

TEELTKUNDIGE ASPECTEN VAN AGRIFICATIE

een verkenning van de toekomstmogelijkheden op de langere termijn
in Nederland

uitgevoerd in opdracht van de Nationale Raad voor Landbouwkundig
Onderzoek (NRLO)

CPRO-DLO
BIBLIOTHEEK
Postbus 16
6700 AA Wageningen

M.J. Verheul
P.C. Struik

Vakgroep Agronomie / Vakgroep Theoretische Produktie Ecologie
Landbouwuniversiteit Wageningen

592045

Woord vooraf

Voor U ligt het verslag van een verkennend onderzoek naar teeltkundige aspecten van agrificatiegewassen in Nederland. Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (NRLO) en is een poging om uit de veelheid van gegevens en meningen een overzicht te geven van de teeltkundige mogelijkheden en knelpunten van momenteel in de belangstelling staande agrificatiegewassen. Een beter inzicht in de gegevens kan bijdragen tot een verantwoord (onderzoeks)beleid voor de toekomst.

De uitvoering van het onderzoek vond plaats onder toezicht van Prof. Dr. R. Rabbinge namens de begeleidingsgroep "Agrificatie in de 21^e eeuw" van de NRLO en de vakgroep Theoretische Produktie Ecologie. Het rapport is tot stand gekomen door de welwillende medewerking en discussiebereidheid van vele medewerkers van verschillende onderzoeksinstituten als het PAGV, CPRO-DLO, AB-DLO, IMAG-DLO en LUW. Onze dank gaat uit naar een ieder die een bijdrage geleverd heeft, en met name naar Ir. GEL Borm (PAGV), Ir. WJM Meijer (AB-DLO) en Ir. LJM van Soest (CPRO-DLO).

Wageningen, april 1994

M.J. Verheul
P.C. Struik

Leeswijzer

In de inleiding (hoofdstuk 1) wordt het kader beschreven waarin dit onderzoek heeft plaatsgevonden. De keuze van gewassen en van criteria welke het teeltkundige succes van (nieuwe) agrificatiegewassen kunnen bepalen en de gevolgde werkwijze worden nader toegelicht.

In de volgende hoofdstukken worden per gewasgroep (hoofdstuk 2: vezelgewassen, hoofdstuk 3: olieproducerende gewassen, hoofdstuk 4: inulineproducerende gewassen) de gekozen gewassen en produktiedoelen beschreven (paragrafen 1 en 2). In paragraaf 3 van elk van deze hoofdstukken vindt de eigenlijke toetsing van de gewassen aan de hand van de gegeven criteria plaats. Getracht wordt aan te geven in hoeverre de gewassen aan de gestelde criteria voldoen, welke verwachtingen er zijn ten aanzien van de toekomst, waar zich problemen voor kunnen doen, hoe de stand van zaken in het onderzoek op dit moment is, welke onderzoeksrichtingen teeltkundig gezien perspectief bieden en waar zich nog lacunes in de kennis bevinden. Een overzicht van de mogelijkheden en knelpunten van de gekozen gewassen wordt gegeven in de bijgeleverde tabellen (tabel 1 t/m 3). In de conclusies (paragraaf 5) wordt, per gewasgroep, aangegeven waar de knelpunten zich bevinden, welke oplossingsrichtingen mogelijk zijn en welke onderzoeksvragen hierbij uitgewerkt kunnen worden.

De algemene conclusies (hoofdstuk 5) zijn zodanig geformuleerd, dat ze ook voor andere als de in detail behandelde gewassen betrekking kunnen hebben. Saldoberekeningen van diverse gewassen worden beschreven in de bijlagen. Een (concluderende) samenvatting gaat aan het rapport vooraf.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	1
1 Inleiding	5
1.1 Probleemstelling, doelstelling en produktbeeld	5
1.2 Afbakening	6
1.2.1 Toetsingscriteria	6
1.2.2 Keuze van gewassen	8
1.3 Werkwijze	9
2 Vezelgewassen	10
2.1 Inleiding	10
2.2 Gewaskarakteristieken en toepassingsmogelijkheden	10
2.3 Verkenning	11
2.3.1 Opbrengst	14
2.3.1.1 Produktie	14
2.3.1.2 Opbrengststabiliteit	16
2.3.2 Kwaliteit	16
2.3.3 Bemesting	17
2.3.4 Energieinput	18
2.3.5 Gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden	18
2.3.6 Inpasbaarheid in het bouwplan	20
2.3.7 Inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	21
2.3.8 Inpasbaarheid in de Nederlandse landbouw	23
2.4 Conclusies	23
2.4.1 Mogelijkheden	23
2.4.2 Knelpunten, oplossingsrichtingen en onderzoeksvragen	24
3 Olieproducerende gewassen	29
3.1 Inleiding	29
3.2 Gewaskarakteristieken en toepassingsmogelijkheden	31
3.3 Verkenning	36
3.3.1 Opbrengst	36
3.3.1.1 Produktie	36
3.3.1.2 Opbrengststabiliteit	45
3.3.2 Kwaliteit	46
3.3.3 Bemesting	49
3.3.4 Energieinput	49
3.3.5 Gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden	50
3.3.6 Inpasbaarheid in het bouwplan	52
3.3.7 Inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	53
3.3.8 Inpasbaarheid in de Nederlandse landbouw	54
3.4 Conclusies	55
3.4.1 Mogelijkheden	55
3.4.2 Knelpunten, oplossingsrichtingen en onderzoeksvragen	56

4	Inulineproducerende gewassen	61
4.1	Inleiding	61
4.2	Gewaskarakteristieken en toepassingsmogelijkheden	61
4.3	Verkenning	63
4.3.1	Opbrengst	63
4.3.1.1	Productie	63
4.3.1.2	Opbrengststabiliteit	67
4.3.2	Kwaliteit	68
4.3.3	Bemesting	69
4.3.4	Energieinput	69
4.3.5	Gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden	69
4.3.6	Inpasbaarheid in het bouwplan	70
4.3.7	Inpasbaarheid in de bedrijfsvoering	71
4.3.8	Inpasbaarheid in de Nederlandse landbouw	73
4.4	Conclusies	73
4.4.1	Mogelijkheden	73
4.4.2	Knelpunten, oplossingsrichtingen en onderzoeksvragen	74
5	Conclusies	78
5.1	Mogelijkheden	78
5.2	Knelpunten, oplossingsrichtingen en onderzoeksvragen	78
	Literatuur	83
	Tabellen	
1	Mogelijkheden en knelpunten van vezelgewassen	12
2	Mogelijkheden en knelpunten van olieproducerende gewassen	38
a	algemene vetzuren	38
b	speciale vetzuren	40
c	etherische oliën	42
3	Mogelijkheden en knelpunten van inulineproducerende gewassen	64
	Bijlagen	
1	Saldoberekeningen vezelgewassen	91
2	Saldoberekeningen olieproducerende gewassen	92
a	Olievlas, koolzaad, crambe	92
b	Karwij voor de productie van carvon	93
3	Saldoberekeningen inulineproducerende gewassen	94

SAMENVATTING

De laatste jaren is veel onderzoek verricht aan gewassen welke een mogelijke toepassing kennen als grondstof voor industriële producten met name in de non-food sector. Op dit moment bestaat bij de NRLO de behoefte de huidige kennis op dit gebied te inventariseren, met als doelen de toekomstmogelijkheden van agrificatiegewassen in Nederland op de langere termijn op reële wijze in te kunnen schatten en noodzakelijk onderzoek te identificeren. Gekozen is voor een benadering vanuit drie invalshoeken : een teeltkundige, een technologische en een politiek/economische invalshoek. Dit rapport belicht de mogelijkheden en knelpunten van agrificatiegewassen vanuit teeltkundig/agronomisch zicht.

Agrificatiegewassen kunnen in de toekomst meer kans van slagen hebben, wanneer ze voldoen aan de volgende criteria:

- niveau: gewas
 - hoge potentiële productie
 - goede opbrengststabiliteit en oogstzekerheid
 - hoge kwaliteit
 - minimale input van mineralen, energie, pesticiden, water
- niveau: bedrijf
 - goede inpasbaarheid in het bouwplan
 - goede inpasbaarheid in de bedrijfsvoering (gebruik maken van beschikbare produktiemiddelen)
 - geringe teeltkosten
- niveau: Nederlandse landbouw
 - gebruik maken van comparatieve voordelen
 - hoge toegevoegde waarde

In dit rapport wordt een aantal perspectiefrijke gewassen uit de gewasgroepen vezelgewassen, vette - en etherische olieproducerende gewassen en inulineproducerende gewassen getoetst aan de hand van de criteria. Aangegeven wordt in hoeverre de gewassen aan de gestelde criteria voldoen, welke verwachtingen er zijn ten aanzien van de toekomst, waar zich problemen voor kunnen doen, hoe de stand van zaken in het onderzoek op dit moment is, waar zich nog lacunes in de kennis bevinden en welke onderzoeksrichtingen perspectief bieden. Gegevens hiervoor werden verzameld uit de literatuur en uit interviews met deskundigen van o.a. PAGV, CPRO-DLO, AB-DLO, IMAG-DLO en LUW.

Vezelgewassen voldoen voor een groot deel aan de gestelde eisen. Het zijn gewassen met een hoge actuele en potentiële productie (m.n. hennep en Miscanthus), terwijl de teelt van de gewassen met een geringe input aan meststoffen, energie en gewasbeschermingsmiddelen mogelijk is. Hennep is bovendien goed inpasbaar in de vruchtwisseling en het opnemen van hennep en Miscanthus in het bouwplan heeft een positieve werking ten aanzien van het onderdrukken van belangrijke ziekten, plagen en onkruiden, een gunstige invloed op de bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid en kan bescherming bieden tegen erosie. Daarnaast zijn de gewassen wat betreft de arbeidsverdeling op het

bedrijf redelijk tot goed inpasbaar en is de inzet van bestaande machines mogelijk. Nederland kent voor de teelt van deze relatief goede klimaatomstandigheden en de gewassen zijn voor meerdere teeltdoelen inzetbaar.

Knelpunten bij de teelt en oogst van vezelgewassen zijn de geringe opbrengststabiliteit, welke veroorzaakt wordt door de gevoeligheid voor weersomstandigheden, en de hoge energiebehoefte bij de oogst en het transport. Door optimalisatie van de gewasstructuur en het aanpassen van oogstmethoden is een verbetering op dit gebied in de toekomst mogelijk. De gewassen kunnen op het bedrijf bewaard en gedeeltelijk verwerkt worden. Aan een verdere optimalisatie van bewaringsmethoden, rekening houdend met het produktiedoel, moet echter nog aandacht besteed worden, ook om de kosten hiervoor te verlagen. Plantgoed van *Miscanthus* kan het voordeligst op het bedrijf zelf vermeerderd worden. Een verdere aanpassing van rassen aan Nederlandse klimaatomstandigheden kan bijdragen aan verbetering van de mogelijkheden voor de teelt van vezelgewassen in Nederland. Daarnaast is een uitbreiding van de verwerkingsmogelijkheden, liefst met hoge toegevoegde waarde en gericht op een vraag vanuit de markt, van belang.

Olieproducerende gewassen hebben een geringe behoefte aan meststoffen, energie en arbeid, en een gunstige invloed op de bodemstructuur. De teeltkosten zijn gering en het inzetten van het voor de graanteelt aanwezige machinepark is in veel gevallen mogelijk. Een verwerkende industrie is aanwezig (en geïnteresseerd) en klimaatomstandigheden in Nederland zijn relatief gunstig voor het bereiken van een hoge kwaliteit.

De teelt van olieproducerende gewassen ondervindt echter nogal wat knelpunten. Zo wordt slechts een geringe produktie bereikt, als gevolg van een trage bodembedekking, een geringe lichtbenutting en een veelal kort groeiseizoen. Met name 'nieuwe' gewassen (als bekergoudsbloem, goudsbloem en *Euphorbia*) kennen daarnaast een geringe oogstzekerheid en opbrengststabiliteit als gevolg van een onregelmatige afrijping en een geringe zaadvastheid. Alle gewassen zijn gevoelig voor onkruiden aan het begin van de teelt en voor weersinvloeden en voor schimmelziekten tijdens de bloei en afrijpingsfase. Door veredeling (op gelijkmatige afrijping en zaadvastheid), teeltmethoden (verbeteren van de vestiging van het gewas) en verbetering van de oogstmethoden (reduceren van oogstverliezen) is een verbetering van de opbrengst in de toekomst mogelijk. Gewasbescherming (met bestaande middelen) kan bijdragen tot verbetering van de opbrengststabiliteit.

Kwaliteitsaspecten kunnen een rol spelen bij het realiseren van een goede prijs. Geringe oliegehalten (in bekergoudsbloem en goudsbloem) maken de verwerkingskosten hoog; hoge gehalten aan glucosinolaten (in kruisbloemigen) maken het schroot minder waardevol als veevoer. Mogelijk dat veredeling en/of verbeterde verwerkingstechnieken hier op termijn een oplossing kan bieden. De inpasbaarheid van de gewassen in het bouwplan wordt bemoeilijkt door de vermeerdering van bietecysteaaaltjes (in kruisbloemigen), wortelknobbelaaltjes (in olievlas, bekergoudsbloem, goudsbloem) en bodemschimmels (m.n. in crambe). Tweejarige gewassen (karwij, judaspenning) moeten in combinatie met een daartoe geschikte dekvrucht worden geteeld.

Import van olie uit landen met lagere produktiekosten en de ontwikkeling van

alternatieve produktiewijzen voor speciale vetzuren of etherische oliën kunnen in de toekomst een bedreiging vormen voor de teeltmogelijkheden in Nederland.

Inulineproducerende gewassen hebben een hoge actuele (m.n. cichorei) en potentiële produktie en een geringe behoefte aan meststoffen. Cichorei heeft bovendien een goede opbrengststabiliteit en een hoge kwaliteit. In aardpeer is geen chemische onkruidbestrijding noodzakelijk. Bovendien is aardpeer beter inpasbaar in het bouwplan en kent een gunstige arbeidsfilm.

Als knelpunten bij de teelt van inulineproducerende gewassen worden genoemd: een trage beginontwikkeling (m.n. in cichorei), een minder gunstige oogstindex (aardpeer), een geringe opbrengststabiliteit (aardpeer), een geringe kwaliteit (aardpeer) en de gevoeligheid voor ziekten (m.n. aardpeer) en onkruiden (cichorei). Onderzoek naar verbetering van de groei in het voorjaar (m.n. in cichorei) en veredeling t.b.v. een verdere aanpassing van rassen aan Nederlandse klimaatomstandigheden en verhoging van het inulinegehalte (aardpeer) kunnen de kansen van beide gewassen vergroten. De oogst en het vervoer van de gewassen vragen een hoge input van energie. Ten aanzien van de inpasbaarheid op het bedrijf kunnen ongunstige effecten op de bodemstructuur (bij rooien onder ongunstige omstandigheden) en opslag een rol spelen. Opslag is deels te bestrijden en deels te voorkomen door verbetering van de mechanische oogstbaarheid. Cichorei is bovendien een arbeidsintensief gewas, met arbeidspieken in voor- en najaar. In aardpeer kunnen grote bewaarverliezen optreden. Een verdere optimalisatie van bewaarmethoden is nodig.

De laatste jaren is veel verkennend onderzoek uitgevoerd op teeltkundig gebied, met name met betrekking tot olieproducerende gewassen en vezelgewassen. Vragen als: is de teelt mogelijk in Nederland, welke opbrengsten en kwaliteiten kunnen gerealiseerd worden, is inpassing in het bouwplan mogelijk en waar liggen de teeltknelpunten zijn grotendeels beantwoord. Hierdoor is veel basis-kennis opgebouwd over teeltkundige aspecten van agrificatiegewassen. Verdere analyse en optimalisatie kan worden uitgevoerd wanneer enige teelt in de praktijk wordt verwacht. Vanuit teeltkundig gezichtspunt bestaan goede mogelijkheden voor verschillende agrificatiegewassen. Verder onderzoek kan de nog bestaande knelpunten voor een groot gedeelte helpen oplossen. Onder de huidige omstandigheden lijkt de teelt van agrificatiegewassen echter nog weinig rendabel. Een uitbreiding van de teelt in de praktijk zal dan ook afhankelijk zijn van 'andere' factoren (technologische aspecten, situatie op de grondstoffenmarkt, politieke maatregelen op het terrein van milieu, marktondersteuning, regelgeving (braakvergoeding)). Zo kan de teelt van hennep worden uitgebreid wanneer het beter geschikt kan worden gemaakt voor de papierindustrie en kan de teelt Miscanthus worden uitgebreid wanneer het als braakgewas kan worden aangemeld. De teelt van cichorei is (tijdelijk) uitgebreid door belangstelling vanuit de industrie (Benuline BV). Ook voor olieproducerende gewassen bestaat belangstelling vanuit de industrie. Het onderzoek naar nieuwe non-food toepassingsmogelijkheden staat echter nog in de kinderschoenen. Bij de teelt van oliehoudende gewassen is de sterk schommelende wereldmarktprijs een onzekere factor. Op de langere termijn kunnen milieuaspecten een belangrijkere rol gaan spelen. Milieuvoordelen lijken te bestaan bij de teelt van vezelgewassen

(m.n. hennep en Miscanthus), oliegewassen (ter verbreding van het bouwplan op gronden waarop bietenteelt niet goed mogelijk is) en bij inulineproducerende gewassen (m.n. aardpeer). Gedetailleerde analyse van milieu voor- en nadelen zal moeten uitwijzen in hoeverre agrarische grondstoffen over de hele keten van produktie en gebruik milieuvriendelijker zijn dan hun (petrochemische) alternatieven. De waardering voor deze voor- en/of nadelen zal dan politiek/economisch bepaald moeten worden.

1. INLEIDING

Gezien de groeiende overschotten in de akkerbouw en een toenemend milieubesef bestaat er een toenemende behoefte aan een verbreding van de, veelal intensieve, bouwplannen in Nederland. Daarbij wordt agrificatie, gedefinieerd als het ontwikkelen van industriële non-food producten uit agrarische grondstoffen, gezien als een van de belangrijkste oplossings-richtingen. Het maatschappelijke belang van agrificatie is meer dan alleen een akkerbouwbelang. Op de lange termijn worden perspectieven van agrificatiegewassen mede bepaald door de mate waarin ze de volgende algemene doelstellingen kunnen realiseren (Struik, 1991) :

- bereiken van een extra afzetmarkt voor akkerbouwproducten (voor zover economisch haalbaar)
- vermindering van de milieubelasting bij de produktiewijze, het gebruik en de afvalverwerking van grondstoffen en hun eindproducten
- de eindproducten leiden tot een zuiniger gebruik van (deels onvervangbare) natuurlijke rijkdommen van de aarde.

Het succes van agrificatiegewassen zal op de middellange termijn afhangen van o.a. teeltkundige, marktkundige, technologische, economische en politieke factoren. Naast de noodzaak van het bestaan van een markt voor nieuwe industriële grondstoffen en eindproducten moet een teelt van de gewassen op rendabele wijze mogelijk zijn en moeten de oogstproducten kunnen voldoen aan de kwaliteitseisen van de verwerker. Voor nieuwe gewassen en toepassingen moeten veelal nieuwe teelt- en verwerkingsmethodes worden ontwikkeld. De prijs van de grondstof speelt in veel gevallen een cruciale rol. Een goede samenwerking tussen landbouw en industrie, wellicht via een intermediair, kan bijdragen tot een verhoging van de toegevoegde waarde van de grondstof. Nagegaan moet worden in hoeverre milieuvoordelen in de teelt, verwerking en het gebruik van agrarische grondstoffen en eindproducten, vergeleken met grondstoffen van fossiele of industriële oorsprong, worden bereikt en hoe deze politiek/economisch gewaardeerd kunnen worden. De toekomstmogelijkheden van agrificatie in Nederland kunnen worden vergroot wanneer optimaal gebruik wordt gemaakt van de comparatieve voordelen.

