In eerder onderzoek van Theunissen werd ook al een afname in aantal tripsen gevonden wanneer kool werd gecombineerd met venkel (*Foeniculum vulgare*).

Van de aardbeiklaver (*T. fragiferum*) werd 15 kg en van de spurrie (*Spergula arvensis*) werd 10 kg zaad / ha volvelds ingezaaid. Een maand later (in mei) werd de witte kool ertussen geplant met een afstand tussen de rijen van 70 cm en in de rij van 50 cm. De klaver werd gedurende het seizoen 1x en de spurrie 2x gemaaid. Er werd een duidelijk positief effect gezien van klaver en spurrie op de mate van schade veroorzaakt door ondermeer koolmot (rups), koolvlieg en trips (tabel 10). Het viel op dat tripsen minder diep in de kop van de koolplanten binnendrongen vergeleken met de monocultuur. Onderzaai verlaagde het opbrengstgewicht van kool als gevolg van onderlinge concurrentie (tabel 11). Bij onderzaai werden echter meer vermarktbare kolen geoogst vergeleken met de monocultuur van kool.

Agronomisch gezien heeft aardbeiklaver enkele belangrijke voordelen. Zo is deze klaversoort gemakkelijk te maaien voor het hoofdgewas sluit en concurreert niet te sterk. Aan spurrie kleven er echter wel serieuze nadelen. Het gewas groeit snel en kan daardoor over het jonge koolgewas groeien wanneer het niet op tijd gemaaid wordt. Door de gewasstructuur en vette waslaag is het gewas lastig te maaien; het kan gemakkelijk door de maaier plat geduwd in plaats van afgesneden worden.

Tabel 10: Effect van onderzaai met aardbeiklaver en spurrie op plaaginsecten van witte kool

a: effect op schade en visuele productkwaliteit

Teelt kool	Percentage koolplanten met symptomen van*				
	Rupsen		Koolvlieg	Trips	
	Licht	Zwaar	Aanwezigheid	Licht	Zwaar
Monocultuur	21 ^a	79 ^a	20 ^a	23 ^a	24 ^a
Met onderzaai aardbeiklaver	17 ^a	36 ^b	9 ^a	9 ^a	7 ^a
Met onderzaai spurrie	29 ^a	20 ^b	0 ^a	13 ^a	5 ^a

b: gemiddeld aantalrupsen van de koolmot en tripsen op kool aangetroffen op het moment van oogsten

Teelt kool	Rupsen van koolmot		Trips	
	6 juli	14 juli	Larven van trips	Volwassen tripsen
Monocultuur	35	55	77 ^a	28 ^a
Met onderzaai aardbeiklaver	47	30	19 ^{bc}	10 ^c
Met onderzaai spurrie	12	8	33 ^b	11 ^c

Toelichting*:

Licht en zwaar duidt op de mate van aantasting en bij koolvlieg is alleen de aanwezigheid van koolvlieg gescoord (licht = klasse 2 en zwaar = niet vermarktbaar). Cijfers met dezelfde letteraanduiding binnen dezelfde kolom zijn niet significant verschillend. Denk eraan dat de kolen symptomen van verschillende insecten kan vertonen.

Tabel 11: Effect van onderzaai met aardbeiklaver en spurrie op de opbrengst van witte kool (in kg per 75 koolplanten)

Teelt kool	Gemiddeld oogstgewicht	Gemiddeld gewicht vermarktbaar product	Percentage vermarktbare koolplanten (%)
Monocultuur	102 ^a	41 ^a	40
Met onderzaai aardbeiklaver	84 ^b	77 ^a	89
Met onderzaai spurrie	70 ^b	63 ^a	88

4.3.6 Broccoli met klaver of raketsla tegen luis

Gaolach (2002) onderzocht op twee biologische praktijkbedrijven het effect van twee verschillende soorten onderzaai in broccoli op het effect op de belangrijkste schadelijke insecten in kool, namelijk: een klavermix (50:50-mengsel van *Trifolium repens* en *T. fragiferum*) en raketsla (*Eruca vesicaria* var. *sativa*).

De proefvelden in het perceel hadden een omvang van 20 bij 20 m. Daarbinnen waren weer afzonderlijke beoordelingsveldjes gemaakt van 8 bij 8 m. Het plan was om het klavermengsel volvelds te zaaien 5 weken voor het planten van de broccoli, terwijl de raketsla tussen twee rijen geplante broccoli gezaaid zou worden (op 2 regels). De controle bestond uit veldjes waarbij de grond tussen de broccoli onkruidvrij gehouden werd. Daarnaast werden ook veldjes aangelegd die voor de helft klaveronderzaai of tussenzaai van raketsla hadden en voor de helft schone ondergrond. Gedurende het groeiseizoen werden uit elk proefveldje 3 tot 4 keer planten broccoli bemonsterd en beoordeeld op schade door plaaginsecten.

Door extreme weersomstandigheden en mechanische problemen zijn de klaver en raketsla op één van de bedrijven vrijwel gelijktijdig met het planten van de broccoli gezaaid. Het gevolg hiervan was dat er grote verschillen in groei van onderzaagewas en hoofdgewas tussen veldjes van dezelfde behandeling en tussen de bedrijven ontstonden. De gewasstand van de klaver en de raketsla was over het algemeen matig.

Luis bleek het enige insect te zijn dat sterk genoeg reageerde op de behandelingen om er een uitspraak over te kunnen doen. Bij onderzaai van klaver werden de minste luizen aangetroffen in de broccoli, gevolgd door de tussenzaai van raketsla.

Verder bleken er opvallend meer lieveheersbeestjes voor te komen in de (bloeiende) raketsla dan in klaver. Ondanks dit was het effect van klaver op luizen in broccoli groter dan bij raketsla. Klaver gaf opbrengstderving bij broccoli, terwijl raketsla geen invloed had op de opbrengst.

Bij de geteste zaaidichtheid van raketsla wogen de kosten niet op tegen de voordelen. Er zou gezocht moeten worden naar een lagere zaaidichtheid die nog een positief effect heeft tegen plaaginsecten. Bij klaver is een manier om de kosten te drukken (en om een negatief effect op opbrengst van het hoofdgewas te verkleinen) door in banen te zaaien. Het positieve effect van banen werd onderstreept door het feit dat in de proefveldjes die gedeeltelijk geen onderzaai van klaver of tussenzaai van raketsla hadden, ook significant minder luizen werden aangetroffen in de broccoli.

4.3.7 Prei met klaver tegen trips

Trips (*Thrips tabaci*) is het belangrijkste plaaginsect in prei in West-Europa. Chemische bestrijding van trips is lastig, doordat er continu een aanvoer van nieuwe tripsen is vanuit andere planten. Frequent spuiten van bestrijdingsmiddelen is daarom noodzakelijk om de schade in prei binnen de tolerantieschade te houden. Het toepassen van een mengteelt met een ander gewas met een tripsonderdrukkende werking voor prei zou mogelijkheden bieden tot een minder intensieve chemische bestrijding van trips (Legutowska e.a., 2003). Schade begint al op te treden vanaf 5 tripslarven per plant en boven de 10 larven per plant worden de symptomen al erg duidelijk zichtbaar. Tripsaantallen moeten dus beneden deze drempel gehouden worden om eerste klas prei te kunnen oogsten (Schelling & Theunissen, 1998).

Hovenkamp (1996) onderzocht het effect van onderzaai van klaver (*Trifolium subterraneum*) bij prei op de populatie tripsen en preimot (*Acrolepiopsis assectella*) en de verspreiding van preiroest (*Puccinia allii*). Daarbij werden de volgende teeltsystemen vergeleken: monocultuur van prei, prei met onderzaai van klaver zonder te maaien en prei met onderzaai van klaver wat gemaaid werd gedurende het seizoen.