1.1 Probleemstelling, doelstelling en produktbeeld

In de afgelopen jaren werd een aantal, vaak multidisciplinaire, onderzoeksprogramma's opgezet en uitgevoerd waarin de mogelijkheden van kansrijke nieuwe gewassen voor de Nederlandse akkerbouw werden verkend. Mede gezien het risicovolle karakter van dit onderzoek is een goede toetsing aan een algemeen kader vooraf gewenst, voor het ontwikkelen van een meer gerichte zoekstrategie voor de toekomst. Vanuit de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek bestaat op dit moment de behoefte de huidige kennis op dit gebied te inventariseren, met als doelen de toekomstmogelijkheden van agrificatiegewassen in Nederland op de langere termijn op reële wijze in te kunnen schatten en nieuwe terreinen van onderzoek te identificeren. Dit ter voorbereiding van de

nieuwe "Meerjarenvisie Landbouwkundig Onderzoek". Door de begeleidingsgroep "Agrificatie in de 21^e eeuw" werd gekozen voor een benadering vanuit drie invalshoeken: een teeltkundige, een technologische en een politiek / economische invalshoek.

Dit rapport verkent de mogelijkheden van (nieuwe) agrificatiegewassen vanuit teeltkundige zicht tegen het licht van toekomstige maatschappelijke ontwikkelingen. Het inventariseert de teeltkundige kennis van verschillende agrificatiegewassen en geeft aan waar zich nog lacunes in de kennis bevinden. Aandacht wordt besteed aan de teeltkundige mogelijkheden van het gewas, waar knelpunten zijn te verwachten in de teelt, in hoeverre deze knelpunten (door o.a. veredeling/teeltmaatregelen/teelttechniek) op te lossen zijn en welke punten nader onderzoek behoeven. Tevens worden mogelijke ontwikkelingen voor de toekomst aangegeven.

1.2 Afbakening

1.2.1 Toetsingscriteria

Agrificatiegewassen kunnen in de toekomst meer kans van slagen hebben, wanneer ze voldoen aan enkele van de volgende criteria (aangepast volgens Long, 1994):

niveau: gewas

- ▶ hoge potentiële produktie
Als basiskarakteristieken zijn hierbij vooral een maximale lichtinterceptie, een maximale lichtbenuttingsefficiëntie en een maximale (of optimale) harvest-index van belang.
- ▶ goede oogstzekerheid en opbrengststabiliteit
Deze komt tot uitdrukking in een geringe jaar-jaar variatie. Een groot compensatievermogen en een geringe gevoeligheid voor weersomstandigheden dragen hiertoe bij.
- ▶ hoge kwaliteit
Gestreefd moet worden naar een hoog gehalte aan gewenste grondstof en naar een minimaal gehalte aan verontreinigende stoffen in het oogstprodukt. Ook een stabiele kwaliteit kan van belang zijn.
- ▶ minimale input aan stikstof en andere mineralen en minimale uitspoeling
Dit kan worden bereikt via een maximale stikstofefficiëntie op drie niveaus:
 - optimaliseren van mineralenopname vanuit de grond
 - maximaliseren van de produktie per eenheid van opgenomen stikstof
 - bevorderen van translocatie van stikstof naar gewenste plantedelen (in of uit het oogstprodukt).
- ▶ minimale energieinput
Naast een minimale input aan kunstmeststikstof, helpen een minimale behoefte aan cultuurmaatregelen (grondbewerking, zaaien/planten, gewasverzorging, onkruidbestrijding) en een minimaal vochtgehalte en een hoge

dichtheid van het oogstprodukt (drogen, vervoeren) de energieinput te reduceren.

- ▶ minimale input aan bestrijdingsmiddelen
Selectie op gewassen met een grote bestendigheid tegen ziekten en plagen en een grote concurrentiekracht ten opzichte van onkruiden.
- ▶ minimale behoefte aan water
Selectie op gewassen met een hoge waterbenuttingsefficiëntie en weinig kritieke (droogtegevoelige) fasen in hun ontwikkeling.

niveau: (akkerbouw)bedrijf

- ▶ goede inpasbaarheid in het bouwplan
Gewassen dienen goed te passen in de gangbare vruchtwisseling, dan wel een bijdrage te leveren aan de noodzakelijke bouwplanverbreding.
- ▶ goede inpasbaarheid in de bedrijfsvoering
Hierbij van belang zijn factoren als :
 - arbeidsverdeling
Perioden met overtollige arbeid (winter) benutten voor oogst, bewerking, verwerking van het gewas en (eventuele) productie van halffabrikaten.
 - minimale verandering in landgebruik en machinepark
Acceptatie van het nieuwe gewas is het grootst en de kosten voor omschakeling het geringst wanneer:
 - planten, verzorging en oogst met bestaande machines mogelijk is
 - eenvoudige omschakeling van food naar non-food en omgekeerd mogelijk is
 - het gewas in korte tijd oogstbaar materiaal oplevert.
 - beschikbaarheid van zaaizaad/pootgoed en middelen ter beheersing van eventuele teeltproblemen (ziekten, plagen en onkruiden)
- ▶ geringe teeltkosten
Aanvaardbare kosten van hiervoor gegeven produktiemiddelen (t.b.v. zaaizaad, ziektebestrijding, bemesting, gewasverzorging, oogst, bewaring) in verhouding tot de financiële opbrengst.

niveau: Nederlandse landbouw

Voor het behoud van de teelt in Nederland zijn de volgende criteria van belang:

- ▶ comparatieve voordelen
Agrificatiegewas moet optimaal gebruik maken van de comparatieve voordelen van de Nederlandse landbouw.
- ▶ hoge toegevoegde waarde
Het gewas moet bij voorkeur productie van grondstoffen, halffabrikaten en produkten met een hoge toegevoegde waarde betreffen.
- ▶ teeltdoelen
Nieuwe agrificatiegewassen zijn kansrijker indien er naast het primaire teeltdoel nog alternatieve bestemmingen zijn.

1.2.2 Keuze van gewassen

Agrificatie wordt in dit onderzoek gedefinieerd als het gebruik van agrarische grondstoffen voor non-food en non-feed toepassingen.

Op basis van eerdere studies door de NRLO (Stuurgroep Agrificatie: NRLO, 1990) en aan de hand van criteria als: verhouding areaal en toegevoegde waarde, te verwachten potentiële markt, te verwachten milieuvordelen in teelt/verwerking/gebruik, bekendheid van het gewas en teeltmogelijkheden in Nederland is gekozen voor de volgende gewasgroepen en gewassen:

a. Vezelgewassen (vlas, hennep, Miscanthus);

b. Olieproducerende gewassen:

- vette oliën met algemene (olievlas, koolzaad, crambe) of speciale (beker-goudsbloem, goudsbloem, wolfsmelk, judaspenning, lesquerella) vetzuren;
- etherische oliën (karwij);

c. Inulineproducerende gewassen (aardpeer, cichorei).

In deze reeks van gewassen variëren de produktiemogelijkheden van grootschalig met geringe toegevoegde waarde tot kleinschalig met hoge toegevoegde waarde. Daarbij zijn bekende en relatief onbekende gewassen opgenomen. Voor deze variatie werd gekozen om algemene conclusies zodanig te kunnen formuleren dat ze ook voor andere en nog niet bekende gewassen van toepassing kunnen zijn.

Niet opgenomen in deze studie zijn energiegewassen en enkele speciale gewassen als bijvoorbeeld gierstmelde. De teelten van verschillende kruidengewassen worden niet nader uitgewerkt.

Bulk van biomassa voor de productie van energie lijkt voor de Nederlandse situatie minder geschikt, daar (o.a. Landbouwschap, 1993):

- de productie voor een klein deel van de markt reeds enorme arealen behoeft (Nederlandse landbouw is relatief kleinschalig);
- grondstof heeft veelal een te lage toegevoegde waarde (vanwege de relatief hoge produktiekosten in Nederland maakt een gewas met een hogere toegevoegde waarde meer kans);
- productie is weinig kennisintensief (productie van kennisintensive grondstoffen maakt een beter gebruik van comparatieve voordelen van de Nederlandse landbouw).

Verdere uitwerking van dit thema lijkt daarom vooral in EG-verband zinvol. Een grootschalige teelt van bulkgewassen in het buitenland kan de druk op de bestaande gewassen ook in Nederland verlichten.

De teelt van diverse kruiden is in dit onderzoek niet specifiek uitgewerkt, daar deze teelt in Nederland een zeer geringe omvang heeft en uitbreidingsmogelijkheden in de nabije toekomst gering zijn (van der Mheen, 1993). Knelpunten en sturingsmogelijkheden in deze gewassen zijn veelal vergelijkbaar met andere, wel in dit onderzoek opgenomen kleine gewassen.

Gierstmelde wordt gezien als een perspectiefrijk gewas (Mastebroek en van Soest, 1994; van Geel en Darwinkel, 1994). Het staat in de belangstelling vanwege de hoge voedingswaarde voor mens en dier en het unieke, uniforme en kleinkorrelige zetmeel in het zaad. Het is niet in deze studie opgenomen, daar toepassingsmogelijkheden vooral liggen in de food sector en slechts in geringe

mate in de non-food sector (o.a. als lijmstof).

1.3. Werkwijze

Gekozen gewassen (paragraaf 1.2.2) werden getoetst aan de gegeven criteria (paragraaf 1.2.1). Gegevens hiervoor werden verzameld uit de literatuur en uit interviews met en commentaar van deskundigen van o.a. PAGV, CPRO-DLO, AB-DLO, IMAG-DLO en LUW.

Per gewasgroep werden kansen, knelpunten en sturingsmogelijkheden van de gekozen gewassen geformuleerd. Daarbij werd gekozen voor het geven van een opsomming van mogelijkheden en knelpunten: niet alle punten wegen even zwaar. Algemene conclusies (hoofdstuk 5) werden zodanig geformuleerd, dat ze ook voor andere als de in detail behandelde gewassen betrekking kunnen hebben.

2 VEZELGEWASSEN

2.1 Inleiding

Vezelgewassen worden veelal gezien als perspectiefrijk met betrekking tot agrificatie (NRLO, 1990; Hutten en Koster, 1991). De toenemende belangstelling voor natuurlijke grondstoffen en milieuvoordelen als afbreekbaarheid spelen hierbij een rol. Daarnaast is een teelt op grote arealen mogelijk, wat o.m. van belang is voor de verwerkingsmogelijkheden. Mits economisch haalbaar wordt een perspectief geboden aan akkerbouwers.

In dit rapport worden de potentiële gewassen vlas (bekend gewas), hennep (gewas in onderzoek), *Miscanthus* (relatief onbekend) nader bekeken. Met betrekking tot de afzet worden drie afzetmarkten centraal gesteld, t.w. markten voor papier, textiel en voor bouw- en composietmaterialen (cf. NRLO, 1990).

2.2 Gewaskarakteristieken en toepassingsmogelijkheden

(Vezel)vlas (*Linum usitatissimum* L.)

Familie *Linaceae* (Vlasfamilie)

Vlas is een eenjarig gewas met een relatief korte veldperiode (van maart tot begin augustus) en wordt in Nederland al van oudsher geteeld. De laatste jaren schommelt het areaal rond de 5.000 ha (CBS, 1993). Ongeveer 80% van het areaal ligt in Zeeland. De teelt, oogst en verwerking zijn in ons land vrijwel volledig gericht op de zaaizaadproduktie en op de winning van vezels als grondstof voor de textielindustrie (Vreeke, 1991). Andere toepassingsmogelijkheden voor vlasvezels (als grondstof voor bouw- en composietmaterialen, papier) zijn momenteel nog in ontwikkeling (van der Schild, 1991).

Bij het cultuurvlas worden twee typen onderscheiden: vezelvlas en olievlas. De vezelvlasplanten zijn langer (een gunstige stengellengte is 80-100 cm) en minder vertakt (2 à 5 vertakkingen) terwijl de zaadproduktie lager is (2 à 5 zaadbollen per stengel met 8 à 10 zaden per bol) (Vreeke, 1991). In dit hoofdstuk staat vezelvlas centraal; olievlas wordt nader bekeken in hoofdstuk 3.

De momenteel gangbare oogstmethode in Nederland is gericht op het veilig stellen van de zaaizaadproduktie en het verkrijgen van een hoge opbrengst van lange vezels. De vlasstengel wordt na afrijping getrokken, ontzaad, en in zwaden op het veld verspreid om te dauwrotten. Zaadbollen worden gedroogd en gedorst; vlasstro wordt gekeerd, opgerold en verder verwerkt op een vlaswringelturbine. Door de oogstmechanisatie en daarvoor noodzakelijke investeringen en de betrokkenheid van de teler bij de verwerking en afzet vindt de teelt veelal plaats in vlaskernen (van 40-60 ha), die in een samenwerkingsvorm met een vlasserijbedrijf werken (Vreeke, 1991).

Hennep (*Cannabis sativa* L.)

Familie *Cannabaceae*

Hennep is een oorspronkelijk uit Centraal-Azië afkomstig oud cultuurgewas. Het is een eenjarig gewas met een langere veldperiode in vergelijking met vlas. Van oorsprong is het een tweehuizige soort, waarin mannelijke en vrouwelijke planten in ongeveer gelijke aantallen voorkomen. De mannelijke planten sterven kort na de bloei; de vrouwelijke planten leven 3 tot 5 weken langer dan de mannelijke planten en sterven wanneer het zaad rijp is. Veredeling heeft ook tot eenhuizige cultivars geleid. De stengel van de hennepplant wordt, afhankelijk van cultivar en groeiomstandigheden, 1 tot 5 meter lang (Meijer en de Meijer, 1990).

Over de teelt in Nederland onder praktijkomstandigheden is nog weinig bekend. Op proefschaal wordt reeds vanaf 1980 geëxperimenteerd.

Op dit moment wordt een teelt, oogst en verwerking van hennepvezel als grondstof voor de papierindustrie onderzocht (van Berlo, 1993). Planten worden in september geoogst (maaihakselen) en op het bedrijf ingekuuld voor latere verwerking in een (nog te bouwen) pulpfabriek. Om de behoefte van een pulpfabriek (in Nederland) te dekken wordt uitgegaan van een teeltareaal van 4.800 - 11.000 ha.

Andere toepassingsmogelijkheden van hennep liggen in het gebruik van de vezels als grondstof voor bouw- en composietmaterialen, geotextiel (oeverbeschermingsmateriaal), touw en textielindustrie. Zaad is nodig als zaaizaad of kan worden gebruikt in vogelvoer, consumptie-oliën en industriële toepassingen. Teelttechniek, oogst- en verwerkingsmethodes kunnen aan grondstofeisen worden aangepast. Zo vereist de teelt voor zaaizaadproductie een vroeger afrijpend gewas met een oogstmethode overeenkomstig die van vlasteel (Franse methode) (van der Werf, 1992).

Miscanthus (*Miscanthus sinensis* cv. 'Giganteus')
Familie *Gramineae* (Grassen)

Miscanthus is een meerjarige grassoort (C4-gewas), waarvan hoge potentiële producties bericht worden (KBTL, 1991; van der Werf et al., 1993b). Het gewas is afkomstig uit Oost-Azië en vormt onder Westeuropese omstandigheden lange stengels (3-4 meter) met lange groene bladeren. De oogst (in de winterperiode) kan na het tweede jaar beginnen, en de opbrengst bereikt een maximum na het 4^e jaar.

Toepassingsmogelijkheden liggen in het gebruik van de vezels in bouwmaterialen (vezelplaten), in geotextiel of in de verwerking tot pulp voor de productie van papier of karton. Ook de omzetting in energie is onderwerp van discussie. In dit onderzoek wordt verder niet op de energietoepassing ingegaan. Het gewas wordt incidenteel in Nederland verbouwd. Pogingen worden ondernomen het areaal te vergroten tot 60-90 ha. Verder wordt *Miscanthus* op bescheiden schaal geteeld in Denemarken en Duitsland.

2.3 Verkenning

Een overzicht van de eigenschappen, mogelijkheden en knelpunten van de verschillende gewassen wordt gegeven in tabel 1.

Tabel 1. Mogelijkheden en knelpunten van vezelgewassen

Aspecten	Gewas	Vezelvlas	Heenop	Miscanthus
0. gewasontwikkeling - zaai/ planten - oogst		maart (eind februari/ begin april) juli/ begin augustus	half april september	april oktober/november tot maart/april
1. opbrengst a. opbrengsniveau (ton/ha) - potentiële productie in Nederland - totale drogestof productie - stengel drogestof productie - bastproductie - bastvezelproductie - zaadproductie - maximaal haalbare opbrengst - totale drogestof productie - stengel drogestof productie - bastproductie - bastvezelproductie - zaadproductie - praktijkeproductie (jaar/jaar variatie) - totale drogestof productie - stengel drogestof productie - bastproductie - bastvezelproductie - zaadproductie	(1)	18 16 6 (35% van stengelds) 4 (65% van basus) 0 14 12 4,2 2,7 0,5 11,5 10 (8 - 13) 3,5 (3 - 4) 2,3 0,35 (0,2 - 0,5)	(4,5,6)	gemiddelde over 10 jaar: 19,7 (34,9 ton/ha vanaf het 4e jaar) 14,5 (73% van totale ds) -- 8,6 (vezelopbrengst: 60% van stengelds) 0 17 (15-18) 12,6 -- ? 0
b. opbrengststabiliteit		gevoelig voor weersinvloeden bij oogst	gevoelig voor vocht na sluiten van het gewas	geringe opbrengst in eerste drie teeltjaren
2. kwaliteit - primaire en secundaire bastvezel, houvezel (variatie) - vezellengte (mm) - ligninegehalte (%) - cellosegehalte (%) - zaad - oliegehalte - samenstelling		600 - 1000 3 72 38 (35 - 42) > 50% limoetzuur (18,3)	20 (10-100) - 2 4 - 9 65-75 - 65-75 - 35-40 (7)	1,4 - 1,8 2,3 48 (7)
3. bemesting - hoeveelheid (kg/ha), efficiency (kg/ton ds), tijdstip van toedienen: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O		op basis van gewasonttrekking 70 ; 9 ; bij zaai en evt gedurende het groeiseizoen 40 ; 5 ; eenmalig 140 ; 18 ; eenmalig	op basis van gewasonttrekking 138 (minus bodemvoorraad) ; 12 ; eenmalig 46 ; 4 ; eenmalig 173 ; 15 ; eenmalig	op basis van gewasonttrekking ± 75 ; 6 ; eenmalig, jaarlijks ± 50 ; 1,8 ; eenmalig, jaarlijks ± 100 ; 6,3 ; eenmalig, jaarlijks (2,12)

<p>4. energieinput</p> <ul style="list-style-type: none"> - veldwerkzaamheden - inclusief bemesting 	<p>veel oogsbewerkingen</p>	<p>maaihakselen, veldtransport naar gewas ± 17 GJ/ha (8)</p>	<p>maaihakselen, persen, veldtransport droog gewas</p>
<p>5. gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden</p> <ul style="list-style-type: none"> - welke spelen een rol - ziekten - plagen - onkruiden - bestrijdingsmogelijkheden - ziekten - plagen - onkruiden 	<p>Botrytis, Phoma fijnps, aardvibioen, stengelaaije duis, echte kamille, varkensgras en zwaluwong (1) zaaiadaomsmeting vruchtwisseling, insecticiden diverse (1)</p>	<p>Botrytis, Sclerotinia onkruidonderdrinkkendewerking niet of nauwelijks (5)</p>	<p>weinig geen bekend alleen in eerste en tweede jaar</p>
<p>6a. eisen van het gewas aan de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - gevoeligheid voor nachtvorst - behoefte aan beregening - behoefte aan drainage - grondsoort (klei/zand) - bodemstructuur - bodenvruchtbaarheid - bodem pH <p>b. invloed van het gewas op de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - waardplant voor welke bodemplag of ziekte - invloed op bodemstructuur - invloed op bodenvruchtbaarheid <p>c. bouwplan</p> <ul style="list-style-type: none"> - inpasbaarheid in rotatie - zelfverdraagzaamheid - geschikte voorvrucht(en) - ongeschikte voorvrucht(en) 	<p>- 6 °C gevoelig voor wateroverlast hoge eisen (geen verticillium, niet slempgevoelig) weinig stikstof > 4,5 gunstig (bovengronds oogstproduct) dekvrucht voor langzaam groeiende grassen niet zelfverdraagzaam granen (jaiver, winterarwe, wintergerst en zomergerst) suikerbiet, aardappel (1,2)</p>	<p>-6 °C gevoelig voor wateroverlast hoge eisen (geen verticillium) stikstofrijke bodem > 5 (5) Mh ± ; Mc - ; T + ; P + R + ; S + ; V + gunstig (bovengronds oogstproduct, worteltij) (8,9) gunstig (loofstesen) makkelijk inpasbaar geen speciale eisen, aardappelen geen speciale eisen (5)</p>	<p>gevoelig gevoelig voor uitdroging in eerste jaar gevoelig voor wateroverlast niet te zware klei 5 (2,11,12) H - ; Mh - ; Mc ? ; T ± ; P (±) R - ; S - ; V - gunstig (worteltij, loofstesen) - minder gunstig (zware oogstmachines) niet inpasbaar geen speciale eisen</p>
<p>7. bedrijfsvoering</p> <ul style="list-style-type: none"> - benodigde machines - arbeidsbehoefte - arbeidsverdeling - eisen aan vakmanschap - teeltkosten 	<p>recks van M5oogsmachines (1) 18 - 38 u/ha, afh van oogsmethode (3) campagneoogst, afh van weersomstandigheden hoge kosten oogst en verwerking (1)</p>	<p>aangepaste maaihakelaar campagneoogst (6 weken) weinig hoge drogestolopbrengst mogelijk</p>	<p>aangepaste maaihakelaar, balenpers oogst in rustige tijd over langere tijd verspreid weinig hoge kosten plantgoed (11)</p>
<p>8. comparatieve voordelen Nederland</p>			

Bronnen: (1) Vreete, 1991; (2) Wander, pers. meded.; (3) PAGV, KWJN 1993-1994; (4) van der Werf, 1991a; (5) van der Werf, 1991a; (6) van der Werf, pers. meded.; (7) van der Schild, 1991; (8) Kok et al., 1993; (9) Meijer, 1993a; (10) van der Werf et al., 1993b; (11) Darwinkel et al., 1994; (12) KBTL, 1991

Verklaring van tekens:
(?): Nematoden; H: Heterodera schachtii (biotysesaaftje); Mh: Meloidogyne hapla (onroddijk wortelknobbelaaije); Mc: Meloidogyne chitwoodi (maïswortelknobbelaaije); T: Trichodorus spp.; P: Pratylenchus penetrans (wortelste-aaije)
Schimmels: R: Rhizoctonia solani; S: Sclerotinia sclerotiorum; V: Verticillium dahliae
Vermeerdering: - = geen of weinig, ± = matige, + = sterke vermeerdering; () = waarschijnlijk vermeerdering; ? = nog onduidelijk

2.3.1 Opbrengst

2.3.1.1 Produktie

- lichtinterceptie

aanvang groeiseizoen

Vlas kan, vanwege zijn weerstand tegen lichte vorst (tot - 6°C, afhankelijk van het plantstadium) en een lage minimale kiemingstemperatuur (3-4°C), in principe al vroeg in het jaar worden gezaaid (Vreeke, 1991). Hennep wordt pas vanaf half april gezaaid. Vervroegen van het zaaitijdstip (vóór half april) leidt niet tot een significant hogere opbrengst. Wel neemt bij vroeg zaaien de kans op (nacht)vorstschade toe. Aanvullend onderzoek zou meer duidelijkheid kunnen geven omtrent het optimale zaaitijdstip (Meijer et al., 1994; van der Werf et al., 1994). Als plantgoed voor *Miscanthus* worden rhizoomstukken (wortelstokken) of microplanten (opgekweekt uit weefselcultures) gebruikt. Bij gebruik van rhizomen is met name de onvolledige aanslag (meestal 70-80%) een probleem. Microplanten slaan goed aan, maar blijken zeer gevoelig voor nachtvorst in de eerste winter na uitplanten. Is het gewas eenmaal gevestigd, dan kunnen jonge scheuten als gevolg van nachtvorst bovengronds afsterven. Het gewas herstelt zich in dit geval echter snel (Darwinkel et al., 1994).

maximale lichtonderschepping en snelheid waarmee deze bereikt wordt

In vlas valt, ondanks een hoge plantdichtheid van 2000 planten/m² (Vreeke, 1991), gedurende langere tijd veel licht op het grondoppervlak. Een maximale lichtonderschepping van 80-95% wordt ongeveer 50 dagen na zaai bereikt. Dit houdt verband met de trage beginontwikkeling en de lage blad/stengelverhouding van vlas. Een hennepgewas zorgt voor een snelle bedekking van het grondoppervlak door een hoge plantdichtheid van 90 planten/m² en een vlakke bladstand (van der Werf et al., 1993a). Wanneer half april wordt gezaaid, is het gewas in de eerste helft van juni gesloten (> 95% lichtonderschepping). Sneller dan de andere gewassen heeft *Miscanthus*, wanneer het eenmaal is gevestigd, de bodem volledig bedekt in het voorjaar. Dit wordt mede mogelijk gemaakt door de voorraad aan reservestoffen in de rhizomen (van der Werf et al., 1993b). Het gewas bereikt een volledige lichtonderschepping pas in het derde of vierde jaar na inplanten (Darwinkel et al., 1994).

einde groeiseizoen

Vlas is een lange dag plant en kent een relatief kort groeiseizoen (en daarmee een lage produktie per ha). Dit is gewenst, daar het gewas voor de produktie van zaad moet kunnen afrijpen en voor de produktie van vlasvezel op het veld moet kunnen roten en drogen. Door onderzaai (van o.a. langzaam groeiende grassen voor de produktie van graszaad) of door het zaaien van een groenbemester na de teelt van het gewas is een betere benutting van het groeiseizoen mogelijk (Vreeke, 1991).

Hennep is een kortedagplant, maar kent een grote genetische variatie in kritische daglengte (van der Werf, 1991b). Afhankelijk van het teeltdoel is een betere of minder goede benutting van het groeiseizoen mogelijk. Wordt gekozen voor verwerking van de hele stengel en voor inkuilen als opslagmethode dan geven laat of niet bloeiende rassen met een lange vegetatieve groeiduur een maximale opbrengst (Meijer en de Meijer, 1990). Genetische variatie hiervoor is aanwezig en selectie op late bloei kan in korte tijd tot resultaten leiden (Hennink et al., 1993). De huidig beschikbare Hongaarse en Franse vezelrassen bloeien relatief laat onder Nederlandse omstandigheden (en kennen daardoor een relatief hoge opbrengst). Verder uitstel van de bloei levert een opbrengstverhoging van 2-2.5 ton/ha (van der Werf, 1991b; Hennink et al., 1993). Wordt gekozen voor een verwerking als bij vlas (vezel en/of zaadproductie), dan zijn vroeg bloeiende rassen in het voordeel.

De gebruikte cultivar *Miscanthus sinensis* 'Giganteus' bloeit niet onder Westeuropese omstandigheden en sterft pas aan het einde van het groeiseizoen, met het intreden van de vorst, af. Het kent daarmee een optimale benutting van het groeiseizoen. Dit wordt gezien als de hoofdoorzaak van de hoge potentiële productie van dit gewas in Nederland (Rijssenbeek, 1991; van der Werf et al., 1993b).

- lichtbenuttingsefficiëntie

De lichtbenuttingsefficiëntie van hennep is lager dan dat van een normaal C3-gewas (1.9 g/MJ PAR tegenover 2.5 g/MJ PAR) (Meijer et al., 1994). De oorzaak voor een lage lichtbenuttingsefficiëntie gedurende het groeiseizoen wordt gezocht in het verschijnsel zelfdunning : vanaf enkele weken na de gewassluiting tot bijna aan de oogst is er een sterke competitie om licht, waardoor voortdurend planten overgroeid worden en afsterven (Meijer en de Meijer, 1990). Door de vlakke bladstand dringt weinig licht onder in het gewas door, wat de gewasfotosynthese doet afnemen (Meijer et al., 1994) en een snelle veroudering van bladeren in de hand werkt (van Geel, pers. meded.). Een verdere verlaging van de efficiëntie treedt aan het einde van het groeiseizoen op. Als oorzaken hiervoor worden ligninevorming in de stengel en zaadproductie, met een hoog vet- en eiwitgehalte, genoemd (Meijer et al., 1994). In homogene gewassen met een niet te hoge plantdichtheid kan zelfdunning grotendeels worden voorkomen. Opheffen van de tweehuizigheid is hierbij een eerste vereiste. In de genenbank-collectie is veel variatie voor geslachtsfrequentie beschikbaar. Ook zijn eenhuizige rassen (uit Frankrijk) en rassen met voornamelijk vrouwelijke planten (uit Hongarije) beschikbaar (Meijer en de Meijer, 1990). De maximaal mogelijke plantdichtheid is afhankelijk van de te verwachten opbrengst : wordt een hogere opbrengst verwacht, dan is een lagere plantdichtheid gewenst. In Nederland, bij een opbrengstverwachting van 14 ton ds/ha, is een dichtheid van 90 planten/m² optimaal. Verder onderzoek voor nauwkeurigere bepaling van het optimale plantgetal is nodig (van der Werf et al., 1993a, Meijer et al., 1994).

De lichtbenuttingsefficiëntie van *Miscanthus* ligt in dezelfde orde van grootte als die van maïs (2.6 g/MJ) (van der Werf et al., 1993b). Dit ligt slechts weinig hoger dan dat van een normaal C3 gewas. Onder de relatief koude omstandighe-

den in Nederland lijkt het niet mogelijk de hogere potentiële fotosynthesecapaciteit van het C4 gewas ten volle te benutten (Meijer, 1993a).

- oogst-index

Voor alle drie de gewassen is een hoog stengelaandeel in het totale percentage drogestof van belang. In vlas en hennep streeft men daarnaast naar een hoog percentage bast. Hierin bevinden zich de meest waardevolle (lange) vezels. De bladrijckdom (en daarmee het stengelaandeel) van de gewassen kan worden beïnvloed door teeltmaatregelen als plantdichtheid en stikstofgift. Een hoge plantdichtheid en een lage stikstofgift verlagen het bladaandeel in de totale drogestofopbrengst. Veredeling op een geringere bladrijckdom kan perspectieven bieden in hennep (Meijer en de Meijer, 1990).

Ook het bastaandeel in de stengel kan worden vergroot door een verhoging van de plantdichtheid: in een dicht gewas, met een hoog aantal dunne stengels per oppervlak is het bastaandeel hoger dan in een hol gewas met minder, maar wel dikkere stengels (Meijer en de Meijer, 1990). Het bastaandeel is bovendien rasafhankelijk. In hennep lijkt een verhoging van het bastaandeel tot 40% door veredeling in relatief korte tijd (ongeveer 10 jaar) mogelijk (Hennink et al., 1993; van Soest, pers. meded.).

Afhankelijk van het oogstdoel kan ook een hoge zaadproduktie van belang zijn. Bij een nauwe plantdichtheid is de zaad opbrengst lager.

2.3.1.2 Opbrengststabiliteit

De opbrengst van zowel vlas, hennep en *Miscanthus* kan van jaar tot jaar sterk verschillen. In vlas worden deze verschillen vooral veroorzaakt tijdens het dauwrotten op het veld. Het verloop van dit proces is erg weersgevoelig (vochtvoorziening, temperatuur). Experimenten ter beïnvloeding van het rootproces op het veld werden gedaan, maar tot nu toe nog zonder veel succes (Vreeke, 1991). Weersinvloeden zijn te vermijden door enzymatisch roten (Struik, pers. meded.). Opbrengst van hennep is van jaar tot jaar sterk verschillend door het optreden van schimmelziekten in vochtige jaren. Het vermijden van zelfdunning, en daarmee het verminderen van het aantal invalspoorten voor schimmelziekten, zal kunnen leiden tot een vermindering van de vatbaarheid (van der Werf et al., 1994). Maximale opbrengst in *Miscanthus* wordt pas in het derde of vierde jaar na inplant bereikt. Ook kunnen verschillen in opbrengst samenhangen met de weersomstandigheden en met name met de vochtvoorziening (Darwinkel et al., 1994).

2.3.2 Kwaliteit

Voor industriële grondstoffen is veelal een homogene samenstelling gewenst. Andere kwaliteitsparameters zijn veelal afhankelijk van het gebruiksdoel van de grondstof:

- Voor het gebruik als grondstof in de papierindustrie kan een chemische en

morfologische structuur overeenkomstig met dat van houtsoorten van belang zijn. Miscanthus voldoet het best aan deze eisen. De kwaliteit van het gewas als grondstof voor papier, gemeten aan kenmerken als vezellengte, cellulose- en ligninegehalte, ligt tussen dat van loofhout en naaldhout in. Over het pulprenndement van Miscanthus is nog weinig bekend. Hennep kent verschillende vezelfracties: hoogwaardige bastvezel (lang, hoog cellulosegehalte en laag ligninegehalte) en laagwaardige bastvezel (kort, laag cellulosegehalte en hoog ligninegehalte). Bastvezel is wellicht het best geschikt voor speciale toepassingen (tissues, waarde- en veiligheidspapier, carbonpapier, theezakjes) (van der Schild, 1991), of voor het opwaarderen van pulp met een groot aandeel gerecycled papier. In combinatie leveren beide vezelfracties, na thermisch mechanische ontsluiting (met een rendement van 85%), een papier met een hoge scheursterkte. Kwaliteitsverbetering is in eerste instantie mogelijk door verhoging van het bastaandeel (zie ook 2.3.1). Ook verbetering van de inkuilmethode kan de kwaliteit (scheursterkte) van het eindproduct verbeteren. De bastvezel kent een grote variatie in lengte, welke nauwelijks door teeltmaatregelen te beïnvloeden lijkt (Meijer en de Meijer, 1990). De genetische variatie voor houtvezeldimensies is gering (Hennink et al., 1993). Het ligninegehalte kan mogelijk door veredeling verlaagd worden (Meijer et al., 1994). Het ligninegehalte neemt na de bloei licht toe. Ontwikkeling van laat of niet bloeiende rassen zou het ligninegehalte kunnen verlagen (Meijer en de Meijer, 1990).

- Het gebruik van agrovezels als grondstof voor bouw- en composietmaterialen wordt bepaald door de hoge treksterkte en flexibiliteit in relatie tot hun geringe dichtheid in vergelijking met keramische en synthetische vezels. De meeste toepassingen stellen weinig andere eisen aan de kwaliteit, dan welke de grondstoffen van nature bezitten. In sommige gevallen (vezelversterking van kunststoffen) moeten vezels worden geroot ter verbetering van hun kwaliteit (van der Schild, 1991).
- Het gebruik van vezels in de textielindustrie stelt veelal hoge eisen aan de kwaliteit (vezellengte, vezeldiameter, weinig verontreinigingen). Optimale vezeldimensies (lange vezels, vezeldiameter van 17-20 micron) worden in vlas bereikt met een zaaidichtheid van 2000 planten/m² (Vreeke, 1991). Roting, noodzakelijk voor de afbraak van pectine en het vrijmaken van de vezels, is ten dele bepalend voor de vezelkwaliteit.
- De produktie van zaad (vlas, hennep) neemt toe bij een ruimere plantafstand. In vlas heeft dit echte een vermindering van de vezelkwaliteit (vezellengte) tot gevolg en in hennep een verlaging van het bastaandeel van de stengel.
- Vrouwelijke bloemdelen en in mindere mate het blad van hennep bevat tetrahydrocannabinol (THC). Bestaande rassen hebben veelal een laag THC-gehalte (<0.3%). Een verdere verlaging van het gehalte is mogelijk, maar de voortgang door selectie zal gering zijn (Hennink et al., 1993).

2.3.3 Bemesting

Alle drie de gewassen behoeven slechts een geringe hoeveelheid stikstofbemesting. Een teveel aan stikstof beïnvloedt de opbrengst eerder negatief. Vlas is

bijzonder gevoelig voor stikstofbemesting: een teveel veroorzaakt legering (Vreeke, 1991). In hennep neemt de bladhoeveelheid toe bij toenemende stikstofbemesting. Miscanthus kent, als C4 gewas, een hoge stikstofefficiëntie. Het behoeft weinig stikstof, daar geen bloemen en zaden gevormd worden. De bladeren worden niet geoogst en dragen bij tot verhoging van de bodemvruchtbaarheid. De grote en veel vertakte wortelstelsels van Miscanthus en hennep verhinderen een uitspoeling van stikstof.

2.3.4 Energieinput

De totale energieinput (directe en indirecte energie) van een gewas is veelal moeilijk te bepalen. Op dit gebied bestaan dan ook slechts zeer ruwe schattingen. Afhankelijk van bijvoorbeeld de teelt- en/of oogstmethode zijn hierbij grote afwijkingen mogelijk.

Voor hennep werd de totale energieinput (inclusief bemesting) geschat op 17 GJ/ha (Procé, 1986). Dit is veel lager dan de energieinput van aardappelen en suikerbieten en vergelijkbaar met de energieinput van granen. De energieinput van vlas en Miscanthus bevindt zich waarschijnlijk is dezelfde orde van grootte. Een grote energieinput vindt plaats bij de oogst van de gewassen. De oogst van vlas behoeft een reeks van bewerkingen (trekken, repelen, keren). Zaadbollen worden gedroogd en gedorst; stro wordt gekeerd, gedroogd op het veld, gebonden of opgerold en afgevoerd (Vreeke, 1991). Hennep, als grondstof voor de papierindustrie, wordt, na verwijdering van de toppen, vochtig geoogst (maaihakselen, 30% drogestof) (Huisman en de Maeyer, 1993a) en ingekuild (Huisman en de Maeyer, 1993b). Met name het maaihakselen is zeer energieintensief. Procé (1986) berekende een energieinput van 3.5 GJ/ha voor het hakselen van maïs. Miscanthus wordt, na velddrogen, gemaaid, gehakseld en afgevoerd.

In vlas is een verdere input van energie is nodig bij de verwerking (zwingelen). Bovendien stelt vlas hoge eisen aan het zaadbed, waardoor een extra egaliserende grondbewerking nodig kan zijn (Vreeke, 1991). Voor hennep is een hoge input aan energie nodig voor het vervoer van de grondstof naar de papierfabriek. Als norm voor het wegtransport wordt een energieinput van 3.9 MJ/(ton x km) gehanteerd (Procé, 1986). De afstand tot de fabriek moet daarom zo klein mogelijk gehouden worden (< 50 km). Voor onkruidbestrijding en gewasbescherming hoeven in hennep, evenals in Miscanthus, slechts weinig tot geen energiekosten gemaakt te worden. Bij Miscanthus leveren de hoge opbrengst en geringe dichtheid (70 kg/m³) een afvoer van 21 wagenladingen gehakseld materiaal per ha. Een verhoging van de dichtheid (tot 150 kg/m³) is mogelijk door de inzet van een balenpers en vermindert het transportvolume tot 7 wagenladingen per ha (KBTL, 1991). Plantbedbereiding is slechts eenmaal in de 10 à 15 jaar noodzakelijk. Anderzijds kan de plantbedbereiding na een teelt weer extra energie vergen.