De klaver was 11 weken voor het planten van de prei gezaaid. Vlak voor de prei werd geplant is de klaver in beide objecten met klaveronderzaai gemaaid. Vervolgens is in het ene object gedurende het seizoen regelmatig gemaaid (hier 5x) afhankelijk van de hoogte van de klaver. Alle objecten werden handmatig onkruidvrij gehouden.

Klaver bleek in de proeven niet goed het onkruid te kunnen onderdrukken. Onderzaai van klaver zorgde voor minder schade door trips; de populatiegroei werd vertraagd en het aantal larven en volwassen insecten was lager in prei geteeld met onderzaai. Er werd geen effect gezien van klaveronderzaai op aantasting door de preimot. Klaver bleek wel een invloed uit te oefenen op de aantasting door roest; er werd minder roest aangetroffen in de combinaties van prei met klaver. Er werd geen effect gezien van wel of niet maaien van klaver op de mate van onderdrukking van trips of roest.

Klaver bleek in beide objecten door sterke concurrentie met prei een sterke afname in preiopbrengst te geven. Maaien van de klaver had in deze proef onvoldoende effect. Uiteindelijk was het positieve effect van de klaver op de afname in tripsaantasting vergeleken met de monocultuur relatief klein. Gemiddeld viel slechts 23% van de prei in klasse 1, 62 % in klasse 2 en 15% in klasse 3. In de monocultuur was de verdeling: 0% in klasse 1, 5% in klasse 2 en 95% in klasse 3. Op basis van onderzoek van ondermeer Theunissen werd van tevoren een groter voordeel verwacht.

Legutowska e.a. (2003) onderzochten het effect van onderzaai met klaver in prei op de tripspopulaties in prei. De proeven werden uitgevoerd op twee verschillende locaties. In beide proeven werden er in de monocultuur van prei tot twee keer zoveel larven van tripsen gevonden vergeleken met prei met onderzaai van klaver. Er was geen tot nauwelijks een effect van de klaver op het aantal volwassen tripsen. Van alle verzamelde tripsen kwamen op de ene locatie voor 2,5 keer zoveel tripsen voor in de monocultuur ten opzichte van de prei geteeld met klaver. Op de andere locatie werd een soortgelijk resultaat gezien. Op de laatste locatie werd ook het beste resultaat gehaald wat betreft de kwaliteit van de prei. Slechts 1,4% van de prei geteeld met klaver had zware schade door tripsen. Op de andere locatie was 17% van de prei zwaar aangetast door trips geteeld met klaver. De prei geteeld in monocultuur was daarbij voor circa 60 tot 85% zwaar aangetast door trips en niet verhandelbaar. Uit de resultaten kon geconcludeerd worden dat onderzaai met klaver voor minder tripsschade in prei zorgde.

4.3.8 Prei met gras tegen trips

Imhof e.a. (1996) onderzochten de wisselwerking van onderzaai in de teelt van prei op de tripspopulatie. In 1993 liet onderzoek van Theunissen en Schelling zien dat schade door trips in prei afnam door onderzaai van klaver toe te passen. Deze werking zou gebaseerd zijn op de hypothese dat in de prei door concurrentie met de klaver een verandering in het metabolisme zou treden, waardoor tripsen afgeweerd worden. Onderzoek door anderen toonden aan dat onderzaai van grassen in prei ook voor een reductie van tripsschade zorgden. Zij baseerden de werking van onderzaai op het feit dat grassen voor veel tripsen een goede voedingsbron zijn. Er zijn echter nog andere verklaringen te geven voor de werking van onderzaai van gras op tripspopulaties in prei, namelijk:

- Verandering van het metabolisme van prei door het gras,
- Tripsafstotende stoffen die geproduceerd zouden worden door het gras,
- Verhoging van de luchtvochtigheid en/of temperatuur tussen de prei,
- Verandering van de vochtigheid van de bodem.

Imhof e.a. wilden in hun onderzoek nagaan of gras als alternatieve voedingsbron voor trips geldt en of deze waarde als voedingsbron afhangt van het ontwikkelingsstadium van het gras. Ze kozen als onderzaai voor Engels raaigras (*Lolium perenne*), wat op verschillende momenten gedurende de teelt van herfstprei werd ingezaaid (5 g/m²), namelijk: 6 weken voor het planten, inzaai gelijktijdig met het planten en inzaai 5 weken na planten van de prei.

Uit de resultaten volgde dat gras in staat was om de tripspopulatie in prei te reduceren, naarmate het gras vroeger werd ingezaaid. Er werden naar verhouding meer tripsen gevonden op het gras dan op de prei. Het zaaimoment van gras moet afgestemd worden op de ontwikkelingsdynamiek van de tripsen gedurende het jaar. Vandaar dat in de proeven geen statistisch effect werd gezien van de late inzaai, terwijl dit door eerdere onderzoeken van andere onderzoekers juist als optimaal werd gezien. In de proefsituatie van Imhof moest het gras eerst nog genoeg biomassa opbouwen om interessant genoeg te kunnen zijn voor de tripsen, zodat de tripsen in eerste instantie toch voor de prei kozen. Naast een tripsreductie kan het gras ook dienst doen om probleemonkruiden te onderdrukken.

4.3.9 Keuze van soort onderzaai

Grassen groeien agressiever dan klavers en zijn daardoor minder geschikt voor onderzaai (Van den Berg, 2000). Bij het kiezen van klaver voor onderzaai gaat de voorkeur uit naar minder concurrerende en laaggroeiende klaverrassen. De huidige rassen zijn echter geselecteerd op de productie van biomassa voor toepassing in gras/klavermengsels. Daarbij komt dat de laaggroeiende klavers wanneer ze toegepast worden als onderzaai, toch weer hoog kunnen groeien als gevolg van concurrentie om licht.

Aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*) en ondergrondse klaver (*T. subterraneum*) zijn beide de zwakkere

concurrenten vergeleken met andere klaversoorten als witte en rode klaver. Nadeel is dat ze niet goed onkruidgroei kunnen onderdrukken. Voordeel van aardbeiklaver is dat deze lang en uitbundig bloeit en zo interessant kan zijn voor natuurlijke vijanden. Hoprupsklaver is ook bekeken, maar deze klaver verhout snel en kan problemen geven bij het rooien van het hoofdgewas (Van den Berg, 2002). Na verschillende klaverrassen beproefd te hebben, lijken Theunissen en Schelling (1996) de voorkeur te hebben voor laaggroeiende ondergrondse klaver (zoals *T. subterraneum* cv. 'Geraldton'). Deze klaver concurreert relatief het minst met het hoofdgewas en kan zichzelf gedurende het groeiseizoen uitzaaien. De planten kunnen echter gecombineerd met prei toch nog een hoogte van 20-25 cm te bereiken. Na de hoofdteelt kan de klaver ondergeploegd worden zonder daarbij al te grote problemen met opslag te geven in de volgteelt.

Er zal bij elke keuze sprake blijven van concurrentie met het hoofdgewas. Enige concurrentie is zeer waarschijnlijk ook nodig om het gewenste plaag- en ziekteonderdrukkende effect te bewerkstelligen. Theunissen en Schelling (1996) gaven als suggestie om het productiegewas wat later te rooien, zodat de gewassen alsnog de gewenste maat hebben gehaald vergeleken met de situatie wanneer in monocultuur geteeld zou zijn. Verder wordt de klaveronderzaai 5 tot 9 weken voor het planten van het hoofdgewas ingezaaid, zodat te zware concurrentie in de beginfase wordt vermeden. Ander voordeel is dat wanneer het onderzaigewas (in het begin) hoger is dan het hoofdgewas dit het hoofdgewas beter kan camoufleren voor plaaginsecten (Hooks & Johnson, 2003). Tot slot moet er op bedacht zijn dat bij toepassing van klaver zaaien tussen de rijen hoofdgewas extra stikstofbemesting nodig kan zijn. Bij prei werd dit door Schelling geschat op circa 75 kg/ha (Van den Berg, 2002). Dit valt te wijten aan het minder goed ontwikkelde wortelstelsel van prei ten opzichte van bijvoorbeeld kool.

Onderzaai beïnvloedt het microklimaat tussen het hoofdgewas. Gewassen met onderzaai blijven langer nat. Dit leidde volgens onderzoekers niet tot meer slakkenvraat of schimmelaantastingen in het hoofdgewas. In prei werd bijvoorbeeld juist minder aantasting door roest gezien (Theunissen en Schelling, 1996). De meest aannemelijke oorzaak hiervoor was dat door de onderzaai met klaver de kwaliteit van de waardplant werd beïnvloed ten nadelen van de roestschimmel. Verder zou klaveronderzaai bij peen leiden tot minder schade door *Pythium* (cavity-spot). Dit zou volgens Theunissen te wijten zijn aan een gezonder bodemleven veroorzaakt door de klaver (Van den Berg, 2002). Oriënterende proeven lieten zien dat mogelijk ook bij aardappel voordeel te halen valt met onderzaai van klaver. Een epidemie van *Phytophthora infestans* lijkt trager op gang te komen. Vervolgproeven moeten dit echter nog verder duidelijk maken (Van den Berg, 2002).

4.4 Praktische inpassing mengteelten

In de huidige teeltpraktijk zou bed-om-bed mengteelt al mogelijk zijn. Met de nieuwste (GPS-)ontwikkelingen is een bed-om-bed, maar ook een rij-om-rij mengteelt, nu al goed apart rooibaar. In theorie zou in de verdere toekomst van precisielandbouw een mengteelt waarbij meerdere gewassen gemixt zijn - en waarbij zelfs binnen eenzelfde plantrij verschillende soorten staan - ook afzonderlijk te rooien zijn. In hoeverre dit een werkbare praktijk is, is de vraag.

Er moet rekening mee gehouden worden dat met de oogst van elke verdere vorm van diversificatie de kans op schade aan het nog te rooien gewas steeds groter wordt. Een optie is om alle gewassen gelijktijdig te oogsten en dan in de verwerkingsruimte te scheiden. Er moet dan gezocht worden naar gewascombinaties waarbij dit mogelijk wordt gedacht, terwijl de onderlinge wisselwerking van beide gewassen moet bijdragen aan het onderdrukken van ziekten en plagen.

De 'makkelijkste' vorm van mengteelt lijkt voornamelijk het gebruik van onderzaai in een hoofdgewas of een combinatie van een rijenteelt van een hoofdgewas met rijen of banen van een gewas dat niet voor menselijke consumptie bedoeld is.

Daarnaast lijkt een mengteelt van een productiegewas met een vanggewas ('cash crop') - waarbij het vanggewas eerder wordt geplant dan het hoofdgewas - het beste perspectief te bieden voor beheersing van specifieke plaagorganismen in het hoofdgewas (Banks & Ekbom, 1999; Hooks & Johnson, 2003).

De belangrijkste voor- en nadelen op een rij:

Mengteeltvorm	Voordelen	Nadelen
Mixed intercropping*	- Hoge mate van diversificatie en potentieel het stabielste teeltsysteem met minimale kans op uitbreken van ziekten en plagen	- Uniform telen van de afzonderlijke productiegewassen wordt zeer lastig. - Veel verschillende gewassen (tegelijktijd) van één perceel, waardoor meer arbeid - Vergt veel planning (qua arbeid en afzet) - Mechanisatie is zeer lastig en de ontwikkeling ervan vergt hoge investeringen - Staat recht tegenover de huidige Westerse landbouw en vergt daarom een grote (sociale) verandering bij de agrariërs, handel en consument
Row intercropping*	- Mogelijkheid om een gewascombinatie uit te zoeken waarbij het gewenste effect afgestemd is op één of enkele specifieke plaaginsect(en) - Gemakkelijker te mechaniseren	- Mate van ziekte- en plaagonderdrukking is minder dan bij mixed intercropping - Zie verder mixed intercropping (excl. opmerking over mechanisatie)
Strip intercropping*	- Zie bij row intercropping	- Positieve effecten gezien bij row intercropping is vaak minder door grotere onderlinge afstand tussen de verschillende gewassen - Zie verder row intercropping
Relay intercropping*	- Mogelijkheid om te sterke concurrentie tussen de gewassen te omzeilen - Zie verder bij row intercropping	- Lastiger in situaties waarbij het combinatiegewas na het hoofdgewas wordt geplant of gezaaid vanwege kans op gewasbeschadiging hoofdgewas - Zie verder row intercropping
Onderzaai	- Onderzaai gewas kan ook dienst doen voor onderdrukking van onkruiden - Onderzaai gewas kan vrije stikstof binden of een stikstofoverschot vasthouden - Zie verder bij relay intercropping	- Hoofdgewas lastig te rooien wanneer onderzaai te hoog wordt - Concurrentie met hoofdgewas vaak groot (→ is gedeeltelijk te ondervangen door inzaaien van banen tussen of in plaats van rijen van het hoofdgewas) - Bij maaien van onderzaai kan plaagonderdrukkend effect verdwijnen - Sommige onderzaai gewassen geven een slechte onkruidonderdrukking, zoals klaver. Regelmatig maaien en mulchen is dan nodig (Van de Berg, 1998) - Zie verder row intercropping

* Hier wordt de Engelse term gebruikt omdat voor het Nederlands niet één woord als vertaling is te geven. Zie ook paragraaf 2.1

5 Toepassing van variatie binnen gewassen: genetische diversiteit

5.1 Resultaten uit onderzoek

5.1.1 Perspectief van rassenmix bij aardappel

Hoewel er vele studies bekend zijn van vormen van polycultuur met aardappels in de (sub)tropen, is er zeer weinig ervaring met onderzoeken uitgevoerd in de gematigde klimaatzones. Harris (1990) heeft een theoretische studie gemaakt over de waarde van toepassing van polycultuur in de Westerse landbouw met als uitgangspunt een teeltlocatie in het zuiden van Groot-Brittannië. Verder gold als uitgangspunt dat in de Westerse landbouw - door de beschikking over irrigatie, meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen - zonlicht de belangrijkste limiterende factor is in de productie van aardappelen. Er is dus niet gekeken naar het effect op ziekten en plagen.

Uit de studie bleek dat elke monocultuur van aardappelen niet optimaal gebruik maken van het zonlicht gedurende een periode van het groeiseizoen, ongeacht het ras. Door verschillende rassen binnen een perceel te combineren, zou zonlicht beter benut worden en daarmee opbrengstwinst kunnen worden behaald. Er kan gezocht worden naar combinatie van rassen die verschillen in opbouw van de plant (opgaande of meer gespreide groeiwijze) of een combinatie van vroege en late rassen (of een mix van fysiologisch jonge en oude opplanten). Het positieve effect kan nog verder versterkt worden door een combinatie te maken van deze beide raseigenschappen.