2.3.5 Gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden.

- ziekten

De meeste ziekten in vlas worden effectief bestreden door zaaizaadontsmetting en worden vermeden door een ruime vruchtwisseling (Vreeke, 1991). Hennep is gevoelig voor *Botrytis* en *Sclerotinia*, vooral in natte jaren. Een effectieve onderdrukking van *Botrytis* is mogelijk met een groot aantal preventieve bespuitingen, maar economisch en milieutechnisch niet verantwoord. Minder bespuitingen (een of twee maal) geven geen significante verhoging van de stengelopbrengst en lijken dus weinig zinvol. Bovendien stuit chemische bestrijding na juli op praktische problemen vanwege de hoogte van het gewas. Vermindering van aantasting lijkt mogelijk wanneer zelfdunning kan worden voorkomen. Hiervoor moeten hoge plantdichtheden worden vermeden (van der Werf et al., 1993a). Onder natuurlijke infectiedruk zijn grote verschillen in aantasting tussen genotypen geconstateerd, wat variatie in gevoeligheid suggereert (Meijer en de Meijer, 1990). Verschillen kunnen echter ook ontstaan zijn door in gewasstructuur. Door de grote genotype x jaar interactie is selectieonderzoek voor *Botrytis* resistentie moeilijk. Verder onderzoek naar *Botrytis* resistentie en een optimale gewasstructuur is wenselijk (van der Werf et al., 1993a; Hennink et al., 1993). In *Miscanthus* werden tot nu toe nog weinig ziekten waargenomen (Darwinkel et al., 1994). In de toekomst is een toename te verwachten, zeker in het geval van een grootschalige teelt. In Denemarken vormen *Alternaria* en *Rhizoctonia* een probleem, in Schotland is roest geconstateerd. Ook tegen ziekten aan overwinterende plantedelen kunnen beschermingsmaatregelen nodig worden (KBTL, 1991). Daar het om een vegetatief vermeerderd gewas gaat zal zorg gedragen moeten worden voor virusvrij uitgangsmateriaal.

- plagen

Vlas is gevoelig voor aardvlooiën en thrips (Vreeke, 1991). Vlas en hennep zijn gevoelig voor het noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla*). Deze aaltjessoort komt voornamelijk voor op lichte gronden en in de Veenkoloniën, en is daarom voor vlas, wat vooral op klei wordt geteeld, niet relevant. Voor hennep werden klonen met een vrijwel volledige resistentie geselecteerd. Het overbrengen van deze resistentie naar bestaande en nieuwe rassen is goed mogelijk, maar zal nog enkele jaren vergen (Hennink et al., 1993).

- onkruiden

Onkruiden vormen een probleem in vlas. Het gewas heeft een minder goede onkruidonderdrukkende werking waardoor een gerichte onkruidbestrijding noodzakelijk is. De kwaliteit van vlas (treksterkte, kleuraanname bij verven) wordt bovendien door onkruiden negatief beïnvloed. Hennep en *Miscanthus* hebben, gezien hun snelle grondbedekking en hoge lichtonderschepping, een zeer goede onkruidonderdrukkende werking. De gevoeligheid van hennep voor herbiciden is niet bekend (van der Werf et al., 1993a). In *Miscanthus* is chemische (met diverse middelen) en mechanische onkruidbestrijding in de eerste twee teeltjaren mogelijk (KBTL, 1991).

2.3.6 Inpasbaarheid in het bouwplan

- eisen van het gewas aan de teeltomstandigheden

Alle drie de gewassen zijn gevoelig voor wateroverlast. In een goed gedraineerde grond is vroeger zaaien van vlas mogelijk en wordt in *Miscanthus* de kans op afsterven van knoppen aan de rhizomen, door verstikking of bodempathogenen, verminderd. Daarnaast is een goede vochtvoorziening in de besproken gewassen van belang. Droogte kan de lengtegroei, en daarmee de kwaliteit, van vlas beïnvloeden. De relatief hoge biomassa-productie van hennep en *Miscanthus* maken een goede vochtvoorziening noodzakelijk.

Vlas en hennep stellen hoge eisen aan de bodemstructuur: onregelmatigheden (verdichtingen) hebben een directe invloed op de gewasstructuur en opbrengst (van der Werf et al., 1993a). *Miscanthus* is, vooral in het jaar van vestiging, gevoelig voor vorst. Het kan het best in een gebied vrij van vroege vorst in de herfst en late vorst in het voorjaar geteeld worden.

Ten aanzien van de grondsoort worden weinig eisen gesteld. Slempgevoelige grond is niet geschikt voor de teelt van vlas (Vreeke, 1991). In *Miscanthus* geeft een humusrijke grond de hoogste opbrengst, maar deze kan moeilijkheden opleveren met de oogst (zware machines). Een zandige leemgrond lijkt het beste compromis (KBTL, 1991). In Nederland worden niet te zware kleigronden als goed, oostelijke en zuidelijke zandgronden als matig goed en centrale zand- en zware kleigronden als minder geschikt gekwalificeerd (Darwinkel et al., 1994).

- inpasbaarheid in de vruchtwisseling

Vlas stelt hoge eisen aan de voorvrucht, met name met betrekking tot de stikstofleverantie. Bovendien kan het gewas, met het oog op gezondheidsaspecten en opbrengst, slechts eenmaal in de 6-7 jaar op hetzelfde perceel geteeld worden (Vreeke, 1991). Vlas kent een korte veldperiode en kan worden geteeld in combinatie met een ondervrucht. Bij roten op het veld levert dit echter een verhoogd oogstrisico en is een teelt gevolgd door een groenbemester te prefereren (G. Borm, pers. meded.). Hennep is een eenjarig gewas, stelt weinig eisen aan de voorvrucht en is hierdoor goed inpasbaar in een gangbare vruchtwisseling. Bovendien is het redelijk goed zelfverdraagzaam (van der Werf, 1991a). Als meerjarig gewas is *Miscanthus* niet in een vruchtwisseling inpasbaar.

- invloed van het gewas op de teeltomstandigheden van volggewassen

Bij hennep en *Miscanthus*, en in mindere mate bij vlas, gaat het om een bovengronds oogstproduct met een gunstige invloed op de bodemstructuur (stevig en wijd vertakt wortelstelsel), de bodemvruchtbaarheid (laat organische stof in de vorm van blad na), een beschermende werking tegen wind en watererosie en een onderdrukkende werking op de onkruidpopulatie. Hennep heeft een onderdrukkend effect op de bodemschimmel *Verticillium dahliae* en het maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*) (Kok et al., 1993). *Miscanthus* heeft, als meerjarig monocotyl gewas in de huidige intensieve vruchtwisselingen met vooral dicotyle gewassen, een duidelijk gezondmakend effect op de bodem.

Zware oogstmachines in hennep en *Miscanthus* kunnen het gunstige effect op de bodemstructuur enigszins verminderen.

Opslag kan een probleem zijn na de teelt van *Miscanthus*. Aan het einde van de teelt kan het gewas echter chemisch goed worden vernietigd, waarna rhizomen worden verkleind en ondergeploegd (Darwinkel et al., 1994).

2.3.7 Inpasbaarheid in de bedrijfsvoering

- machinepark

Zaaien van vlas en hennep is met bestaande machines goed mogelijk. Het planten van *Miscanthus* kan nog verder geoptimaliseerd worden. Gewasverzorging kan problemen opleveren in verband met de hoge en dichte gewasstructuur, met name in hennep en *Miscanthus*. De oogst van vlas vereist een aantal speciale machines (zelfrijdende vlastrekmachine of trekrepelmachine, zelfrijdende vlaskeermachine of keerrepelmachine en een getrokken zwadopropers). De oogstwijze van hennep en *Miscanthus* kan worden aangepast aan het produktiedoel. Veelal is een inzet van bestaande machines (maishakselaar, balenpers) met een geringe aanpassing mogelijk. Doordat deze machines echter vooral bij loonwerkers voorhanden zijn, wordt de oogst vrij kostbaar.

- landgebruik

Vlas en hennep leveren in korte tijd oogstbaar materiaal en een eenvoudige omschakeling naar voedselgewassen is mogelijk. *Miscanthus* kan 10 tot 15 jaar op het land aanwezig blijven. In vergelijking met houtteelt is *Miscanthus* in het voordeel, daar het, na het eerste jaar, jaarlijks oogstbaar materiaal oplevert.

- beschikbaarheid van zaaizaad en pootgoed

Zaaizaad voor vlas wordt veelal in Nederland geteeld. De vermeerderingsfactor hiervoor is erg laag (1 op 8). Op korte termijn kan de beschikbaarheid van voldoende zaaigoed voor een groot areaal aan hennep problemen opleveren. Zaaigoed kan uit Frankrijk en Hongarije betrokken worden, maar op dit moment is nog weinig zaaigoed van hoogproductieve rassen beschikbaar. Een vermeerdering van rassen met een laat bloeitijdstip zal in zuidelijkere landen moeten plaatsvinden. Plantgoed van *Miscanthus* is nog erg duur. Een afname van de prijs in de toekomst is te verwachten (Rijssenbeek, 1991). Het creëren van genetische variatie, als aanvulling van de huidige twee klonen, is gewenst om een epidemie van ziekten of plagen bij een grootschalige teelt te voorkomen.

- arbeidsverdeling

Bij vlas en hennep ontstaan arbeidspieken tijdens de oogstperiode. Vezelhennep wordt in campagneoogst van het land gehaald en moet het hele jaar door beschikbaar zijn voor verwerking. Ter voorkoming van problemen t.a.v. het gebruik van de maishakselaar is een oogsttijdstip vóór of na de maïsoogst

(vanaf 15 september) het meest gunstig. De teelt van *Miscanthus* is weinig arbeidsintensief. Bovendien is een oogst over een langere tijd verspreid gedurende de winterperiode mogelijk.

- bewaring

Bij hennep is bewaring door inkuilen goed mogelijk, mits het blad tevoren door middel van toppen verwijderd wordt en bij het inkuilen een toevoegmiddel wordt gebruikt (Huisman en de Maeyer, 1993b). Inkuilen kan ten koste gaan van de kwaliteit. Dit kan grotendeels worden voorkomen wanneer de stengel direct na het openen wordt verwerkt. Voor een goede bewaring van *Miscanthus* is een laag vochtgehalte (15%) nodig.

- eisen aan vakmanschap

De teelt van vlas stelt hoge eisen aan de vakmanschap, die van *Miscanthus* stelt weinig eisen. De eisen gesteld aan hennep-teelt zijn mede afhankelijk van het produktiedoel. Zo worden weinig eisen gesteld bij het gebruik van de grondstof voor de productie van bulkpapier, meer voor die van speciale papersoorten en hoge eisen door de textielindustrie en voor de productie van zaaizaad.

- teeltkosten

In verhouding tot andere akkerbouwgewassen zijn de oogst- en verwerkingskosten van vlas relatief hoog. Deze kosten zijn sterk afhankelijk van het gevolgde oogststelsel. Bij de traditionele oogstmethode (hokken, schelven) zijn deze kosten het hoogst. De traditionele oogstmethode is arbeidsintensief, maar levert minder risico op voor zaaizaad en vezelwinning, daar het repelen en roten op het vlasserijbedrijf plaatsvindt. Om de oogst- en verwerkingskosten te verlagen is men van warmwaterroten (op het vlasserijbedrijf) op dauwroten (op het veld) overgestapt. Dit heeft een toename van de mechanisatie van de oogst tot gevolg gehad. Om de kosten te drukken vindt mechanisatie van de oogst veelal plaats in vlakken van 40 à 60 hectare die in een samenwerking met een vlasserijbedrijf werken (Vreeke, 1991).

Belangrijke kostenposten bij de teelt van hennep zijn die voor kunstmest, oogst (toppen, hakselen en transport) en opslag (inkuilen). Oogstwerkzaamheden worden door een loonwerker verricht. Een verlaging van de oogstkosten door het inzetten van eigen mechanisatie voor veldtransport is mogelijk. Verbeterde conserveringstechnieken kunnen in de toekomst mogelijk leiden tot een vermindering van de kosten van toevoegingen (Huisman en de Maeyer, 1993b). Bij de teelt van *Miscanthus* moeten in het eerste jaar hoge kosten worden gemaakt voor het plantgoed. Dit brengt bovendien aanzienlijke rentekosten met zich mee. Deze kosten kunnen aanzienlijk worden teruggebracht als de teler zelf het plantgoed opkweekt. Het klaarmaken van de rhizomen voor de inplant vergt echter veel tijd. Verdere kostenposten zijn die voor het poten van het plantgoed, het oogsten, de bewaring en het frezen na teeltbeëindiging. Deze werkzaamheden zullen al dan niet in loonwerk worden uitgevoerd (Darwinkel et al., 1994).

2.3.8 Inpasbaarheid in de Nederlandse landbouw

- klimaat

Hennep kent in Nederland een hogere opbrengst (maar mogelijk een mindere kwaliteit) in vergelijking met de traditionele teeltgebieden als Frankrijk, Italië en Hongarije door het latere bloeitijdstip en een mogelijk betere vochtvoorziening (van der Werf, 1991a). De temperatuur in Nederland ligt op de grens om benutting van de hoge lichtefficiëntie van Miscanthus (C4-gewas) mogelijk te maken (Meijer, 1993a). Gunstig is de situatie ten aanzien van de vochtvoorziening.

- toegevoegde waarde

Vlas (als grondstof voor de textielindustrie) heeft een hoge toegevoegde waarde, Miscanthus (als energiegewas of voor bulkproductie van papier) heeft slechts een lage toegevoegde waarde. De toegevoegde waarde van hennep is afhankelijk van het produktiedoel. Hoogste toegevoegde waarde heeft productie voor textielindustrie en zaai­zaad. De toegevoegde waarde zowel voor hennep als grondstof voor papierindustrie als voor het papier kan worden verhoogd door een nauwe aansluiting van teelt en verwerking (van Berlo, 1993).

- teelt­doelen

Vlas, hennep en Miscanthus kunnen voor verschillende bestemmingen worden aangewend. Naast (geo)textiel, diverse papiersoorten, bouw- en composietmaterialen werden energie en zaai­zaad­productie genoemd.

2.4 Conclusies

2.4.1 Mogelijkheden

Teeltkundig gezien lijken vezelgewassen als vlas, hennep en Miscanthus in Nederland goede mogelijkheden te hebben, daar ze voor een belangrijk deel voldoen aan de gestelde eisen:

niveau: gewas

- ▶ hoge opbrengst mogelijk (m.n. hennep en Miscanthus)
 - Een verdere verhoging van de actuele opbrengst is mogelijk door o.a:
 - verbeteren van de vestiging van het gewas (m.n. in hennep en Miscanthus)
 - optimaliseren van de gewas­struktuur
 - uitstel van de bloei (in hennep, afhankelijk van het teelt­doel)
- ▶ geringe behoefte aan stikstof en een geringe uitspoeling van stikstof en andere mineralen

- ▶ geringe energiebehoefte bij de teelt
- ▶ geringe behoefte aan pesticiden

niveau: bedrijf

- ▶ inpasbaarheid in het bouwplan
 - goed inpasbaar in de vruchtwisseling (hennep)
 - onderdrukkende (hennep) of zelfs schonende werking m.b.t. bodemgebonden ziekten en plagen (m.n. Miscanthus)
 - onkruidonderdrukkende werking (hennep, Miscanthus)
 - gunstige invloed op bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid
 - bescherming tegen wind- en watererosie (Miscanthus)
- ▶ inpasbaarheid in de bedrijfsvoering
 - redelijk tot goed inpasbaar m.b.t. arbeidsverdeling
 - inzet van bestaande machines is mogelijk

niveau: Nederlandse landbouw

- ▶ comparatieve voordelen
 - relatief gunstige klimaatomstandigheden
- ▶ gewassen zijn mogelijk voor meerdere teeltdoelen inzetbaar

2.4.2 Knelpunten, oplossingsrichtingen en onderzoeksvragen

niveau: gewas

Belangrijke knelpunten bij de teelt van (nieuwe) vezelgewassen zijn :

- ▶ geringe opbrengststabiliteit
 - veroorzaakt door:
 - gevoeligheid voor weersomstandigheden:
 - bij de vestiging van het gewas (o.a. vorstgevoeligheid van hennep (gedurende bepaalde groeistadia) en van Miscanthus (bij microplanten in het eerste jaar van de teelt en bij het uitlopen in het voorjaar))
 - gedurende het groeiseizoen (o.a. gevoeligheid voor vochtoverlast (m.n. in hennep) of vochttekort (m.n. in vlas))
 - bij de oogst (m.n. bij het roten van vlas)
 - bij overwinteren (Miscanthus)
 - een ongunstige gewasstructuur, welke het optreden van schimmelziekten in de hand werkt (m.n. in hennep)
- ▶ geringe kwaliteit
 - genoemd worden:
 - laag gehalte aan winbare vezels
 - grote variatie aan vezellengten (in hennep)
- ▶ hoge energieinput bij oogst en transport
 - genoemd worden:
 - energiebehoefte van maaihakselen (hennep, Miscanthus)

- energiebehoefte bij transport vanwege het grote volume (hennep, Miscanthus) en het hoge gewicht (hennep) van het oogstproduct
- ▶ gevoeligheid voor enkele ziekten, plagen en onkruiden genoemd worden:
 - ziekten als *Phoma* (vlas), *Fusarium* (vlas), *Botrytis* (hennep), *Sclerotinia* (hennep), *Alternaria* (Miscanthus).
 - plagen als aardvlooiën, thrips (vlas) en in geringe mate het noordelijk wortelknobbelaaltje (m.n. in hennep)
 - onkruiden (m.n. in vlas)

Voor bereiken van een verdere verhoging van de opbrengst en het helpen oplossen van knelpunten bij de teelt kunnen de volgende oplossingsrichtingen worden genoemd:

- teelttechniek gericht op:
 - verbeteren van de vestiging
 - optimaliseren van de gewasstructuur
 - verhogen van de vezelopbrengst
- veredeling gericht op
 - verminderen van de vorstgevoeligheid (Miscanthus, hennep)
 - uniforme gewasstructuur
 - uitstel van de bloei (in hennep, afhankelijk van het teeltdoel)
 - verhogen van de vezelopbrengst
 - verlagen van het THC-gehalte (hennep)
 - verminderen van de ziektegevoeligheid
- oogst- en bewaringstechniek gericht op
 - verminderen van de weersgevoeligheid (m.n. in vlas)
 - verbeteren van de kwaliteit van het oogstproduct
 - verlagen van het transportvolume en -gewicht (m.n. in Miscanthus en in hennep afhankelijk van het teeltdoel)
- gewasbescherming gericht op
 - bestrijdingsmogelijkheden van schimmelziekten
 - virusvrij uitgangsmateriaal (Miscanthus)

Onderzoeksvragen hierbij kunnen zijn:

- teelttechniek
 - invloed van teeltgebied, grondsoort, zaaitijdstip, plantdichtheid, bemesting en vochtvoorziening op gewasstructuur (dichtheid en bladhoeveelheid) en vezelopbrengst
 - optreden van een raseffect m.b.t. zelfdunning (hennep)
 - invloed van bodemomstandigheden (m.n. vochtgehalte en optreden van vorst in het voorjaar), plantgoedsoort en -kwaliteit op de vestiging van het gewas (Miscanthus)
- veredeling
 - verbeteren koudetolerantie (Miscanthus, hennep)
 - ontwikkelen van rassen met zoveel mogelijk eenhuizige planten of rassen met (bijna) alleen vrouwelijke planten of eventueel van hybride rassen