Chowdhury heeft in 1980 in Noord-Engeland experimenten uitgevoerd met teelt van aardappels binnen een perceel met verschillende 'leeftijden'. Hij vond een opbrengstverhoging van iets meer dan 5,4 ton/ha door een mix te telen van gespruite (fysiologisch oude) en ongespruite (fysiologisch jonge) aardappelen. Soortgelijk onderzoek enkele jaren later – in 1986 – door Burstall en Harris liet echter geen opbrengstwinst zien door gebruik te maken van een mix van fysiologisch jonge en oude aardappels. Deze techniek leek dan ook niet veelbelovend te zijn.

Spitters heeft in 1980 onderzoek uitgevoerd naar combinatie van twee rassen: een vroeg en een laat ras. Het verschil in planttijdstip was 3 maanden. Dit is in de praktijk onrealistisch, vandaar dat er gekozen werd om een combinatie van fysiologisch oude aardappels van het vroege ras en fysiologisch jonge aardappels van het late ras te planten. Op deze wijze zou optimaal voordeel gehaald kunnen worden in de verschillen in opbouw van bladerdek van de rassen gedurende (het begin van) het seizoen. Beide rassen werden in een verhouding van 1:1 opgeplant. Er werd een opbrengstwinst van 16% gehaald. Wanneer specifiek naar de opbrengst werd gekeken - de maatsortering - dan bleek dat er na het afsterven van het loof van de vroege cultivar een enorme groei optrad van de aardappelen van de late cultivar.

5.1.2 Mogelijke combinatiegewassen met aardappel

Beide voorgestelde manieren van mixen binnen een aardappelras of tussen rassen bleken meer nadelen dan voordelen op te leveren. Vandaar dat Harris ook gekeken heeft naar mogelijkheden om aardappels te combineren met andere gewassen, zodat de lichtonderschepping van de gewassen op het perceel in het begin van het groeiseizoen verder verbeterd kon worden. Bij de keuze van een tweede gewas moeten de volgende punten in acht genomen worden:

- een snelle groei bij relatief lage temperaturen in het begin van het seizoen,
- resistentie tegen vorst en
- oogstbaar op het moment dat de aardappelplanten 50 tot 80% van het zonlicht onderscheppen.

Er zijn echter vrijwel geen gewassen te vinden die aan al deze eisen voldoen, hoewel spinazie mogelijk zou passen. De keuze wordt vergroot wanneer er gebruik gemaakt wordt van voorgekiemde plantjes in plaats

van het inzaaien van het combinatiegewas in het voorjaar. Er is eens geëxperimenteerd met een combinatie van aardappelras 'Cara' en vroege kool (cv. 'Hispi'). De opbrengst van aardappel werd echter negatief beïnvloed. Een andere mogelijkheid is om al in de herfst een tweede gewas tussen aardappel te zetten. Hierbij kan weer het beste gedacht worden aan vroege koolrassen. Gezien de resultaten uit het onderzoek van Tingey en Van Klashorst (1976) is dit vanuit het oogpunt van groter risico op luisaantastingen in de aardappelplanten juist weer geen geschikte keuze.

Harris gaf nog de volgende mogelijke gewassen die geschikt konden zijn bij aardappels: spruitkool (als zaailing planten in het voorjaar), winterbonen – *Vicia faba* of maïs (voor lichtbenutting later in het seizoen). Maïs bleek in een experiment in 1985 uitgevoerd door Dolmann een slechte groei te hebben naast aardappel. Bij de wijze waarop de planten onderling geteeld konden worden gaf Harris als voorbeeld het onderzoek van Ikenkwe en Allen uit 1978. Zij vergeleken de opbrengst van twee verschillende plantsystemen: rijafstand van 0,66 m of 1,32 m. De ruimere plantafstand gaf geen opbrengstderving. Dit biedt dus mogelijkheden tot ruimte voor inpassing van een tweede gewas.

5.1.3 Mixen van rassen bij aardappel tegen *Phytophthora infestans*

Rasmussen, Munk & Henriksen (2004) hebben het effect op de schimmel *Phytophthora infestans* van een mengsel van vier rassen ten opzichte van een monocultuur van aardappel onderzocht. Zij vonden dat in de rassenmix de schimmel 2 tot 3 dagen later 50% van het blad had aangetast ten opzichte van de monocultuur. Daaruit kon geconcludeerd worden dat deze mix onvoldoende meerwaarde had voor toepassing in een biologische teelt van aardappel.

Phillips, Shaw & Wolfe (2005) onderzochten in de jaren 2001, 2002 en 2003 het effect van een mix van aardappelrassen op de epidemie-ontwikkeling van *P. infestans*. Daarbij zijn acht rassen geselecteerd op basis van groeihabitat en mate van resistentie of vatbaarheid tegen *P. infestans*. Vervolgens zijn telkens 2 rassen met elkaar gemixt (1:1) en vergeleken met de monoculturen. Er werd geteeld op biologisch gecertificeerde grond.

In twee van de drie proefjaren was er een significante remming in de ziekteontwikkeling te zien bij cv. 'Sante' (gemiddeld gevoelig), wanneer deze gecombineerd werd met cv. 'Cara' (gemiddeld resistent). Het effect bleek echter niet betrouwbaar; in 2001 werd geen positief effect gezien. Bij alle overige combinaties werden geen (reproduceerbare) verschillen gezien in *Phytophthora*-ontwikkeling ten opzichte van de monoculturen. Geconcludeerd werd dat het mixen van twee rassen geen effectieve methode is om *P. infestans* onder controle te houden. Dit kon mede het gevolg zijn dat bij bepaalde combinaties (o.m. gebaseerd op resistentiegenen) juist een gunstiger microklimaat zou ontstaan voor de schimmel, bijvoorbeeld wanneer een compact groeiend ras wordt gecombineerd met een hoger groeiende gewas met meer gespreid blad.

Uit experimenten in graan is gebleken dat het effect van genetische diversiteit in de waardplanten sterker is bij hogere plantdichtheden. De verklaring hiervoor zou zijn dat bij hogere dichtheden de individuele planten naar verhouding minder ruimte in nemen en daardoor het verschijnsel van autoinfectie zou afnemen. Phillips e.a. heeft dit aspect ook in rassenmixen van aardappels onderzocht, maar vond geen invloed van de plantdichtheid.

Mixen bij aardappel blijken tot nu toe geen goede methode voor het onderdrukken van een *Phytophthora*-aantasting, maar kunnen wel leiden tot een hogere opbrengst. Mixen kunnen namelijk het negatieve effect verminderen van de concurrentie tussen de planten van hetzelfde ras (intracultivar concurrentie).

5.1.4 Soortenmix bij wintergerst

Een gewasgroep waarbij het mengen van verschillende variëteiten makkelijker is toe te passen, zijn de granen. Het is dan natuurlijk wel van belang dat de verschillende rassen gelijktijdig gezaaid en geoogst kunnen worden. Er zijn vele proeven uitgevoerd met verschillende mixen van graansoorten en het effect op voornamelijk bovengrondse schimmels. Hier wordt ter illustratie het onderzoek van Stützel (1985) genoemd. Uit zijn proeven bleek ondermeer dat een aantasting door echte meeldauw verminderd werd bij mixen van minimaal drie verschillende soorten wintergerst. Bij mengen van twee soorten kon hooguit over

een tendens naar minder schade door meeldauw gesproken worden. Bij combinatie van drie verschillende rassen van wintergerst met een duidelijk verschillende genetische herkomst was een trend te zien naar minder aantasting door bladplekken (*Rhynchosporium secalis*, *Pyrenophora teres*). Bij mixen van rassen met een nauwere verwantschap werd echter geen effect meer gezien.

5.2 Praktische inpassing genetische diversiteit binnen gewas

Het toepassen van mixen van verschillende genotypen binnen een gewassoort is de meest uitgekleele vorm van diversificatie binnen een productieperceel op hetzelfde moment. Het afzonderlijk rooien van de rassen is niet mogelijk. Er moeten dus gewasmengsels samengesteld worden waarbij de oogstbare delen gelijktijdig afrijpen. In tegenstelling tot de mengteeltvormen genoemd in paragraaf 4.2 zijn er geen speciale aanpassingen nodig voor de mechanisatie en bestaande teeltsystemen. Mixen van verschillende genotypen zullen vooral geschikt zijn voor akkerbouwgewassen als aardappels, suikerbieten en granen of voor de teelt van conservengroenten als spinazie, rode kool en boerenkool. Er zijn echter tot nu toe alleen onderzoeksresultaten te vinden over granen en aardappel.

De belangrijkste voor- en nadelen op een rij:

Mengteeltvorm	Voordelen	Nadelen
Genetische variatie (gebruik van zaadvaste rassen, landrassen, multilijnen, mixen van rassen met verschillende resistentiegenen ed.)	- Bij goede mengsels zal geen opbrengstderving optreden en mengsels kunnen zelfs leiden tot een opbrengstwinst. - Het beeld op het veld staat dichter bij het beeld van de huidige Westerse landbouw en zal daarom ook eerder door de praktijk geaccepteerd en overgenomen worden	- Ziekte- en plaagonderdrukkende werking is minder divers vergeleken met mengteelten genoemd in paragraaf 4.2 - Effecten van mixen zijn vooral geënt op voorkomen van schimmelziekten. Het effect op insecten is te klein om energie te steken in het ontwikkelen van een mengsel. - Telen van een uniform product kan lastig zijn. - Vanuit de veredelingskant zijn er belemmeringen, waarvan registratie een belangrijk aspect is.

6 Belangrijkste bevindingen diversificatie op een rij

6.1 Effect op insecten

Hooks & Johnson (2003) hebben een literatuurstudie uitgevoerd naar de mechanismen die ten grondslag liggen aan een afname in plaaginsecten door een bepaalde gewascombinatie. Hun overzicht geeft eigenlijk een mooie samenvatting van de bevindingen in de voorafgaande hoofdstukken.

De volgende effecten van polycultuur kunnen optreden tegen plaaginsecten in het productiegewas:

1. Fysieke barrière creëren voor het plaagorganisme,
2. Verwarring zaaien bij plaagorganisme door camouflage van de waardplanten (= productiegewas), door maskeren van de geur van de waardplant of door het ingewikkelder maken van de plantenarchitectuur om de waardplanten heen, zodat de kans groter is dat een plaaginsect de waardplant 'verliest' tijdens het proces van waardplantacceptatie,
3. Niet-waardplanten in de directe omgeving dienen als repellent van het plaagorganisme door afwerende geuren,
4. De bijgewassen in de directe omgeving oefenen een sterkere aantrekkingskracht uit op de plaagorganismen dan de productiegewassen,
5. Verandering van de voedingswaarde van de waardplant (door allelopathie of door concurrentie met de combinatiegewassen),
6. Extra schuilplaatsen en voedingsbronnen (bijvoorbeeld nectar en stuifmeel) creëren voor natuurlijke vijanden,
7. Verandering van microklimaat tussen de waardplanten.

Deze effecten kunnen leiden tot onder meer:

- a. Minder eiafzetting (ovipositie) op de waardplant,
- b. Afname in kolonisatie,
- c. Verlengen van de zoektijd van een plaaginsect naar een waardplant, waardoor het plaaginsect uiteindelijk doorvliegt,
- d. Meer predatie van het plaaginsect door natuurlijke vijanden.

Het aspect van beïnvloeding van het microklimaat ten nadele van het plaagorganisme wordt ook regelmatig genoemd. Er moet echter ook serieus rekening gehouden worden met het feit dat bepaalde combinaties juist een (andere) ziekte of plaag kan begunstigen. Een hoog combinatiegewas kan sporen wegvangen of plaaginsecten hinderen in hun zoekgedrag, maar kan aan de andere kant - door het ontstaan van bijvoorbeeld luvtes - een gunstig klimaat vormen voor andere organismen, die op hun beurt weer uit kunnen groeien tot een ziekte of plaag. In dit rapport zijn geen artikelen behandeld die dit aspect meer in detail hebben onderzocht.

Kortweg is het hoofddoel van een mengteelt de verhouding immigratie-emigratie van plaaginsecten te beïnvloeden richting emigratie of het in evenwicht houden met de populatie van natuurlijke vijanden. Hooks & Johnson (2003) hebben zich in hun literatuurinventarisatie gericht op koolgewassen. In het overzicht in de vorm van tabel 8 worden enkele voorbeelden gegeven van werkingsmechanismen of effecten van bepaalde gewascombinaties met kool tegen een aantal belangrijke plaaginsecten. Opgemerkt moet worden dat het meestal gaat om een combinatie van mechanismen, waarbij één van de mechanismen uiteindelijk de doorslag geeft. In het overzicht worden alleen voorbeelden aangehaald met combinaties van twee soorten gewassen. Mixen van meerdere soorten kan natuurlijk ook. Op deze manier kan het gehele teeltseizoen van het hoofdgewas effect verwacht worden van de combinatiegewassen, omdat de kans groot is dat er altijd wel één in het juiste groeistadium is.

Tabel 8: Overzicht van voorbeelden van de belangrijkste werkingsmechanismen ter onderdrukking van een plaaginsect bij een mengteelt met als hoofdgewas kool (Bron: Hooks & Johnson, 2003)

Werkingsmechanisme of effect tegen plaaginsect	Koolsoort productiegewas	Combinatiegewas	Plaaginsect
Aantrekkingskracht	Broccoli Bladkool	<i>Brassica. juncea</i> (mosterd)	<i>Plutella xylostella</i> (koolmot)
Repellent	Spruitkool	<i>Tanacetum vulgare</i> L. <i>Thymus vulgaris</i> L.	<i>Brevicoryne brassica</i> (koolluis)
	Bladkool	<i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>Phyllotreta cruciferae</i> (aardvlo)
		<i>Ambrosia artemisifolia</i>	<i>P. xylostella</i>
Maskeren geur waardplant	Spruitkool	<i>Satureja hortensis</i> L.	<i>B. brassica</i>
Ovipositie (eiafzetting)	Spruitkool	<i>Salvia officinalis</i> L. <i>Thymus vulgaris</i> L.	<i>P. xylostella</i>
	Witte kool	Hoge rode klaver*	<i>P. xylostella</i>
	Witte kool	Witte klaver Sla	<i>Delia</i> spp. (koolvlieg)
Verwarring of Camouflage	Broccoli	Aardbeiklaver Witte klaver <i>Lotus fragiferum</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Lolium perenne</i>	<i>D. brassica</i> <i>E. P. cruciferae</i>
	Witte kool	Hoge rode klaver*	<i>P. xylostella</i>
	Bladkool	Tomaat	<i>P. cruciferae</i>
	Bladkool (<i>B. oleracea</i>)	Onkruidmengsel	<i>Myzus persica</i> (groene perzikluis)
	Bloemkool	<i>Lolium perenne</i>	<i>B. brassica</i>
Fysische barrière	Bladkool	Boon	<i>Delia radicum</i> , <i>D. floralis</i>
	Spruitkool	<i>Salvia officinalis</i> L.	<i>P. xylostella</i>

* Bij lage rode klaver werd geen effect gezien vanwege het feit dat de kool daarbij nog voldoende afstak met de achtergrond

6.2 Effect op schimmels

De meeste aandacht bij de bestudering van diversificatie op onderdrukking van (bovengrondse) ziekten en plagen in de vollegrondsgroenteteelt en akkerbouw gaat uit naar insecten. Enkele van bovengenoemde mechanismen gelden ook voor schimmels, zoals het mechanisme van fysieke barrières (sporen die verloren gaan op niet-vatbare combinatiegewassen) en het principe dat bij lagere plantdichtheid van vatbare planten meer schimmelsporen nodig zijn om planten te kunnen bereiken, waardoor de schimmel (en de virulentie) wordt uitgeput. Verder kan het mechanisme van geïnduceerde weerstand optreden bij de waardplant (Perrin & Phillips, 1978; Cowger & Mundt, 2002).