- indien mannelijke steriliteit gevonden wordt (hennep)
 - selectie op latere bloeidatum (hennep)
 - selectie op verhoging van het bastvezelgehalte (richting 40%), een geringere variatie in vezellengte en verlaging van het THC-gehalte (<0.1%) (hennep)
 - selectie voor *Botrytis*resistentie (hennep)
 - overbrengen van resistentie tegen het noordelijk wortelknobbelaaltje van bestaande naar nieuwe rassen (hennep, vlas)
- oogst- en bewaringstechniek
 - invloed van oogsttijdstip, oogstmethode, vochtigheidsgehalte, bewaringsmethode op vezelopbrengst en -kwaliteit
 - verbeteren roting (rootmethoden, beïnvloeding rootproces) van vlas
 - mogelijkheden voor het op stam roten (inzet van chemicaliën, bevochtigen en bewerken met een enzympreparaat) (hennep, vlas)
 - verbeteren van de inkuilmethode (hennep)
 - mogelijkheden tot verdichten van het geogoste produkt
 - ontwikkelen van drogings- en bewaringsmethoden (*Miscanthus*)
- gewasbescherming
 - invloed van gewasbeschermingsmiddelen en -methoden (b.v. zaaizaadontsmetting) op het optreden van ziekten en plagen
 - voorkomen van virusoverdracht in plantgoed (*Miscanthus*)
- interacties
 - invloed van de gewasstructuur op het optreden van ziekten

niveau: bedrijf

Knelpunten ten aanzien van de inpasbaarheid van de teelt van (nieuwe) vezelgewassen op het akkerbouwbedrijf kunnen zijn:

- ▶ inpasbaarheid in het bouwplan
 - meerjarig gewas (*Miscanthus*)
 - vermeederen van schimmelziekten als *Botrytis* en *Sclerotinia* en van verschillende bodempathogenen (o.a. noordelijk wortelknobbelaaltje) (hennep, vlas)
 - gevoeligheid voor wateroverlast en voor onregelmatigheden in de bodemstructuur
- ▶ inpasbaarheid in de bedrijfsvoering
 - ontstaan van arbeidspieken (hennep, vlas)
 - ongunstig oogsttijdstip (hennep)
 - inkuilen (hennep, *Miscanthus*)
 - beschikbaarheid van zaaizaad (m.n. op korte termijn in hennep) en pootgoed (*Miscanthus*)
- ▶ teeltkosten
 - hoge kosten voor plantgoed (*Miscanthus*)
 - hoge kosten voor oogstwerkzaamheden (in loonwerk), vervoer en bewaring

Als oplossingsrichtingen kunnen worden genoemd:

- teelttechniek gericht op
 - optimaliseren van de inpasbaarheid in het bouwplan
 - voorkomen van problemen met ziekten en plagen door vruchtwisseling
 - voorkomen van wateroverlast (drainage) en onregelmatigheden in de bodemstructuur
 - vermeerderen van zaaizaad en pootgoed
- veredeling gericht op
 - verbeteren van resistentie tegen ziekten en plagen
 - beïnvloeden van oogsttijdstip in hennep
- oogst- en bewaringstechniek gericht op
 - verminderen van ongunstig effect op de bodemstructuur bij de oogst
 - optimaliseren van verwerking op het bedrijf

Onderzoeksvragen kunnen zijn:

- teelttechniek
 - invloed van teelt op de teelt van volggewassen (met nadruk op vermeerdering van bodempathogenen, invloed op bodemstructuur en -vruchtbaarheid, zaaitijdstip)
 - invloed van voorvrucht, grondsoort, bodemstructuur, bemesting, drainage op het optreden van ziekten, plagen en onkruiden
 - mogelijkheden om pootgoedkosten voor de teler te verlagen (*Miscanthus*)
- veredeling
 - ontwikkeling van resistentie tegen *Botrytis* en het noordelijk wortelknobbelaaftje
 - selectie op latere bloeidatum (hennep)
 - vermeerderen van zaaizaad (hennep)
- oogst- en bewaringstechniek
 - minimaliseren van het aantal ritten over het veld
 - verbeteren en verlagen van de kosten van opslagtechnieken

niveau: Nederlandse landbouw

Als knelpunten zijn te noemen:

- ▶ aanpassing aan Nederlandse omstandigheden
 - huidige hennepassen (uit Hongarije en Frankrijk) zijn minder goed aangepast aan de relatief koele en vochtige omstandigheden
 - andere eisen worden gesteld t.a.v. de daglengtegevoeligheid (hennep)
 - geringe genetische variabiliteit van *Miscanthus* brengt het risico van een epidemie van ziekten of plagen met zich mee
 - bij een plotselinge uitbreiding van de teelt is de beschikbaarheid van voldoende zaaigoed van belang (afstemmen van de productie van zaaigoed met zuidelijke landen) (hennep)
- ▶ geringe toegevoegde waarde (m.n. van *Miscanthus*)
- ▶ nog gering aantal verwerkingsmogelijkheden

Als oplossingsrichtingen kunnen worden genoemd:

- aanpassing aan de Nederlandse omstandigheden
 - aanpassen aan klimaatomstandigheden (hennep)
 - creëren van genetisch variatie (Miscanthus)
 - afstemmen van de vermeerdering van zaaizaad in zuidelijkere landen (hennep)
- uitbreiden van gebruiksmogelijkheden
 - onderzoeken van gebruiksmogelijkheden met een hogere toegevoegde waarde (m.n. voor Miscanthus)
 - bepalen van toepassingsmogelijkheden van restmateriaal

3 OLIEPRODUCERENDE GEWASSEN

3.1 Inleiding

Bij de olieproducerende gewassen gaat het om een zeer heterogene groep van gewassen voor de produktie van oliehoudende zaden. Onderscheiden worden gewassen voor de produktie van vette oliën en gewassen voor de produktie van etherische oliën.

3.1.1 Vette oliën

Er bestaat toenemende belangstelling vanuit de industrie voor plantaardige technische oliën. Als redenen hiervoor worden genoemd (CGN, 1989; van Soest, 1991):

- Goede afbreekbaarheid van produkten van plantaardige herkomst. Dit is voor veel bestemmingen een voordeel (smeermiddelen, wasmiddelen, kunststoffen) en kan in de toekomst mogelijk wettelijk verplicht worden (waterwingebieden, watervoertuigen)
- Bijzondere vetzuren met specifieke eigenschappen zijn veelal slechts via een aantal energieverblindende processtappen of in het geheel niet uit petrochemische produkten te verkrijgen
- Oleochemische industrie streeft naar zuiverdere grondstoffen, zodat minder ingewikkelde processen nodig zijn en minder afvalprodukten ontstaan.
- Ontwikkeling van specifieke derivaten omvat een toenemend deel van de activiteiten in de oleochemische industrie. Een stabiele aanvoer van specifieke grondstoffen uit de directe omgeving wordt, om politieke redenen, belangrijk geacht.
- Plantaardige oliën vormen een in principe onuitputtelijke grondstoffenbron waarmee minder extra CO₂ aan de atmosfeer wordt toegevoegd.

Als belangrijkste afnemers van plantaardige oliën en vetten met bijzondere vetzuren voor specifieke produkten met een hoge toegevoegde waarde worden genoemd (Brouwer, 1991):

- oleochemie als producent van maatprodukten ('specialties') als grondstoffen voor de cosmetica-industrie en voor diverse oppervlakte-actieve stoffen (o.a. in wasmiddelen, coatings).
- smeermiddelenindustrie als producent van esteroliën als additief voor olie met speciale toepassingen (motorolie met hoge prestaties, versnellingsbakolie, olie voor vliegtuigmotoren) of met hoge milieu-eisen (tweetaktmotoren).
- verfindustrie als producent van milieuvriendelijke hoogglans- en zijdeglanslakken
- andere specialistische industrieën (o.a. cosmetica, pharmaceutica)

Traditionele producenten van plantaardige oliën in gematigde streken zijn o.a. soja, olievlas, koolzaad (raapzaad), zonnebloem. Het klimaat in Nederland is minder geschikt voor de verbouw van soja en zonnebloem in vergelijking met

bijvoorbeeld Frankrijk (Borm, 1992). Ontwikkeling van nieuwe, aangepaste, rassen zou de teelt in Nederland in de toekomst mogelijk rendabel kunnen maken (Doorgeest, 1990). Productie van plantaardige oliën vindt voornamelijk voor consumptiedoeleinden plaats (spijsolie, veevoer). Olivlas en koolzaad (raapzaad) worden (ook) voor industriële toepassingen geteeld.

Introductie van nieuwe potentiële gewassen voor industriële toepassingen in Nederland vindt plaats in het kader van twee onderzoeksprogramma's (Vegetable Oils for Innovation in Chemical Industries (VOICI) en het Nationale Oliën en vetten Programma (NOP)) (CGN, 1989). Na een eerste landbouwkundige en industriële evaluatie werden een aantal gewassen als kansrijk bestempeld. Verder onderzoek aan deze gewassen (m.b.t. domesticatie, opbrengstvorming, teelttechniek, gevoeligheid voor ziekten en plagen, oogstmechanisatie, oliewinning) en hun toepassing (industriële applicatie, verwerking van schroot tot veevoer) vindt op dit moment plaats (CGN, 1989; van Soest, 1991; van Soest en de Bie, 1991; van Soest en den Nijs, 1992). Demonstratieprojecten, als eerste opstap tot schaalvergroting bij een toenemende industriële belangstelling, geven breder inzicht in teelt- en (nieuwe) verwerkingsmogelijkheden en economische perspectieven (van Soest, 1991).

Argumenten welke een rol hebben gespeeld bij de landbouwkundige evaluatie zijn (CGN, 1989):

- adaptatievermogen onder Nederlandse omstandigheden
 - landbouwkundig perspectief (eigenschappen als opbrengst, vastzadigheid, vatbaarheid voor ziekten en plagen, legering, wintervastheid)
- (Het betreft hier veelal slechts ten dele of niet gecultiveerde gewassen die soms nauwelijks aan de Nederlands omstandigheden zijn aangepast)
- Vanuit de industrie bestaat belangstelling voor plantaardige oliën met (Brouwer, 1991):

- hoge concentraties van één vetzuur
- zeer lange (> 20) of korte (< 14) koolstofketens
- meer functionele groepen in de vetzuurketens (een of meer dubbele bindingen, drievoudige bindingen, al of niet gecombineerd met hydroxyl- of epoxygroepen)

Nieuwe gewassen welke momenteel in het kader van genoemde onderzoeksprogramma's nader onderzocht worden zijn crambe, bekeergoudsbloem, akkermoe-rasbloem, goudsbloem, Euphorbia en koriander. Verder bestaat belangstelling voor o.a. judaspenning, *Lesquerella grandiflora* en *Osteospermum ecklonis* (van Soest en den Nijs, 1992; Limburg en van Soest, 1994).

3.1.2 Etherische oliën

Componenten van etherische (vluchtige) oliën behoren tot de secundaire plantestoffen. Verondersteld wordt dat deze groep van stoffen in de loop van de evolutie ontstaan is als afweer- of aantrekkingsmiddel of van nut is in de interactie met andere planten (Bouwmeester, 1991a).

Als perspectiefrijk gewas wordt karwij als producent van carvon genoemd. In 1990 werd een Nationaal Karwijprogramma gestart waarin de mogelijkheden voor karwij nader worden onderzocht. Op het ogenblik wordt ook dille voor dezelfde toepassingen onderzocht (van der Mheen et al., 1994).

3.2 Gewaskarakteristieken en toepassingsmogelijkheden

3.2.1 Toepassingsmogelijkheden

- *Olievlas (Linum usitatissimum)*

Lijnolie heeft een hoog gehalte aan linoleenzuur (C18:2). Het is geschikt voor de productie van linoleum en voor de verfindustrie. Bij de productie van verf op basis van lijnolie komen aanzienlijk minder schadelijke stoffen vrij dan bij het gebruik van synthetische grondstoffen (Kerckhaert, 1992). In Nederland wordt jaarlijks 15.000 ton lijnolie ingevoerd (NGC, 1993).

- *Koolzaad (Brassica napus)*

Voor industriële toepassingen is een olie met een hoog erucazuurgehalte gewenst. Toepassingsmogelijkheden voor deze olie zijn vergelijkbaar met die welke genoemd worden bij crambe (Erickson en Bassin, 1990).

- *Crambe (Crambe abyssinica)*

De olie als zodanig of afgeleiden hiervan wordt gebruikt als toevoeging in smeermiddelen, rubber en coatings (oppervlakte actieve stoffen). Verder wordt uit de olie erucazuur (C22:1) gewonnen, een belangrijke grondstof voor de oleo-chemische industrie (productie van derivaten als erucamide, een additief voor polyethyleenproductie (weekmaker, verhogen van kleur- en hittebestendigheid), beheenzuur (C22:0) in cosmetica, oppervlakte-actieve stoffen, synthetische zoetstoffen en brassicazuur (C13) voor de productie van nylons) (Erickson en Bassin, 1990; van Soest en Mastebroek, 1993). Ook nieuwe toepassingen dienen zich aan (gebruik van olie als oppervlakte actieve stof in textielindustrie, gewasbeschermingsmiddelen, geur-, reuk- en smaakstoffen, drukinkten, en nieuwe producten op basis van erucazuur of beheenzuur) (1,4).

De olie moet concurreren tegen visolie en andere plantaardige oliën als soja, koolzaad, zonnebloem, katoenzaad e.a.. Het hoge erucazuurgehalte in de olie levert echter een aantal voordelen voor de verwerking (minder raffinage, minder afval en minder "balansproblemen") (van der Meer en Murray, 1991).

Op basis van beschikbare marktgegevens en indicaties van de industrie werd geschat dat in de komende 10 jaar in Nederland 5-10.000 ha in productie genomen zou kunnen worden (van Soest en Mastebroek, 1993). In 1992 en 1993 werd in Nederland in het kader van een demonstratieproject reeds 300 ha crambe geteeld. Bij de schaalvergroting van de oliewinning van laboratoriumschaal naar fabrieksschaal, bleek voor het winnen van het erucazuur uit crambe een extra processtap nodig te zijn. Hierdoor wordt het voordeel van het hoge gehalte van erucazuur in crambe gedeeltelijk teniet gedaan (bron: CEBECO, interne mededeling)

- Bekergoudsbloem (*Dimorphotheca pluvialis*)

Als producent van dimorphecolzuur (vetzuur (C18:3) met reactieve hydroxylgroep) voor de oleochemische industrie (grondstof voor cosmetica, oppervlaktecoatings, polymeren (schuimplastics en nylons) en als additief in smeermiddelen, verven en vernissen (CGN, 1989; van Soest, 1991). Het type vetzuur is te vergelijken met hydroxyvetzuren verkregen uit castorolie, welke geïmporteerd wordt uit Brazilië, India en China (van der Meer en Murray, 1991). Nieuwe producten op basis van dimorphecolzuur zijn in ontwikkeling (van Soest en de Bie, 1991).

- Akkermoerasbloem (*Limnanthus alba*)

Als producent van diverse unieke vetzuren met lange koolstofketens waarvoor vooral belangstelling bestaat vanuit de cosmeticasector (van Soest, 1991; van Soest en den Nijs, 1992; van Soest en Mulder, 1993).

- Goudsbloem (*Calendula officinalis*)

Als producent van calendulazuur (C18:3) voor toepassingen vooral in de coatingssector (van Soest en den Nijs, 1992; van Soest en Mulder, 1993) en mogelijk in cosmeticaproducten.

- Euphorbia (*Euphorbia lagascae*)

Als producent van vernolzuur (vetzuur (C18:1) met een reactieve epoxygroep) voor de verfindustrie, smeermiddelenindustrie en oleochemische industrie (grondstof voor weekmakers en tapes) (van Soest et al., 1991). In de Verenigde Staten wordt op het moment onderzoek verricht aan een andere producent van vernolzuur: de composit Veronia (van Soest, 1991). Vernolzuur moet deels concurreren met geëpoxydeerde sojabonenolie (van Soest en de Bie, 1991).

- Koriander (*Coriandrum sativum*)

Als producent van petroselinezuur voor de cosmeticaindustrie. Koriander is een oud cultuurgewas, waarvan zowel het blad als het zaad worden gebruikt als specerij. Petroselinezuur is een isomeer van oliezuur, dat op goedkopere wijze (uit slachtvetten en visolie) verkregen worden. Het gewas is landbouwkundig goed te telen (van Dijk et al., 1993; Borm en van Dijk, 1994a), maar omdat er slechts een geringe belangstelling vanuit de industrie bestaat voor petroselinezuur uit koriander wordt het hier verder niet behandeld.

- Judaspenning (*Lunaria annua*)

Als producent van erucazuur en nervonzuur (C24:1). Vanuit de industrie bestaat belangstelling voor het unieke nervonzuur voor nieuw te ontwikkelen toepassingen (van Soest en den Nijs, 1992; van Soest en Mulder, 1993).

- Lesquerella (*Lesquerella grandiflora*)

Als producent van lesquerolzuur (vetzuur (C20:1) met een reactieve hydroxygroep) voor vergelijkbare toepassingen als voor dimorphecolzuur (van Soest en den Nijs, 1992). In de Verenigde Staten wordt Lesquerella gedomesticeerd als alternatief voor Ricinus communis olie (ricinolzuur C18:1-OH), welke vooral gebruikt wordt als smeermiddeladditief en als grondstof voor kunststoffen,

verven en vernissen en enkele farmacologische toepassingen (van Soest en de Bie, 1991; Limburg en van Soest, 1994), en waarvan prijs en aanvoer sterk kunnen fluctueren.

- *Osteospermum ecklonis*

Als alternatief voor bekeergoudsbloem voor de produktie van dimorphecolzuur (van Soest en den Nijs, 1992)

- Karwij (*Carum carvi*)

Als producent van etherische karwijolie voor de farmaceutische en cosmetische industrie (van Soest en de Bie, 1991) en als producent van carvon (Bouwmeester, 1991). Als kiemremmingsmiddel bij consumptie- of pootaardappelen is carvon een milieuvriendelijke vervanger van de middelen Profam, Chloor-IPC of van mechanische koeling. De toepassing van carvon als kiemremmer van aardappels wordt vanaf 1994-1995 commercieel (Meijer, pers. meded.).

Andere toepassingsmogelijkheden kunnen het gebruik van karwijolie als insecticide of fungicide zijn. In Zweden wordt karwijolie gebruikt voor de ontsmetting van schepen en voedselopslagplaatsen (Bouwmeester, 1991).

De vette olie van karwijzaad bevat petroselinezuur (van Soest en de Bie, 1991).

3.2 Gewaskarakteristieken

Olievlas (*Linum usitatissimum* L.):

Vlasfamilie (*Linaceae*)

Olievlas is een eenjarig gewas, welke in Nederland kort na de tweede wereldoorlog werd geteeld (Butler, 1950, Friedrichs, 1951). Het gewas wordt vroeg (eind maart / begin april) gezaaid. Het is een snel opgaand gewas met kleine witte of blauwe bloemen (zie ook: vezelvlas). Olievlas wordt, i.v.m. het afrijpen van het zaad, iets later dan vezelvlas geoogst. De oogst kan plaatsvinden door zwadmaaien en zwaddorsen, maaidorsen of van stam oogsten met een arenstripper (Kerckhaert, 1992).

Koolzaad (*Brassica napus* L.)

Familie Kruisbloemigen (*Cruciferae*)

Koolzaad (*Brassica napus*) en het verwante raapzaad (*B. campestris*) worden over de hele wereld, onder verschillende klimatologische omstandigheden, vooral voor voedseldoeleinden, geteeld (Erickson en Bassin, 1989). Zowel eenjarige als tweejarige vormen komen voor (van Soest en de Bie, 1991). In Nederland wordt vooral winterkoolzaad geteeld. Klassieke koolzaadrassen leveren olie met een hoog erucazuurgehalte. De hoogste erucazuurgehalten worden gevonden in de wintertypen. Deze bevatten rond 10 % meer erucazuur in vergelijking met de zomertypen (Jaarsma, 1989).

Winterkoolzaad wordt gezaaid van eind augustus tot half september en vormt in de herfst een bladrozet. Stengelstrekking begint vroeg in het voorjaar (maart).

De bloei (kleine gele bloemen die in een tros bij elkaar staan) begint eind april of

begin mei en duurt drie tot vijf weken. Zaad wordt gevormd in langwerpige hauwtjes (10-20 zaden per hauwtje). Het gewas wordt eind juli, begin augustus geoogst, vlak voor de hauwtjes openspringen. Geoogst wordt d.m.v. zwadmaaien en maaidorsen (Habekotté, 1988).

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex Fries)
Familie Kruisbloemigen (*Cruciferae*)

Het genencentrum van crambe ligt in het Middellandse Zeegebied. Het gewas is sinds de jaren dertig in cultuur als oliegewas in de voormalige USSR, in enkele Oost Europese landen en later ook in Zweden en de Verenigde Staten (van Soest en de Bie, 1991).

Crambe is een eenjarig gewas en wordt, wegens gevaar van uitvriezen, niet vóór april gezaaid. Omstreeks half juni begint de stengelstrekking en eind juni de bloei (witte, kleine bloemen). De plant produceert een groot aantal enkelzadige hauwtjes. De hoogte van het gewas is 100- 150 cm en de onderste vruchten zitten 50-80 cm boven de grond. Bladeren worden vlak voor de rijpheid van het gewas geel en vallen vervolgens af. Vrij snel daarna worden de hauwtjes goudgeel en geoogst worden. De zaden (met een duizendkorrelgewicht van 5-7 g) worden daarbij ingehuld in de hauwtjes geoogst m.b.v. een maaidorser (van Dijk et al., 1993).

Crambe is een niet met koolzaad kruisende soort. Hierdoor kunnen erucazuurarme koolzaadrasen naast crambe geteeld worden (van Soest, pers. meded.).

Bekergoudsbloem (*Dimorphotheca pluvialis* (L.) Mnch.)
Familie Samengesteldbloemigen (*Compositae*)

Bekergoudsbloem oorspronkelijk afkomstig uit Zuidelijk Afrika en vooral in cultuur als siergewas (van Soest en de Bie, 1991). Het is een eenjarig gewas en wordt, evenals crambe, niet vóór april gezaaid. Eind mei schiet het gewas door en de bloei begint eind juni. De bloemen bestaan feitelijk uit vele kleine bloemen, waarvan de buitenste (straalbloemen) een groot wit blad hebben en de binnenste (schijfbloemen) minder opvallend zijn. Straalbloemen en schijfbloemen vormen verschillende typen achelen (resp. ongeveugeld en geveugeld) met verschillen in gewicht en in kiemsnelheid. Het gewas wordt 40-70 cm hoog en de onderste bloemhoofden bevinden zich op 20-40 cm boven de grond. Eind juni is het begin van de zaadrijpheid en half augustus wordt geoogst m.b.v. een maaidorser. Het gewas laat gemakkelijk zijn zaden vallen en heeft een lage oogstindex (5%) (van Soest et al., 1991; van Dijk et al, 1993).

Akkermoerasbloem (*Limnanthus alba* Benth.)
Familie *Limnanthaceae*

Het gewas akkermoerasbloem wordt in het noord-westen van de Verenigde Staten op bescheiden schaal geteeld. Het gewas kent echter vele landbouwkundige problemen die slecht op te lossen blijken. In Nederland kent het gewas slechts een lage opbrengst (0.35- 0.5 ton/ha) vanwege de korte, slappe stengels, geringe groeikracht, matige vastzadigheid en slechte zaadzetting (veel

vruchtabortie) (van Soest en de Bie, 1991), droogtegevoeligheid en problemen met onkruiden (van Soest et al., 1991) en onkruidbestrijding (Borm en van Dijk, 1994a), waardoor het inmiddels als perspectiefrijk gewas is afgefallen (van Soest et al., 1993); van Soest, pers. meded.). Het gewas wordt hierna in dit rapport niet verder behandeld.

Goudsbloem (*Calendula officinalis* L.)

Familie Samengesteldbloemigen (*Compositae*)

Goudsbloem is reeds lang in cultuur als siergewas en ook wel als medicinaal gewas, maar nog niet voor de produktie van oliehoudend zaad (van Soest en de Bie, 1991).

Het is alleen te telen als zomergewas en kan eind maart worden gezaaid. Half juni begint het gewas rijkelijk te bloeien en half tot eind augustus kan worden geoogst m.b.v. een maaidorser. Het gewas wordt 55-75 cm hoog (onderste vruchten zitten op 40-45 cm) en vormt verschillende grillige vruchtvormen (larvevormig, bootvormig en haakvormig met een duizendkorrelgewicht van respectievelijk 10, 18 en 20 g) (van Dijk et al., 1993).

Euphorbia (*Euphorbia lagascae* Sprengel)

Familie *Euphorbiaceae*

Bij Euphorbia gaat het om een wilde, nog niet gedomesticeerde, soort afkomstig uit Z.O. Spanje.

Het is een eenjarig gewas en lijkt bestand tegen enige vorst (van Soest et al., 1991).

Het gewas wordt begin april gezaaid, bloeit omstreeks half juni en kan half augustus geoogst worden. Het kent een lange bloeiperiode met opspringende zaaddozen. De vrucht is een driehokkige doosvrucht met 4 mm grote zaden (duizendkorrelgewicht van 9-12 g). De hoogte van het gewas is 55-85 cm en de onderste zaaddozen zitten 25-50 cm boven de grond. Het gewas kan op verschillende manieren worden geoogst. De beste resultaten worden momenteel verkregen door maaien (zodra zaadval in de derde etage optreedt), waarna de groene plantdelen van de zaaddozen gescheiden worden, of met behulp van een z.g.n. 'viner' die ook voor het oogsten van consumptie-erwten wordt gebruikt. Oogst door maaien en drogen van het hele gewas geeft veel hogere oogstverliezen (van Dijk et al., 1993, Borm en van Dijk, 1994a).

Judaspenning (*Lunaria annua* L.)

Familie kruisbloemigen (*Cruciferae*)

Het oorsprongsgebied van judaspenning ligt in Z.O.-Europa en Italië (van Soest en de Bie, 1991). Het is een tweejarig gewas en wordt in juni/juli gezaaid. Vernalisatie in de winter moet plaatsvinden tijdens het 6-blad stadium (van Soest, pers. meded.). De plant is paars- of witbloeiende en kan tot 1 meter hoog worden. Na de bloei vormen de vliezige tussenschotten van de vruchten een decoratief geheel. Problemen met vernalisatie leiden tot lage actuele zaadopbrengsten. Er bestaat een eenjarige mutant waarmee op het ogenblik

veredeld wordt (van Soest, pers. meded.).

Lesquerella (*Lesquerella grandiflora*)
Familie kruisbloemigen (*Cruciferae*)

Het geslacht *Lesquerella* is inheems in het zuidwesten van de Verenigde Staten en noord Mexico. *Lesquerella grandiflora* heeft een overwegend rozetvormige plantarchitectuur met sterke vertakkingen. De plantlengte varieert van 10-50 cm en de bloemetjes zijn geel. Een plant bezit 30-60 bloeistengels die elk 10 - 20 hauwtjes produceren. In de bolvormige hauwtjes bevinden zich 10-26 kleine zaden (met een duizendkorrelgewicht van 0.5-3.5 gram) (van Soest en de Bie, 1991).

Karwij (*Carum carvi* L.)
Familie schermbloemigen (*Umbelliferae*)

Karwij wordt reeds twee eeuwen in Nederland verbouwd, waarbij de teelt tot nu toe vooral is gericht op het zaad en minder op de inhoudsstoffen. De teelt is van oorsprong tweejarig, waarbij karwij vaak wordt ingezaaid onder een niet te zwaar en vroegruimend gewas (de dekvrucht). Na de oogst van de dekvrucht is het van belang dat de karwij nog doorgroeit, zodat voor de winter de penwortel een voldoende formaat bereikt heeft. Dit is noodzakelijk, omdat de plant anders niet gevoelig is voor vernalisatie (bloeiinductie) gedurende de herfst en winter (van der Weele en Vader, 1985). In het voorjaar bloeit de plant en het karwijzaad kan begin juli geoogst worden. Er is tegenwoordig ook een eenjarige ras (zomerkarwij). Deze heeft echter een lagere zaadopbrengst en een lager oliegehalte (Toxopeus en Lubberts, 1994). De etherische olie (voornamelijk carvon en limoneen) kan uit de oliestriemen van de vruchtwand van het zaad worden gedestilleerd (Bouwmeester, 1991b). Karwijzaad is goed houdbaar en mede daarom is karwij een speculatief gewas (van der Weele en Vader, 1985). Tot dezelfde familie behoren vele bekende soorten die eveneens etherische oliën bevatten zoals dille, koriander, venkel, anijs, kervel, peterselie, selderij en peen. De samenstelling van de etherische olie varieert per soort (Bouwmeester, 1991a). De zaadolie van dille (*Anethum graveolens*) heeft een vergelijkbare samenstelling als die van karwij. Dille is een eenjarig gewas en wordt op het moment als alternatief voor karwij onderzocht (van der Mheen et al., 1994).

3.3 Verkenning

Een overzicht van de eigenschappen, mogelijkheden en knelpunten van de verschillende olieproducerende gewassen wordt gegeven in tabel 2.

3.3.1 Opbrengst

3.3.1.1 Produktie

- lichtinterceptie

aanvang groeiseizoen

Eenjarige gewassen (olievlas, crambe, bekergoudsbloem, goudsbloem, Euphorbia) worden zo vroeg mogelijk in het voorjaar uitgezaaid. De kieming en opkomst van het relatief kleine zaad is gevoelig voor uitwendige omstandigheden (temperatuur, vochtvoorziening, zuurstofvoorziening). Olievlas kan al vroeg gezaaid worden en is bestand tegen lichte vorst. Crambe, bekergoudsbloem en goudsbloem gelden als meer vorstgevoelig. Een te vroege zaai heeft een opbrengstreduktie tot gevolg. Verhoging van de koudetolerantie door veredeling kan de produktie verhogen (van Soest en den Nijs, 1992).

Tweejarige gewassen (koolzaad, judaspenning, karwij) hebben in het begin van het nieuwe groeiseizoen een voorsprong op nog te zaaien eenjarige gewassen. Hierdoor is meer lichtonderschepping in het oogstjaar mogelijk. Een winterteelt levert dan ook een hogere produktie. Zo is het verschil in produktie tussen zomer- en winterkoolzaad 10-30 %. Verhoging van de wintervastheid van Euphorbia en *Lesquerella grandiflora* bieden mogelijk perspectieven voor een winterteelt. De beschikbare genetische variatie hiervoor lijkt echter beperkt (van Soest et al., 1991), maar mogelijk kan een winterteelt voor de provincie Zeeland ontwikkeld worden (van Soest, pers. meded). Voor een optimale lichtbenutting in het voorafgaande jaar worden vroeg te zaaien gewassen als judaspenning (in mei) en karwij (in maart/april) onder een dekvrucht gezaaid.

maximale lichtonderschepping en snelheid waarmee dit bereikt wordt

De maximale lichtonderschepping van de beschreven gewassen vindt plaats kort na het begin van de bloei. Vroeg bloeiende gewassen hebben dan ook een maximale 'leaf area index' (LAI: hoeveelheid van bladoppervlak per eenheid van grondoppervlak) vroeg in het jaar, wanneer de beschikbare lighthoeveelheid nog niet maximaal is.

Olievlas is een traag groeiend gewas. De gewichtstoename per dag ten tijde van de grootste gewichtsvermeerdering bedraagt 150 kg/ha. Dit wordt vooral veroorzaakt door een geringe lichtonderschepping door de kleine bladeren van het gewas. De maximale lichtonderschepping, kort na het begin van de bloei in begin juni, bedraagt 88%. Het gewas heeft dan een LAI van (slechts) 2.3. Hierna neemt de lichtonderschepping weer af (van Heemst en Smid, 1989). In koolzaad wordt een maximale lichtonderschepping een LAI van ongeveer 5 bereikt (Habekotté, 1988). Door bladval bij het uitgroeien van de hauwen neemt daarna de lichtonderschepping weer af. Koolzaad kent, als tweejarig gewas, een hoge cumulatieve lichtonderschepping van ca 900 MJ/m² PAR (Meijer, 1993a). Crambe kent een lagere cumulatieve lichtonderschepping (603 MJ/m²), vooral vanwege het kortere groeiseizoen (Meijer, 1993a).

Van gewassen als bekergoudsbloem, Euphorbia en *Lesquerella* is een geringe lichtonderschepping te verwachten. Euphorbia is een gewas met een trage jeugdgroei (van Soest et al., 1987), *Lesquerella* vormt slechts weinig vegetatieve massa (van Soest en den Nijs, 1992).

Tabel 2 a. Mogelijkheden en knelpunten van olieproducerende gewassen : algemene vetzuren

Aspectten	Gewas	Olie/vias	Koolzaad	Crambe
0. gewasonwikkeling - zaai - opkomst - doorschieten - begin bloei - begin zaadrijpheid - oogst	eenjarig eind maart/ begin april eind april eind juni eind augustus/ begin september	eenjarig eind maart/ begin april eind april eind juni eind augustus/ begin september	tweejarig augustus/begin september september begin april begin mei eind juni half juli	eenjarig eerste helft april half/eind april half juni eind juni half juli begin/ half augustus
1. opbrengst: a. opbrengstniveau (ton/ha) - potentiele produktie in Nederland - zaad - olie - stro - maximaal haalbare opbrengst - zaad - olie - stro - praktijkproduktie (jaar/jaar variatie) - zaad - olie - stro	3 1,2 6 2 (1,5 - 2,9) 0,75 4 (3 - 5) matig/redelijk grote jaarsinvloeden (oogst, legeren)	(1,2) (2) (1,2) (16)	5,5 4,6 1,9 3,3 (2,5 - 3,5) 1,3 (1,0 - 1,4) groot redelijk groot compensatievermogen	4 1,4 (waarvan 0,8-0,9 erucazuur) 3,5 - 4 2,5 (2,0 - 3,0) 0,9 groot, redelijk groot compensatievermogen stabiele oogstindex
b. oogstzekerheid opbrengststabiliteit				
2. kwaliteit a. niveau - zaad - oliegehalte - verzuurgehalte - schroot - eiwitgehalte - verontreinigingen	40 % 50% linoleenzuur, 25% oliezuur, 10% linolzuur 26 % vezelgehalte 15,9 % (sicchie kwaliteit voor extiel) stabiel	(2)	41-44 % erucazuur : 45-52 % 35 % glucosinolaagehalte: 3-8 % stabiel, weinig beïnvloed door externe factoren	35 % erucazuur: 55-60 % 26 % glucosinolaagehalte: 8% stabiel
b. stabiliteit				
3. bemesting hoeveelheid (kg/ha), tijdstip van toedienen: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	(100 - bodemvoorraad), eenmalig 100-120, eenmalig 80-120, eenmalig	(1)	200-240, in herfst en voorjaarsgift 30-75, eenmalig 40-80, eenmalig	overeenkomstig granen: 110 (- N mineraal), eenmalig 45, eenmalig 120, eenmalig

<p>4. energieinput (GJ/ha)</p> <ul style="list-style-type: none"> - veldwerkzaamheden - inculster bemesting 	<p>± 8-11 ± 16-22</p>	<p>10,2 21,7</p>	<p>(6)</p>	<p>± 8-11 ± 16-22</p>
<p>5. gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden</p> <ul style="list-style-type: none"> - welke spelen een rol - ziekten - plagen - onkruiden - welke bestrijdingsmiddelen nodig, hoefveeheid 	<p>Altermaria Botrytis, Fusarium, verbruiningsziekte, roest, vliebrand aardvlooten, trips, stengelaaije, noordelijk wortelknobbelaaije duist, echte kamilie, varkensgras, zwaluwong diverse zie:</p> <p>(1,3)</p>	<p>vele, o.a. Sclerotinia vele, o.a. vogelvraat, slakken weinig gevoelig voor nematoden vele, grote concurrentiekracht gewas diverse</p>	<p>(8) (8) (8,13)</p>	<p>Sclerotinia, Botrytis, Alternaria vogelvraat, bladluizen, larve van koolvlieg biereysteallie vele, vrij grote concurrentiekracht gewas mechanisch, schoffelen, eggen chemisch: diverse middelen (niet toegelaten) (10)</p>
<p>6a. eisen van het gewas aan de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - gevoeligheid voor nachtvorst - behoefte aan beregening - behoefte aan drainage - grondsoort (klei/zand) - bodemstructuur - bodemvruchtbareid - bodem pH - geschikte voorvrucht 	<p>- 6°C gevoelig voor droogte en wateroverlast vereist goed gedraineerde grond weinig eisen hoge eisen (geen verdichtingen, niet slempgevoelig). weinig stikstof. pH > 4,5 moet onkruidvrij land opleveren, granen noordelijk wortelknobbelaaije</p>	<p>weinig gevoelig weinig gevoelig voor droogte goede drainage vereist weinig eisen weinig eisen weinig eisen weinig eisen</p>	<p>(8)</p>	<p>graan, aardappelen {8,10,12}</p>
<p>b. invloed van het gewas op de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - waardplant voor welke bodempaaig of ziekte 	<p>H + ; Mh ± ; Mc - ; P * R * ; S + ; V + gunstig</p>	<p>biereysteallie gunstig beperking nitraatuitspoeling in winter en voorjaar</p>	<p>(1) (12,23)</p>	<p>weinig gevoelig voor droogte gevoelig voor vochtoverlast</p>
<p>c. bouwplan</p> <ul style="list-style-type: none"> - inpasbaarheid in rotatie 	<p>geschikt als dekvrucht voor karwij en graszaadgewassen niet zelfverdraagzaam aardappelen, bieten, uien, koolzaad, erwit (1,2,3)</p>	<p>past het best in granenbouwplan of in bouwplan zonder bieten (op grondsoorten als zware klei)</p>	<p>(8)</p>	<p>niet met koolzaad kruisende soort</p>
<p>7. bedrijfsvoering</p> <ul style="list-style-type: none"> - benodigde machines - arbeidsbehoefte - arbeidsverdeling - eisen aan vakmanschap 	<p>aanwezig (precisiezaaimachine, maaisorser voorzien van scherpe messen) gering: 13-18 u/ha korte oogstperiode ivm weeromstandigheden</p>	<p>aanwezig (zaaimachines, zwaadmaaien, maaidorsen) gering: 15 u/ha gunstig (vroegge oogst) gering</p>	<p>(9)</p>	<p>niet zelfverdraagzaam koolzaad, mosterdzaad bieten</p>
<p>8. comparatieve voorstellen Nederland</p>	<p>verwerkende industrie : 15.000 ton/jaarlíks (12)</p>	<p>hoge enezuurgehalten bij temperatuur van 15°C (5)</p>	<p>(5)</p>	<p>mogelijk hogere produktie in vgl. met VS en Z-Europa sturing verwerkende industrie (11)</p>

Tabel 2 b. Mogelijkheden en knelpunten van olieproducerende gewassen : speciale vertzuren

Aspectten	Gewas	Bekergoudsbloem	Goudsbloem	Euphorbia
0. gewasontwikkeling				
- zaai	eenjarig begin april		eenjarig eind maart	eenjarig begin april
- opkomst	half april		half april	half april
- doorschieten	eind mei		begin juni	half juni
- begin bloei	eind juni		half juni	half juli
- begin zaairijpheid	eind juli	(10)	begin augustus	half juli
- oogst	half augustus	(10)	half/ eind augustus	half augustus
1. opbrengst				
a. opbrengsniveau (ton/ha)				
- potentiële productie in Nederland				
- zaad	2.5	(13)	3 - 3.5	3
- olie	0.5		0.6	1.2
- stro				
- maximaal haalbare opbrengst	1.5		2.5	1.8
- zaad	0.3	(10,12,14)	0.5	1.0
- olie				
- stro				
- praktijkproductie (jaar/jaar variatie)				
- zaad	0.5		1.5	1.3
- olie	0.1	(12)	0.3	0.6
- stro				
b. oogststerkte	gering		matig	gering
opbrengststabiliteit	grote jaar-jaar variatie	(16)	grote jaar-jaar variatie	gevoelig voor teit en milieuvluchten
2. kwaliteit				
a. niveau				
- zaad	20 % (18-28%)	(13,14)	14-20 %	48 % (45-52%)
- oliegehalte	dimorfiecofzour: 62% (60-65%)		calendulazour: 58 % (55-61%)	vermolzuur: 60 %
- verzuregehalte				
- schroot	21 %	(13,14)	18 %	25 %
- eiwitgehalte			zeer hoog ruwvezelgehalte	toxische stoffen in resplaat
- verontreinigingen	stabiel	(12)	stabiel	stabiel
b. stabiliteit				
3. bemesting				
hoeveelheid (kg/ha), tijdstip van toedienen:				
- N	80 kg N/ha als NPK (12/10/18) mengmeststof	(10)	100, eenmalig	100 (- bodenvoorraad), eenmalig
- P ₂ O ₅			45, eenmalig	50, eenmalig
- K ₂ O			120, eenmalig	
				(10)