6.3 Tactieken om werkingsmechanismen te stimuleren

In dit rapport wordt aandacht besteed aan het creëren van meer diversiteit binnen hetzelfde productieperceel, waarbij de gewassen (gedeeltelijk) gelijktijdig in het veld staan. Zoals al eerder is gesteld: hoe sterker de diversificatie, des te stabiel het teeltsysteem. Diversificatie is tot een bepaald maximum mogelijk wat afhankelijk is van zowel technische, mechanische, arbeidskundige, bedrijfseconomische, sociale, milieukundige aspecten en marktvraag.

Belangrijke aandachtspunten bij de keuze van bijgewassen of gewascombinaties zijn:

1. Bepaal het juiste planttijdstip van de hoofdgewassen ten opzichte van de bijgewassen (= combinatiegewassen, vanggewassen, onderzaaiersgewassen, andere hoofdgewassen) → de meeste combinaties zijn pas in de tweede helft van het teeltseizoen effectief,
2. Zorg voor een optimale onderlinge rangschikking van de verschillende gewassen → wanneer de afstand tussen de verschillende soorten gewassen te groot wordt, gaat het te verwachten positieve effect verloren,
3. Kijk naar gewascombinaties met een niet te grote onderlinge concurrentie → het ziekte- en plaagonderdrukkende effect van sommige gewascombinaties berust echter op verandering van de voedingswaarde van de waardplant als gevolg van onderlinge concurrentie,
4. Bedenk of de gewassen afzonderlijk geoogst moeten kunnen worden → dit is met het vooruitzicht op mechanisatiemogelijkheden en arbeidsinzet,
5. Zoek naar een systeem waarbij de verhouding productiegewas/combinatiegewas zodanig is dat er nog voldoende opbrengst per hectare gehaald kan worden → door het inpassen van vanggewassen, combinatiegewassen, stroken onderzaai e.d. moet in veel gevallen beteelbare ruimte opgeofferd worden. Er moet naar een situatie gezocht worden waarbij het positieve effect van de onderdrukking van ziekten en plagen opweegt tegen het verlies in opbrengst. Overigens kunnen sommige gewascombinaties leiden tot een toename in opbrengst.

Volgens Hooks & Johnson (2003) is gewasdiversificatie in de meeste gevallen niet voldoende om productiegewassen met lage tolerantiedrempels te beschermen tegen ziekten en plagen. Het principe kan echter wel een goede ondersteuning bieden in een geïntegreerde gewasbeschermingsstrategie. Biologische telers kunnen het beste profiteren van de positieve effecten van gewasdiversificatie op onderdrukking van ziekten en plagen.

Overigens kan het toepassen van dode materialen (bijvoorbeeld mulches) een vergelijkbaar effect veroorzaken als een mengteelt. Zo haalden Hooks & Johnson (2003) het voorbeeld aan van het aanbrengen van gemaaid gras tussen bloemkool door Hellqvist⁵. Hellqvist vond in onderzoek in 1996 dat er meer parasitering plaats vond van eitjes van de koolvlieg, wanneer een mulch van gras tussen de bloemkool was aangebracht. Verder noemden zij het onderzoek van Matthews-Gehringer & Hough-Golstein uit 1988 waarin werd gevonden dat een mulch van stro in Chinese kool tot minder aantastingen door koolvlieg leidde. Overigens bleek - net als bij toepassen van mengteelten - ook hier dat het effect erg afhankelijk is van de gewas-plaagcombinatie; bij broccoli werd namelijk geen effect gezien op de koolvliegpopulatie.

6.4 Conclusies

Algemene bevinding uit de literatuurinventarisatie is dat mengteelten overwegend een neutraal of positief effect hebben op het voorkomen van plagen in vollegrondsgroente en akkerbouwgewassen ten opzichte van monoculturen. Over het effect op (bovengrondse) schimmels is geen uitspraak te doen vanwege te weinig beschikbare gegevens. Uit de informatie in dit rapport is geen kant-en-klare oplossing te destilleren. Wel geeft het een beter inzicht in de verschillende werkingsmechanismen die ten grondslag liggen of worden toegeschreven aan de effecten van mengteelten op ziekte- en plaagontwikkeling. De kunst is om deze kennis te vertalen naar teeltconcepten, die naar gelang de situatie (bedrijfsopzet, gewassen, jaar etc.) aangepast worden. Elke mengteeltvorm die besproken is in dit rapport is eigenlijk een manipulatie van het systeem gericht op het voorkomen van de belangrijkste probleemorganismen in een bepaald productiegewas en minder op het maken van een stabiel bedrijfssysteem als geheel. Inzet van diversificatie moet dan ook niet als enig middel gezien worden, maar worden ingepast in het geheel aan maatregelen voor een stabiel teeltsysteem (zoals maximale bedrijfshygiëne, akkerrandenbeheer, inzaai bloemenranden etc.). Interessant is om dit proces van het onderling afstemmen van deze instrumenten op weg naar een optimaal (=stabiel) teeltsysteem nauwkeurig te beschrijven.

⁵ Hellqvist, S., 1996. Mulching with grass-clippings in cauliflower, effect on yield and *Brassica* root flies (*Delia* spp.), Int. J. Pest Manage, Vol. 42, p. 39-46