<p>4. energieinput (GJ/ha)</p> <ul style="list-style-type: none"> - veldwerkzaamheden - inclusief bemesting 	<p>± 8-11 ± 16-22</p>	<p>± 8-11 ± 16-22</p>	<p>± 8-11 ± 16-22</p>
<p>5. gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden</p> <ul style="list-style-type: none"> - welke spelen een rol - ziekten - plagen - onkruiden - welke bestrijdingsmiddelen nodig, hoeveelheid 	<p>Alternaria, Botrytis, Sclerotinia, echte en valse meeldauw, Fusarium bladluizen maïs- en noordelijk wortelknobbelaalje vele, vrij grote concurrentiekrachtige gewasmechanisch (schroffelen, eggen) chemisch: diverse middelen (niet toegelaten) (10)</p>	<p>Botrytis, Sclerotinia, valse en echte meeldauw (10) vele, vrij grote concurrentiekrachtige gewasmechanisch (schroffelen) chemisch: diverse middelen (niet toegelaten) (10)</p>	<p>Botrytis, Sclerotinia maïswortelknobbelaalje vele, nauwe concurrentiekrachtige gewasmechanisch (eggen, schroffelen) chemisch: diverse middelen (niet toegelaten) (10)</p>
<p>6a. eisen van het gewas aan de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - gevoeligheid voor nachtvorst - behoefte aan beregening - behoefte aan drainage - grondsoort (klei/zand) - bodemstructuur - bodemvruchtbaarheid - bodem pH - geschikte voorvrucht <p>b. invloed van het gewas op de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - waardplant voor welke bodemplag of ziekte - invloed op bodemstructuur - invloed op bodemvruchtbaarheid <p>c. bouwplan</p> <ul style="list-style-type: none"> - inpasbaarheid in rotatie - zelfverdraagzaamheid - ongeschikte voorvrucht(en) - ongeschikte navrucht(en) 	<p>H - ; Mh + ; Mc + ; P * R * ; S (±) ; V ± (1) (12,23,24)</p> <p>kans op opslag in volgende jaren (10)</p>	<p>H - ; Mh (+) ; Mc (+) R ? ; S (±) ; V (±) (1) (12)</p> <p>kans op opslag in volgende jaren (10)</p>	<p>bestand legen enige vorst weinig gevoelig voor droogte zowel zand als kleigrond (19)</p> <p>H - ; Mh + ; Mc + ; P * R * ; S (±) ; V ± (1) (12,23,24)</p> <p>kans op opslag in volgende jaren (10)</p>
<p>7. bedrijfsvoering</p> <ul style="list-style-type: none"> - benodigde machines - arbeidsbehoefte - arbeidsverdeling - eisen aan vakmanschap 	<p>gangbare apparatuur (nokkenroedzaaimachine, pneumatische zaaimachine, maaidorser) gering</p>	<p>gangbare apparatuur (nokkenroed/pneumatische zaaimachine, maaidorser) Zaad heeft veel omhullingsmateriaal gering</p>	<p>oogst met speciale (conserventruwen)machine of aanpassende apparatuur Veel groen blad (10,12)</p>
<p>8. comparatieve voordelen Nederland</p>			

Tabel 2 c. Mogelijkheden en knelpunten van olieproducerende gewassen : etherische oliën.

Aspecien	Gewas	Karwij	
0. gewasontwikkeling - zaai - opkomst - doorschieten - begin bloei - begin zaadrijpheid - oogst		niveauring maart/april mei mei eind juni juli (18,20)	
1. opbrengst a. opbrengsniveau (ton/ha) - potentiële produktie in Nederland - zaad - olie - stro - maximaal haalbare opbrengst - zaad - olie - stro - praktijkproduktie (jaar/jaar variatie) - zaad - olie - stro		4 0.16 3 0.12 1.5 - 2 (0.5 - 3) 0.06 redelijk/maag, behoefte aan vermalisatie grote jaar-jaar variatie (21)	(20,21) (20,21) (20,21)
b. oogstezekerheid			
2. kwaliteit a. niveau - zaad - oliegehalte - vezuurgehalte - schroot - eiwitgehalte - verontreinigingen b. stabiliteit		etherische olie : 4.5 % (3.5 - 6) (β)-carvon 50-55 %, limonene 45-50 % 20 % instabiel afhankelijk van weersim/loeden en oogsttijdstip (18)	(18,21,22) (18)
3. bemesting hoeveelheid (kg/ha), tijdstip van toedienen: - N - P_2O_5 - K_2O		160, in herfst, voorjaar en bij begin bloei 95 80	(20,21)

<p>4. energienut (GJ/ha)</p> <ul style="list-style-type: none"> - veldwerkzaamheden - inclusief bemesting 		
<p>5. gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden</p> <ul style="list-style-type: none"> - welke spelen een rol - ziekten - plagen - onkruiden - welke bestrijdingsmiddelen nodig, hoeveelheid 	<p>± 8-11 ± 16-22</p> <p>Sclerotinia, verbruiningsziekte karwijmot, wollige karwijmot, wortelknobbelaaltjes, vrijlevende aaltjes, wortelsteenaaltjes (18,20) vete, in voorjaar moeilijk te bestrijden (18) diverse zie (20)</p>	
<p>6a. eisen van het gewas aan de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - gevoeligheid voor nachtvorst - behoefte aan beregening - grondsoort (klei/zand) - bodemstructuur - bodemvruchtbaarheid - bodem pH - voorvrucht <p>b. invloed van het gewas op de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - waardplant voor welke bodemplag of ziekte - invloed op bodemstructuur - invloed op bodemvruchtbaarheid <p>c. bouwplan</p> <ul style="list-style-type: none"> - inpasbaarheid in rotatie - zelfverdraagzaamheid - ongeschikte voorvruchten(en) - ongeschikte navruchten(en) 	<p>alleen in zeer jong stadium</p> <p>vanouds op zware klei goede profielopbouw nodig (20,21)</p> <p>H-; Mh +; Mc +; P + S +; V + (j) (18)</p> <p>gunstig (diepwortelend, grote perwortel)</p> <p>dekrucht nodig (erwten, blauwmaanzaad, vlas, spinaziezaad)</p> <p>vinderbloemigen aardappelen (18)</p>	
<p>7. bedrijfsvoering</p> <ul style="list-style-type: none"> - benodigde machines - arbeidsbehoefte - arbeidsverdeling - eisen aan vakmanschap 	<p>aanwezig (zaaimachines, zwadmaaien, maaidorzen) gering : 11 uha gunstig (vroegc oogst) (9)</p>	
<p>8. comparatieve voordelen Nederland</p>	<p>klimaat maakt betere kwaliteit mogelijk (22)</p>	

Bronnen: (1) Kerckhaert, 1992; (2) van Heemst en Smid, 1989; (3) Vreeke, 1991; (4) Habekonté, 1988; (5) Jaarsma, 1989; (6) Procé, 1986; (7) Vreeke, 1987; (8) Erickson en Bassin, 1990; (9) PAGV KWIN 1993-1994; (10) van Dijk et al., 1993; (11) van Soest en Maesbroek, 1993; (12) Borm en van Dijk, 1994a; (13) van Soest en Mulder, 1993; (14) van Soest en den Nijs, 1992; (15) NGC, 1993; (16) Borm, pers. meded.; (17) Stig et al., 1994; (18) van der Mheen et al., 1994; (19) van Soest et al., 1993; (20) van der Weele en Vader, 1985; (21) Waander, pers. meded.; (22) Bouwmeester, 1991; (23) Doorgesst, 1988; (24) Kok et al., 1993

Verklaring van tekens:
(+): Nematoden: H: Heterodera schachtii (biereysteaaltje); Mh: Meloidogyne hapla (noordelijk wortelknobbelaaltje); Mc: Meloidogyne chitwoodi (maïswortelknobbelaaltje); P: Pratylenchus penetrans (wortelsteenaaltje)
Schimmels: R: Rhizoctonia solani; S: Sclerotinia sclerotiorum; V: Verticillium dahliae

Vermeerdering: - = geen of weinig, ± = matige, + = sterke vermeerdering; () = waarschijnlijk vermeerdering; * = waardplant, geen gegevens over vermeerdering; ? = nog onduidelijk

einde groeiseizoen

Alle genoemde olieproducerende gewassen kennen een relatief vroeg einde van het groeiseizoen. Dit vergroot de kans dat de zaden onder warme en droge omstandigheden kunnen afrijpen. Het oogsttijdstip liggen tussen begin juli en eind augustus. Het vroegst geoogst wordt karwij, gevolgd door koolzaad en crambe. Daarna volgen goudsbloem, bekeergoudsbloem, Euphorbia, judaspenning en Lesquerella. Olievlas wordt later geoogst in vergelijking met vezelvlas, daar de zaden later afrijpen dan de stengel. Een verlenging van het groeiseizoen lijkt geen goede weg om tot produktieverhoging te komen, omdat de oogst van het zaad dan onder minder gunstige weersomstandigheden moet plaatsvinden (Borm en van Dijk, 1994a). Dit is een nadeel bij eenjarige carvongewassen (karwij, dille) welke pas in augustus/september afrijpen (van der Mheen et al., 1994).

- lichtbenuttingsefficiëntie

In de beschreven olieproducerende gewassen is de lichtbenuttingsefficiëntie het hoogst tot aan het einde van de bloei. Daarna neemt de totale drogestofproductie weinig meer toe. Dit wordt veroorzaakt door het omzettingsverlies van koolhydraten naar olie en eiwit in het zaad. Olie is hierdoor voor de plant 'duur' materiaal.

Olievlas (van Heemst en Smid, 1989) en koolzaad (Meijer, 1993a) hebben tot aan het einde van de bloei een relatief hoge lichtbenuttingsefficiëntie van 2.7 g/MJ PAR. De lichtbenuttingsefficiëntie van crambe ligt veel lager, namelijk bij 2.2 g/MJ PAR (Meijer, 1993b). Dit wordt toegeschreven aan de lichtonderschepping door niet produktieve of minder produktieve stengeldelen in crambe. Ook na de bloei is de lichtbenuttingsefficiëntie waarschijnlijk lager in vergelijking met die van olievlas en koolzaad. De oorzaak hiervan wordt gezocht in het relatief kleine houwoppervlak van crambe (Meijer, 1993b). Het assimilerend vermogen van de hawtjes is van belang bij de zaadvulling (Habekotté, 1988). Gewassen als bekeergoudsbloem en goudsbloem hebben waarschijnlijk tijdens de lange bloeiperiode een lage lichtbenuttingsefficiëntie. In deze bloemrijke gewassen, met bloemen bovenin het gewas, neemt de lichtbenuttingsefficiëntie af door de beschaduwing van het bladapparaat. De witte bloemen van bekeergoudsbloem kunnen veel licht reflecteren.

- oogstindex

Olievlas heeft een relatief hoge oogstindex van 35% (van Heemst en Smid, 1988). De oogstindex van koolzaad is gemiddeld 25%, maar kent een grote variatie (14-45%). Hoge zaadopbrengsten in koolzaad worden verkregen bij voldoende biomassa en een hoge oogstindex (> 33%). Om een hoge opbrengst te bereiken is het zaaitijdstip van belang: vroege zaai geeft een hoge biomassa-productie doch een lage oogstindex ; late zaai levert een lage biomassa-productie met een hoge oogstindex (Habekotté, 1988). Crambe kent een oogstindex van ca 32% (Meijer, pers. meded.).

Bekergoudsbloem heeft een zeer lage oogstindex, die bovendien zeer variabel is

(5-25%) (van Soest et al., 1991, van Dijk et al., 1993). De oogstindex van goudsbloem is relatief hoog ($\pm 45\%$) (Borm en van Dijk, 1994b). Bekergoudsbloem heeft een hoge biomassa-productie in verhouding tot de zaadproductie. De oogstindex kan worden verhoogd door selectie op minder stengelrijke typen. Voor deze eigenschap bestaat een redelijk grote genetische variatie (van Soest et al., 1991). Naast veredeling op minder stengelrijke typen is ook teeltkundig (invloed cultuurmaatregelen op oogst-index) en plantenfysiologisch onderzoek gewenst (van Soest et al., 1991). Bij karwij lijkt veel potentiële opbrengst verloren te gaan door een zeer uitbundige doorbloei van zijschermen, terwijl meestal slechts de hoofd- en eerste orde schermen met zaad worden bezet. Door veredeling zijn mogelijk planttypen met een efficiëntere productie te selecteren (van der Mheen et al., 1994).

3.3.1.2. Opbrengststabiliteit

Gewassen als olievlas, koolzaad en crambe hebben een groot compensatievermogen en gelden als oogstzeker. De oogstindex van crambe is zeer stabiel (Meijer, 1993b).

De opbrengststabiliteit van olieproducerende gewassen wordt sterk bepaald door o.a. raseigenschappen (vastzadigheid, synchronisatie van bloei en afrijping, gevoeligheid voor legeren) en weersomstandigheden (vocht, temperatuur, straling en windsnelheid). Een verbetering van de opbrengststabiliteit is mogelijk door veredeling, teeltmaatregelen of aangepaste oogstmethoden.

Een belangrijke raseigenschap welke de opbrengst en opbrengststabiliteit van olieproducerende gewassen beïnvloedt is vastzadigheid. Reeds gedomesticeerde gewassen als olievlas, koolzaad en crambe hebben voor oogstrijpheid slechts weinig zaadval meer. Nieuwe gewassen als bekergoudsbloem, goudsbloem en Euphorbia hebben een groot gebrek aan vastzadigheid. Dit probleem wordt nog vergroot door hun nog wilde eigenschappen als een langdurige bloei en afrijping. Voor bekergoudsbloem bestaat weinig genetische variatie voor vastzadigheid. Dit kan wellicht gedeeltelijk gecompenseerd worden door selectie op bloeisynchronisatie en afrijping, waarvoor wel variatie is gevonden (van Soest en den Nijs, 1992). Als mutagene inductie ter verbetering van ongelijkmatige bloei bij Euphorbia succesvol is, of deze eigenschap van elders geïntroduceerd kan worden, kan de komende jaren door middel van veredeling een goed gewas worden ontwikkeld (van Soest en den Nijs, 1992). Recent is in Spanje vastzadigheid in Euphorbia gevonden (Pascal-Villabos et al., 1993). Ter voorkoming van zaadval kunnen aangepaste oogstmethoden, als maaidorsen van stam of maaidorsen na (niet toegelaten) doodspuiten van het gewas (bekergoudsbloem, goudsbloem) en oogsten m.b.v. een conservenerwtenuogstmachine (Euphorbia) een oplossing bieden (van Dijk et al., 1993; Borm en van Dijk, 1994a). Aandacht moet echter nog besteed worden aan het bepalen van het optimale oogsttijdstip. Voor karwij bestaat een vastzadig en een loszadig ras. Loszadige karwij wordt eerder geoogst (d.m.v. zwadmaaien-dorsen) dan vastzadige (maaidorsen). Bij de toepassing van karwij voor carvon zal de nadruk komen te liggen op vastzadige rassen (van der Mheen et al., 1994).

De meeste hier beschreven olieproducerende gewassen vragen om goede

vochtvoorziening bij zaai. Daarna zijn ze, mede vanwege hun grote wortelstelsel, minder gevoelig voor droogte (olievlas, koolzaad, crambe, karwij). De droogtegevoeligheid is afhankelijk van het stadium: karwij heeft tijdens de zaadvulling voldoende vocht nodig (Wander, pers. meded.). Verder zijn de gewassen gevoelig voor een overmaat aan vocht gedurende de bloei- en afrijpingsfase. Een gewas als bekeergoudsbloem kent een heel slechte zaadzetting bij veel vocht (van Dijk, pers. meded.), karwij een slechte bevruchting (Wander, pers. meded.). De meeste gewassen zijn gevoelig voor schimmelaantastingen aan het einde van de teelt in het dichte gewas (koolzaad, crambe, Euphorbia). Niet duidelijk is of veredeling hier een oplossing kan bieden. Wel kunnen teeltmaatregelen als zaaimethode, plantdichtheid, bemesting en ziektebestrijding een invloed uitoefenen. Zo levert precisiezaai in een grondig voorbereekt zaaibed een meer uniform gewas, dat beter bestand is tegen ongunstige omstandigheden en waarin minder kans op ziekten bestaat.

In gewassen als bekeergoudsbloem en karwij en dille (schermbloemigen) wordt de zaadzetting direct (inkomende PAR) en indirect (aantal actieve insecten of windbestuiving) door het weer beïnvloed (Bouwmeester, 1991a; van Dijk, pers. meded.).

Een knelpunt in tweejarige gewassen als vooral judaspenning en karwij is vernalisatie (bloeïnductie onder invloed van lage temperaturen). Vooral judaspenning reageert erg gevoelig: de planten kunnen slechts in bloei komen na vernalisatie-behandeling van minimaal 12 weken 5°C wanneer de planten 11 weken oud zijn en minimaal 6 bladeren hebben (van Soest en de Bie, 1991). Karwij bloeit slechts wanneer de penwortel een voldoende dikke wortelhals (> 6 mm) heeft voor de winter (van der Weele en Vader, 1985). Of de plant voldoende groot wordt, wordt vooral bepaald door de hoeveelheid licht welke onder de dekvrucht valt en het oogsttijdstip van de dekvrucht (Meijer pers. meded.). De vernalisatiebehoefte van koolzaad is minder gevoelig: ook zonder koude gaan de planten uiteindelijk bloeien, zij het wel vertraagd (Habekotté, 1988).

Olievlas en Euphorbia zijn gevoelig voor legeren. In olievlas zijn in dit verband een niet te hoge zaaidichtheid en stikstofgift van belang (Friedrichs, 1951; Kerckhaert, 1992). Voor Euphorbia lijkt de vondst van een dwergplant van belang (van Soest en den Nijs, 1992). Korte planten legeren minder snel, hebben minder kans op afrijpingsziekten en zijn beter te oogsten.

3.3.2 Kwaliteit

- oliegehalte

Het oliegehalte in het zaad van olieproducerende gewassen is gewasafhankelijk en vaak rasafhankelijk en relatief onafhankelijk van omgevingsinvloeden (Erickson en Bassin, 1990; van Soest en den Nijs, 1992).

De hoge oliepercentages in olievlas, koolzaad, crambe en Euphorbia zijn gunstig voor de oliewinning. Lage oliepercentages, zoals in bekeergoudsbloem en goudsbloem kunnen problemen opleveren. Het rendement bij de oliewinning in dergelijke gewassen is vooral bij koudpersen laag (een rendement bij schroefper-

sen op kleine schaal van slechts 35%, in vergelijking met 80% voor koolzaad en crambe). Conventionele extractiemethoden, als hexaanextractie, zijn minder milieuvriendelijk is en kunnen slechts op grote schaal (1500 ton per dag) toegepast worden (van Soest et al., 1991). Nieuwe extractiemethoden, als die m.b.v. superkritische kooldioxide, zijn voorlopig nog te duur voor deze oliën (kosten worden geschat op 1 gulden per kg zaad (Meijer, pers. meded.).