Literatuurlijst

- Alebeek, F.A.N. van, J.H. Kamstra & A.J. Visser, 2005. Biodivers – Natuur functioneel inzetten in open teelten, rapportage 2001 - 2005, Intern rapport projectnr. 5339050, PPO-AGV, Lelystad;
- Altieri, M.A., 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems, Food Products Press, Binghamton, New-York;
- Åsman, K., 2002. Trap cropping effect of oviposition behaviour of the leek moth *Acrolepiopsis assectella* and the diamondback moth *Plutella xylostella*, Entomologia Experimentalis et Applicata, Vol. 105, p. 153-164;
- Anonymous, 2002. Biodiversity action plan for agriculture, High-level Pan-European Conference on Agriculture and Biodiversity: towards integrating biological and landscape diversity for sustainable agriculture in Europe, 5-7 June 2002, Maison de l' Unesco, Paris;
- Armstrong, G. & R.G. McKinlay, 1997. Vegetation management in organic cabbages and pitfall catches of carabid beetles, Agriculture, Ecosystems and Environment 64, p. 267-2776;
- Banks, J.E. & B. Ekbom, 1999. Modelling herbivore movement and colonization: pest management potential of intercropping and trap cropping, Agricultural and Forest Entomology, Vol. 1, p. 165-170;
- Bakermans, W.A.P., L. Holte, J.A.B.M. Theunissen & H. den Ouden, 1980. Oriënterend onderzoek omtrent de mogelijkheden van geïntegreerde bestrijding van insectenplagen in de koolteelt door tussenteelt van witte klaver, CABO-verslag nr. 28, Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek en Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek (IPO), Wageningen;
- Belder, E. den, J. Elderson & P.F.G. Vereijken, 2000. Effects of undersown clover on host-plant selection by *Thrips tabaci* adults in leek, Entomologia Experimentalis et Applicata, Vol. 94, p. 173-182;
- Berg, G. van den, 1998. Klaver geeft graankorrel meer eiwit: Duitse onderzoeker verwacht veel van strokenteelt, Boerderij/Akkerbouw 83, no. 19, 16 september, p. 14-15;
- Berg, G. van den, 2000. Gave groenten met klaver als onderzaai; Ondergroei vooral bruikbaar voor biologische vollegrondsgroenteteelt, Boerderij/Akkerbouw 85, no. 16, 1 augustus, p. 8-9;
- Broad, S., S. Lisson & N. Mendham, 2004. Strip cropping vegetables, ew directions for a diverse planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, 26 Sep. – 1 Oct. 2004, Australia;
- Bommarco, R., & J.E. Banks 2003. Scale as modifier in vegetation diversity experiments: effects on herbivores and predators, OIKOS, 102:2, p. 440-448;
- Bukovinszky, T., 2004^a. Tailoring complexity; Multitrophic interactions in simple and diversified habitats, Thesis Wageningen University, ISBN: 90-8504-049-3, Wageningen;
- Bukovinszky, T., 2004^b. Influence of intercropping Brussels sprout with malting barley on abundance of insect herbivores and natural enemies, In: Tailoring complexity; Multitrophic interactions in simple and diversified habitats, Thesis, Wageningen, p. 21-33;
- Bukovinszky, T., 2004^c. Plant competition in pest-suppressive intercropping systems complicates evaluation of herbivore response, In: Tailoring complexity; Multitrophic interactions in simple and diversified habitats, Thesis, Wageningen, p. 37-50;
- Bukovinszky, T., 2004^d. The role of foraging behaviour in the spatial dynamics of herbivores in heterogeneous habitats, In: Tailoring complexity; Multitrophic interactions in simple and diversified habitats, Thesis, Wageningen, p. 53-70;
- Bukovinszky, T., 2004^e. Variation in plant volatiles and attraction of the parasitoid *Diadegma semiclasum* (Hellén), In: Tailoring complexity; Multitrophic interactions in simple and diversified habitats, Thesis, Wageningen, p. 73-86;

- Bukovinszky, T., 2004^f. Plant composition of the habitat influences searching behaviour of the parasitoid *Diadegma semiclasum* (Hellén), In: Tailoring complexity; Multitrophic interactions in simple and diversified habitats, Thesis, Wageningen, p. 89-106;
- Bukovinszky, T., 2004^g. Time-allocation of the specialist parasitoid *Diadegma semiclasum* (Hellén) in vegetationally diversified habitats, In: Tailoring complexity; Multitrophic interactions in simple and diversified habitats, Thesis, Wageningen, p. 109-124;
- Cowger, Ch. & C.C. Mundt, 2002. Effects of wheat cultivar mixtures on epidemic progression of Septoria tritici blotch and pathogenicity of *Mycosphaerella graminicola*, The American Phytopathological Society, Vol. 92, No. 6, p. 617-623;
- Dasso, G., 2003. Redefining the farm: Why IPM Cannot Effectively Manage Pests and Methodes for Achieving Manageable Organic Pest Control, U.S.A.;
- Ferguson, J.J. & B. Rathinasabapathi, 2003. Allelopathy: How Plants Suppress Other Plants, one of a series of the Horticultural Sciences Department, University of Florida IFAS, U.S.A.;
- Finch, S. & R.H. Collier, 2001. Host plant finding by insects – undersowing crop plants with clover reveals the missing link, Horticulture Research International, Wellesbourne, Warwick, U.K.;
- Gaolach, B., 2002. Impacts of undersowing clover and argula on insect abundance in broccoli (*Brassica oleracea*), Organic Farming Research Foundation, Washington University, U.S.A.;
- Garrett, K.A. & C.C. Mundt, 2000. Effects of Planting Density and the Composition of Wheat Cultivar Mixtures on Stripe Rust: An Analysis Taking into Account Limits to the Replication of Controls, Phytopathology Vol. 90, No. 12, p. 1313-1321;
- Geertsema, W., E. Steingröver, W. van Wingerden, F. van Alebeek & J. Rovers, 2004. Groenblauwe dooradering in de Hoeksche Waard; Een schets van de gewenste situatie voor natuurlijke plaagonderdrukking, Alterra-rapport 1042, Wageningen;
- Geno, L. & B. Geno, 2001. Polyculture Production: Principles, Benefits and Risks of Multiple Cropping Land Management Systems for Australia, a report for the Rural Industries Research and Development Corporation, Kingston, Australia;
- Haage, I., L. Bastiaans, D. Baumann & B. Guerber-Cahuzac, 2001. Culture associée poireau/celery: Impact sur le development des mauveaises herbes, l'infestation de Thrips tabaci et les performances agronomiques des cultures, Phytoma: la defense des vegetaux, nr. 543, Novembre 2001;
- Harris, P.M., 1990. Potato crop radiation use: A justification for intercropping, Field Crops Research, No. 25, Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, p. 25-39;
- Helenius, J., 1991. Insect Numbers and Pest Damage in Intercrops vs. Monocrops: Concepts and Evidence from a System of Faba Bean, oats and Rhopalosiphum padi (Homoptera, Aphididae), Journal of Sustainable Agriculture, Vol. 1(3), p. 57-80;
- Hill, S.B., 1989. Cultural methods of pest, primary insect, control, EAP Publication 58, Ecological Agriculture Projects, MacDonald College of McGill University, Ste-Anne de Bellevue, QC, Canada;
- Hooks, C.R.R. & M.W. Johnson, 2002. Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops, Crop Protection 22, p. 223-238;
- Hovenkamp, K., 1996. Intercropping leek with subterranean clover: effects on thrips population, leek rust, leek moth, yield and quality, MSc Thesis, Wageningen Agricultural University;
- Hummel, R.L. et al., 2001. Effects of vegetable production system on epigeal arthropod populations, Agriculture, Ecosystems and Environment 93, p. 177-188;

- Imhof, T., D.T. Baumann, E. Städler & I. Wyser-Hammel, 1996. Untersaat in Herbstlauch reduziert die Thripspopulation, *Agrarforschung* Vol. 3 (7), p. 337-340;
- Jenssen, E.S., H. Hauggaard-Nielsen, J. Kinane e.a., 2005. Intercropping – The practical application of diversity, competition and facilitation in arable organic cropping, ISOFA: Proceedings of the Conference “Researching Sustainable Systems”, Adelaide;
- Kemper, 1988. Wirkungen von Mischanbau auf verschiedene Gemüsearten (Allelopathie), Institut für Obst- und Gemüsebau der Rheinischen Friedrich-Wilhms-Universität, Bonn;
- Kinane, J. & M. Lyngkjær (2002). Effect of barley-legume intercrop on disease in an organic farming system, Annual report, Risø National Laboratory, Denmark;
- Kucharczyk, H. & H. Legutowska, 2001. *Thrips tabaci* as pest of leek cultivated in different conditions, Thrips and tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera, p. 211-213;
- Lammerts van Bueren, E.T., P.C. Struik & E. Jacobsen, 2002. Genetic variation in an organic variety concept, In: Organic plant breeding and propagation: concepts and strategies, Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor, Bolk Instituut – Wageningen University, p. 63-81;
- LaMondia, J.A., W.H. Elmer, T.L. Mervosh & R.S. Cowler, 2002. Integrated management of strawberry pests by rotation and intercropping, *Crop Protection* 21, p. 837-846;
- Lannou, C.J. & C.C. Mundt, 1996. Evolution of a pathogen population in host mixtures: simple race – complex race competition, *Plant Pathology* Vol. 48, p. 440-453;
- Legutowska, H., H. Kucharczyk & J. Surowiec, 2003. The effect of intercropping leek with clover and carrot on thrips infestation, *Integrated Control in Field Vegetable Crops*, IOBC wprs Bulletin 26 (3), p. 355-359;
- Matteeveva, A., M. Ivanova & M. Vassileva, 2002. Effect of Intercropping on the Population Density of Pestst in Some Vegetables, In: Proceedings 2nd Balkan Symposium on Vegetables & Potatoes, Eds. G. Paroussi et al., *Acta Horticulturae (ISHS)* Vol .579, p. 507-511;
- Miles, C. 1996. On-Farm Research: Intercropping in Carrots for Rust Fly Control, National Small Farm Conference, Nashville Tennessee, Utah State University, U.S.A.;
- Morse, S., R.W. Willey & M. Nasir, 1997. Modelling the lon-term yield effects of compensation in intercropping using data from a field experiment, *Expl. Agric.*, Vol. 33, p. 291-299;
- Muehielsen, D., A. Bary, C. Cogger e.a., 2003. Managing Carrot Rust Fly: In search of alternatives for a tough customer, In: *Agrichemical and Environmental News*, March 2003, Issue No. 203, A monthly Report on Pesticides and related environmental issues, Washington State University, U.S.A., p. 1-9;
- Ohlsson, E., 1990. Fungal plant pathogens in field trials with intercrops, *Växtskyddsnotiser* 54: 3-4, p. 98-106;
- Pfaufe-Vogt, J., 1980. Einfluß der Heterogenität von Pflanzenbeständen auf die Ausbreitung tierischer Schädlinge, Dissertation, Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen Entomologische Abteilung, Göttingen, Zwenen;
- Perrin, R.M. & M.L. Phillips, 1978. Some effects of mixed cropping on the population dynamics of insect pests, *Proceedings 4th Insect/Host Plant Symposium*, *Entomologia experimentalis et applicata*, Vol. 24, p. 585-593;
- Phillips, S.L., M.W. Shaw & M.S. Wolfe, 2005. The effect of potato variety mixtures on epidemics of late blight in relation to plot size and level of resistance, *Annals of Applied Biology* ISSN 0003-4746, p.245-252;
- Potting, R.P.J., J.N. Perry & W. Powell, 2005. Insect behaviour ecology and other factors affecting the control efficacy of agro-ecosystem diversification strategies, *Ecological Modelling* 182, p. 199-216;
- Rämert, B., M. Lennartsson & G. Davies, 2002. The use of mixed species cropping to manage pests and diseases - theory and practice, From: Powell et al. (eds), *UK Organic Research 2002: Proceedings of the COR Conference*,

26-28th March 2002, Aberystwyth, p. 207-210;

- Rasmussen e.a., 2004. Cultivation in ridges and mixed cropping – new approaches to organic row crop production, Royal Veterinary Agricultural University (KVL) & Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS), Denmark;
- Schelling, G. & J. Theunissen, 1998. Ondergroei met klaver maakt goede prei-oogst mogelijk; preiteelt zonder trips, Ekoland 4, p. 16-17;
- Skelsey, P., e.a., 2005. Influence of Host Diversity on Development of Epidemics: An Evaluation and Elaboration of Mixture Theory, Phytopathology Vol. 95, No.4, p. 328-338;
- Stützel, H., 1985. Untersuchungen zur Lesistungsfähigkeit von Sortenmischungen bei Wintergerste, Dissertation, Aus dem Institut für Pflanzenbau der Universität Hohenheim/Brenz, Deutzland;
- Sullivan, P., 2003. Intercropping Principles and Production Practices; Agronomy Systems Guide, Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA), California, U.S.A.;
- Theunissen, J., C.J.H. Booij & L.A.P. Lotz, 1995. Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield, Entomologia Experimentalis et Applicata Vol. 74, p. 7-16;
- Theunissen, J. & G. Schelling, 1996. Pest and disease management by intercropping: suppression of thrips and rust in leek, International journal of pest management, 42(4), p. 227-234;
- Theunissen, J. & G. Schelling, 1996. Undersowing crops of white cabbage with strawberry clover and spurry, IOBC/WPRS Bulletin 19(11), p. 128-135;
- Tingey, W.M. & G. van de Klashorst, 1976. Green Peach Aphid: Magnification of Field Population on Potatoes, Journal of Economic Entomology, Vol. 69, No. 3, p. 363-364;
- Trdan, S. et al., 2005. The role of Chinese cabbage as a trap crop for flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in production of white cabbage, Scientia Horticulturae 106, p. 12-24;
- Vidal, S., 1995. Reduktion von Schadinsektenbefall im Freiland-Gemüseanbau durch alternative Produktionsmethoden: Möglichkeiten und offene Fragen, Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 10, p. 237-242;
- Weeks, W.J., 2004. The influence of various intercropping ratios of cabbage and carrot plants on the incidence of important cabbage insect pests, South Africa, a lecture at the XXII International Congress of Entomology: Strength in diversity, 15-21 august, Brisbane, Australia;
- White, B.M., 1982. The effects of mixing barley cultivars on incidence of powdery mildew (*Erysiphe graminis*) and on yield in Northern Ireland;
- Wingerden, W.K.R.E. van & C.J.H. Booij, 1999. Biodiversiteit en onderdrukking van ziekten en plagen: strategieën en graadmeters, een gezamenlijke uitgave Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO) en Instituut voor Planteziektenkundig Onderzoek (IPO-DLO), IBN-rapport 433, ISSN 0928-6888, Wageningen.

Bijlage 1: Bouwplan van project ‘De smaak van morgen’

Vruchtwisseling per teeltsysteem

Geïntegreerde beleavingslandbouw	
1.	Consumptieaardappelen
2.	Wintertarwe
3.	Vlas
4.	Blauwmaanzaad
5.	Tulp
6.	Spruitkool

Geïntegreerde productielandbouw	
1.	Suikerbieten / koolzaad
2.	Zaaiui / winterpeen
3.	Wintertarwe / energiemais
4.	Pootaardappelen

Biologische beleavingslandbouw	
1.	Consumptieaardappelen / aardbei
2.	Zomertarwe
3.	Gras-klover
4.	Erwt
6.	Kool / diverse soorten
7.	Tulp / zaaiui

Biologische productielandbouw	
1.	Zaaiuien / Sluitkool
2.	Erwt
3.	Zomertarwe
4.	Grasklaver
5.	Winterpeen
6.	Pootaardappelen

Ruimtelijke vruchtwisseling

6	Spruitkool	48 m	192 m	Pootaardappelen 4	
5	Tulp	48 m			
4	Blauwmaanzaad	48 m			
3	Vlas	48 m			
2	Wintertarwe	48 m	96 m	3b Energienmais	Pootaardappelen 96 m
1	Cons. aardappel	48 m	96 m	3a Wintertarwe	Winterpeen 96 m
6	Kool/ Divers	48 m	96 m	2b Zaaiuien	Grasklaver 96 m
5	Tulp/ zaaiui	48 m	96 m	2a Winterpeen	Zomertarwe 96 m
4	Erwt	48 m	96 m	1b Suikerbieten	Zomertarwe 96 m
3	Grasklaver	48 m	96 m	1a Koolzaad	Sluitkool 92 m
2	Zomertarwe	48 m	96 m		Zaaiuien 296/280 m
1	Cons. aardappel	48 m	96 m		
	Aardbei	48 m	96 m		
	267/251 m	33 m	94 m		
	ERF		296/280 m		