Olievlas vraagt een hoge temperatuur en een sterke zoninstraling tijdens de oliesynthese (Geisler, 1988). In bekergoudsbloem bestaat een beperkte genetische variatie voor oliegehalte (14-26%). Verwacht wordt dat het oliegehalte in goudsbloem door selectie verhoogd kan worden (van Soest en den Nijs, 1992). Over de invloed van cultuurmaatregelen op het oliegehalte in nieuwe olieproducerende gewassen is nog weinig bekend. Gegevens van één jaar onderzoek m.b.t. de invloed van plantdichtheid, plantverband en stikstofbemesting op het oliegehalte in crambe, bekergoudsbloem en goudsbloem zijn beschikbaar (Borm, pers. meded.).

In karwij is het gehalte aan etherische olie vaak hoger wanneer sprake is van een lichte omgevingsstress (en dan met name een combinatie van laag nutriënten aanbod en veel licht). Dit zou samen kunnen hangen met de noodzaak voor de plant zich te beschermen tegen vraat. De etherische olieopbrengst per ha is echter het hoogst bij een optimale groei, welke mede kan worden beïnvloed door teeltmaatregelen (optimale bemestingsgift, plantdichtheid) (Bouwmeester, 1991a). De grootste winst is echter waarschijnlijk te bereiken door veredeling (van Soest en den Nijs, 1992).

- vetzuursamenstelling

Ook de vetzuursamenstelling wordt meer door rasinvloeden dan door milieuvloeden bepaald. Voor industriële verwerking zijn hoge percentages van een bepaald vetzuur gunstig. Zomerkoolzaad bevat rond 10% minder erucazuur dan de wintertypen (Jaarsma, 1989). Erucazuur komt voor in verschillende cruciferen, doch een percentage van boven de 50% zoals in crambe is zeldzaam. Het hoge aandeel aan erucazuur in de olie en de zuivere vorm hiervan maakt crambeolie aantrekkelijker voor de industrie in vergelijking met koolzaadolie. Recent is echter gebleken dat voor het winnen van het erucazuur uit crambe een extra processtap nodig is, waardoor het voordeel van het hoge gehalte gedeeltelijk teniet wordt gedaan (bron: CEBECO, interne mededeling). Daarnaast tracht men in Duitsland het erucazuurgehalte van koolzaad te verhogen door toepassing van methoden uit de biotechnologie. Inmiddels is een ras met een gehalte > 50% erucazuur beschikbaar en is het waarschijnlijk dat in de toekomst meer koolzaadrassen met hogere erucazuurgehalten zullen verschijnen (Meijer, pers. meded.). Verdere verhogen van het erucazuurgehalte is in cruciferen mogelijk tot een theoretisch maximum van 66.7%. In crambe bestaat voor het erucazuurgehalte een geringe genetische variatie (van Soest en den Nijs, 1992). Ook een verlaging van het linolzuur- en linoleenzuurgehalte is gunstig voor de industriële verwerking van crambe. Verlaging van linol- en linoleenzuur in het bladweefsel kan echter het gewas gevoeliger voor nachtvorst maken (van Soest en Mastebroek, 1993). Dimorphecolzuur in bekergoudsbloem is tot nu toe nog niet in zulke hoge percentages in andere gewassen aangetroffen (van Soest en Mulder,

1993). Vernolzuur (in Euphorbia) komt ook in een hoog percentage in Veronia soorten voor, die echter niet onder NW-Europese omstandigheden geteeld kunnen worden (van Soest en de Bie, 1991).

De vetzuursamenstelling van koolzaad en crambe kan enigszins door het klimaat worden beïnvloed. In Zuid-Europa produceren de gewassen 5-15% minder erucazuur (van Soest, pers. meded.). De samenstelling van etherische olie in karwij verandert naarmate het zaad afrijpt: het limoneengehalte neemt af en het carvongehalte neemt toe (Bouwmeester, 1991a).

- zaadomhulling en zaadmorfologie

Bij de oliewinning kunnen de zaadomhulling en de zaadmorfologie een rol spelen. Zo kunnen de zaadomhulling van crambezaad, ingehuld in hauwtjes, de verschillende vruchtvormen van bekeergoudsbloem en goudsbloem, en de doosvrucht van Euphorbia mechanische voorbereidingen voorafgaande aan de oliewinning noodzakelijk maken (CGN, 1989).

- voederkwaliteit schroot

Bij de bepaling van de voederkwaliteit van het schroot zijn factoren als eiwitgehalte, eiwitkwaliteit, gehalte aan anti-nutriële-factoren (ANF) en het ruwvezelgehalte van belang.

De zaden van bekeergoudsbloem en goudsbloem en karwij hebben de laagste eiwitgehalten (resp. 21%, 18% en 20%). Bij overige gewassen (olievlas, crambe, Euphorbia) ligt dit rond 26% (van Soest en den Nijs, 1992). Dit is duidelijk lager dan bij koolzaad (32%) en sojabonen (40%). Essentiële aminozuren als lysine en methionine komen in redelijke hoeveelheden voor in crambe, Lesquerella en Euphorbia. De percentages van deze aminozuren liggen lager dan in koolzaad, maar hoger dan in tarwe (van Soest et al., 1991).

Crambe bevat hoog gehalte aan glucosinolaten (ANF). Dit is het geval in veel kruisbloemigen (koolzaad, Lesquerella). Mutatieveredeling (m.b.v. spontane of geïnduceerde mutanten), zoals ook werd toegepast in koolzaad, kan hier een oplossing bieden. Dit kost echter zeker 5 jaar veredelingsinspanning (van Soest en Mastebroek, 1993). Als alternatieve methoden worden genoemd: versnijden van schroot met andere schrootproducten, en het wassen met oplosmiddelen of het aanwenden van een thermische behandeling ter verwijdering van ANF's. Het zou denkbaar kunnen zijn speciale markten voor ANF's te vinden en de extra kosten van de winning te dekken met de opbrengst van de ANF's (Erickson en Bassin, 1990). Hierdoor is het schroot beter vermarktbaar. De restplant van Euphorbia bevat toxische stoffen en is vermoedelijk ongeschikt voor voedingsdoeleinden (van Soest et al., 1991).

Het ruwvezelgehalte van crambe kan door onthullen van het zaad worden verminderd. Het glucosinolaatgehalte van het schroot neemt daarmee echter toe (Erickson en Bassin, 1990). De zaden van goudsbloem kennen een zeer hoog ruwvezelgehalte (Steg et al., 1994).

3.3.3 Bemesting

Olievlas heeft een geringe stikstofbehoefte. In vergelijking met vezelvlas is deze behoefte iets hoger (Geisler, 1988; Kerckhaert, 1992). De stikstofgift moet nauwkeurig worden bepaald vanwege de gevoeligheid van het gewas voor legeren (Vreeke, 1991). Koolzaad heeft een relatief hoge stikstofbehoefte. Stikstof wordt in meerdere giften over het jaar gegeven met het zwaartepunt op de voorjaarsgift (Vreeke, 1987). De hoogte van de stikstofbemesting beïnvloedt in belangrijke mate het niveau van de zaadopbrengst en het oliegehalte (Kullmann, 1989). In de herfst verminderd het op het veld staande gewas een stikstofuitspoeling. De benodigdheid aan meststoffen voor crambe is overeenkomstig aan die van granen (van Dijk et al., 1993). De bemestingsgift van bekergoudsbloem, goudsbloem en Euphorbia liggen in dezelfde orde van grootte of iets lager. Crambe en bekergoudsbloem lijken slechts in geringe mate op een stikstofgift te reageren. Verder onderzoek is echter nodig (Borm en van Dijk, 1994a). Karwij reageert gevoelig op een stikstofgift. Bij een toenemende stikstofgift neemt de zaadopbrengst toe en het etherisch oliegehalte af (Bouwmeester, 1991a). Voor een maximale carvonopbrengst moet een optimale stikstofgift worden bepaald. Voor karwij wordt een fosfaat- en kaligift overeenkomstig met die van suikerbiet geadviseerd (van der Weele en Vader, 1985).

3.3.4 Energieinput

Ongeveer de helft (53%) van de totale (directe en indirecte) energiebehoefte van akkerbouwgewassen in Nederland komt voor rekening van kunstmest. De andere helft wordt aan diverse veldwerkzaamheden toegeschreven (Procé, 1986).

In de hier beschreven gewassen worden de volgende werkzaamheden verricht, met een geschatte energiebehoefte volgens Procé (1986):

- Ploegen (in de herfst). Het energieverbruik (direct en indirect) hierbij wordt geschat op 1,1 (zand)-1,9 GJ/ha (klei).
- Zaaibedbereiding. Deze vereist vaak extra aandacht (bovenste laag (1-4 cm) los verkruimeld, daar onder goed regelmatig bezakt) daar de veelal kleine zaden bij kieming en opkomst een goede vocht- en zuurstofvoorziening vragen. Het energieverbruik hiervoor wordt geschat op 0,2 (zand)- 0,5 GJ/ha (klei). In winterkarwij worden ploegen en zaaibedbereiding aan de dekvrucht toegeschreven (Wander, pers. meded.).
- Zaaien. Geschat energieverbruik van 0.3 GJ/ha. Precisiezaai heeft hogere energiebehoefte in vergelijking met normale zaai.
- Onkruidbestrijding. Dit is, vanwege de relatief trage opkomst is in alle gewassen in meer of mindere mate nodig. Het energieverbruik van mechanische onkruidbestrijding wordt geschat op 0.4-0.8 GJ/ha (eggen) of 0.6-1.1 GJ/ha (schoffelen). Chemische onkruidbestrijding (spuiten, inclusief productie van 2 kg herbiciden werkzame stof)(in nieuwe oliehoudende gewassen niet toegestaan) vraagt per keer een energiehoeveelheid van 0.5 GJ/ha.
- Gewasverzorging. De gewassen zijn in het algemeen gevoelig voor ziekten (*Botrytis*, *Sclerotinia*, *Alternaria*) waardoor goede gewasverzorging noodza-

kelijk zal zijn. Chemische bestrijding (welke niet is toegelaten in nieuwe gewassen) vraagt een energieinput van 0.2 GJ/ha (spuiten, inclusief productie van 1 kg werkzame stof fungiciden).

- Oogstbewerkingen zijn zwadmaaien, zwaddorsen (koolzaad, karwij) of maaidorsen (crambe, bekergoudsbloem, goudsbloem). De energiebehoefte hiervoor wordt geschat op 1.5 GJ/ha (zwadmaaien 0.8 GJ/ha, zwaddorsen 0.7 GJ/ha). De oogst van Euphorbia met een conservenerwtenuoogstmachine kan een hogere energiebehoefte hebben.
- Strohakselen. De energiebehoefte is afhankelijk van de hoeveelheid stro, welke bij nieuwe gewassen, m.u.v. crambe, gering is.
- Stoppelploegen en cultivateren. De energiebehoefte van stoppelploegen wordt geschat op 0.5 (zand)-0.8 (klei), die van cultivateren op 0.6 (zand)-1.1 (klei).
- Zaadafvoer. Voor de zaadafvoer wordt een energiebehoefte van 0.08 GJ/ton per km geschat.
- Drogen, schonen en bewaren. Energiekosten voor drogen, schonen en bewaren worden geschat op 0.3 GJ/ton. Kosten voor drogen is afhankelijk van het percentage vocht bij de oogst en zullen hoger liggen voor gewassen met een onregelmatige afrijping en in het geval wanneer een deel van het gewas wordt meegeogst. Zo zullen de droogkosten voor crambe lager liggen dan die voor bijvoorbeeld Euphorbia.

De totale energiebehoefte van veldwerkzaamheden wordt op basis van voorgaande gegevens geschat op 8-11 GJ/ha. Inclusief bemesting kan de energiebehoefte oplopen tot 16-22 GJ/ha. Dit zal echter per gewas verschillend zijn. Zo is in de nieuwe olieproducerende gewassen de behoefte aan meststoffen geringer in vergelijking met traditionele akkerbouwgewassen en kan de totale energiebehoefte dan ook geringer zijn.

Globaal gezien is de energiebehoefte van de beschreven gewassen vergelijkbaar met die van granen (winter-zomer). Procé (1986) berekende voor wintertarwe een totale energiebehoefte van 19.4 GJ/ha en voor koolzaad een totale energiebehoefte van 21.7 GJ/ha. Dit is laag in vergelijking met de energiebehoefte van suikerbieten en aardappelen (resp. 23.0 en 33.6 GJ/ha).

3.3.5 Gevoeligheid voor ziekten, plagen, onkruiden.

De meeste ziekten en plagen worden gevonden in de al langer in Nederland geteelde gewassen (koolzaad, olievlas, karwij). Nieuwe gewassen kennen veelal nog minder ziekten en plagen (4,8), maar een toename lijkt te verwachten bij uitbreiding van de teelt. De inzet van chemische bestrijdingsmiddelen in nieuwe gewassen is in Nederland niet toegelaten (van Dijk et al., 1993).

- ziekten

Alle hier beschreven olieproducerende gewassen zijn gevoelig voor ziekten als *Sclerotinia*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Fusarium* en *Verticillium*. Chemische bestrijding, d.m.v. zaaizaadontsmetting (olievlas) of preventieve bespuitingen met Rovral/Ronilan (koolzaad, olievlas, crambe, bekergoudsbloem, goudsbloem, Euphorbia, karwij) is mogelijk, maar in nieuwe oliehoudende gewassen niet

toegestaan (van Dijk et al., 1993).

Naast de reeds genoemde ziekten wordt in vlas schade veroorzaakt door: dode harrel (*Assochyta linicola*), kanker (*Colletotrichum lini*), verbruiningsziekte (*Aureobasidium lini*) en vlasbrand (veroorzaakt door de bodemschimmel *Pythium megalacanthum*). Ter voorkoming hiervan worden zaaizaadontsmetting en een ruime vruchtwisseling aanbevolen. Olievlas is gevoeliger voor roest dan vezel-vlas; de gangbare vezelvlasrassen zijn vrij goed resistent tegen roest (Vreeke, 1991). Voor verbruiningsziekte (*Mycocentrospora acerina*) in karwij is geen bestrijding mogelijk. Wel is een risicoverlagend teeltsysteem in ontwikkeling (invloed van vruchtwisseling, plantdichtheid, stikstofbemesting op de aantasting) (Borm, pers. meded.). Ook resistentieonderzoek vindt plaats (van Soest en den Nijs, 1992).

- plagen

Als schade veroorzakende plagen worden genoemd: vogelvraat (koolzaad, crambe), slakken (koolzaad), bladluizen (crambe, bekergoudsbloem), larve van de koolvlieg (koolzaad, crambe), thrips (olievlas), aardvlooiën (olievlas), wollige karwijluis (karwij). Als bestrijdingsmogelijkheden worden genoemd: chemische bestrijding (Pirimor tegen bladluizen, Decis tegen larve van de koolvlieg en vlasthrips, Kilval tegen karwijluis) en vruchtwisseling (aardvlooiën, trips) (Erickson en Bassin, 1990; Vreeke, 1991; van Dijk et al, 1993; Wander pers. meded.).

Olievlas is gevoelig voor het stengelaaltje (Kerckhaert, 1992). Koolzaad vermeerderd het bietecysteaaltje (*Heterodera schachtii*), maar is zelf niet gevoelig (Habekotté, 1988). De gewassen bekergoudsbloem, goudsbloem en Euphorbia zijn niet vatbaar voor het bietecysteaaltje en ook vermeerdering vindt niet plaats (Doorgeest et al., 1988). Crambe, judaspenning en Lesquerella zijn wel vatbaar voor het bietecysteaaltje. Veredelingsonderzoek kan hier oplossingen aandragen. Crambe kent echter weinig genetische variatie voor resistentie tegen het bietecysteaaltje. Genetische variatie is wel aanwezig in judaspenning (van Soest en den Nijs, 1992). Olievlas (Vreeke, 1991), bekergoudsbloem en Euphorbia (Doorgeest et al., 1988) zijn gevoelig voor het noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla*). In bekergoudsbloem en in Euphorbia vindt een sterke vermeerdering van het maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*) plaats. Hierdoor is de teelt van deze gewassen op zandgrond niet geheel zonder risico (Borm en van Dijk, 1994a). Karwij is, evenals andere schermbloemigen, vatbaar voor wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp), vrijlevende aaltjes (als *Paratylenchus bukowinensis*) en wortellesie aaltjes (*Pratylenchus penetrans*) maar waarschijnlijk niet voor cysteaaltjes (van der Mheen et al., 1994).

- onkruiden

De meeste problemen in olieproducerende gewassen worden waarschijnlijk veroorzaakt door onkruiden. Het gaat hier immers om traag opkomende gewassen. Voor de chemische bestrijding van onkruiden is een reeks van middelen bruikbaar, maar in nieuwe gewassen veelal niet toegestaan (zie bijlage). In de meeste gewassen is mechanische onkruidbestrijding (schoffelen, eggen)

eveneens mogelijk. Schoffelen is mogelijk bij een rijafstand van 25 cm of meer. Eggen is mogelijk vanaf het 2-4 bladstadium (crambe, bekergoudsbloem, goudsbloem, Euphorbia) (van Dijk et al., 1993). Na het schieten is de concurrentiekracht ten opzichte van onkruid van gewassen als koolzaad en crambe groot, van bekergoudsbloem en goudsbloem aanzienlijk en van Euphorbia minder (Borm en van Dijk, 1994a).

3.3.6 Inpasbaarheid in het bouwplan

- algemeen

Voor een betere inpasbaarheid in de huidige bouwplannen met veel dicotyle akkerbouwgewassen is veredeling op resistentie tegen aaltjes (bietecysteaaaltje en wortelknobbelaaltjes) gewenst. Het vinden van resistent uitgangsmateriaal is moeilijk, en tevens valt te verwachten dat de veredeling op resistentie tegen deze aaltjes vele jaren vergt. Het onderzoek naar resistentie tegen bietecysteaaaltjes in bieten en koolzaad toont dit duidelijk aan (van Soest et al., 1991).

- eisen van het gewas aan de teeltomstandigheden

Alle gewassen vragen een grondig voorbereekt zaaibed. Er vindt relatief ondiepe zaai plaats (1-4 cm) en de relatief kleine zaden stellen hoge eisen aan de vochtigheidstoestand en de zuurstofvoorziening (losse grond). Ook een relatief onkruidvrij land is van belang in de zich traag vestigende en de traag groeiende gewassen (m.n. olievlas, Euphorbia). Dit maakt de gewassen minder geschikt voor zand- en dalgronden (Borm en van Dijk., 1994a).

Eenmaal gevestigd zijn de gewassen, door hun diepe beworteling, minder gevoelig voor droogte. Wel kunnen enige groeistadia, m.n. tijdens de zaadvulling, droogtegevoelig zijn. Koolzaad is vroeg, en daardoor vaak voor de grootste droogte, rijp. De droogtetolerantie van crambe is rasafhankelijk (Erickson en Bassin, 1990). Karwij stelt hoge eisen aan het vochtleverend vermogen van de grond (Wander, pers. meded.).

Wel zijn de gewassen gevoelig voor vochtoverlast, met name aan het einde van de teelt. In verband met het gevaar voor schimmelaantasting van wortels en gewas is een goed gedraineerde bodem vereist (van Dijk et al., 1993).

Koolzaad stelt weinig eisen aan vruchtbaarheidseisen van de bodem: het kan op gronden met een grote Ph range, op nutriëntarme grond geteeld worden en is tolerant voor hoge zoutgehalten (Erickson en Bassin, 1990). Karwij wordt van oudsher op zwaardere klei geteeld (van der Weele en Vader, 1985). De meeste gewassen kunnen zowel op klei- als op zandgrond geteeld worden, maar bereiken de hoogste opbrengst op kleigrond (Friedrichs, 1951; van Soest et al., 1991; van Soest en Mastebroek, 1993).

- inpasbaarheid in het bouwplan

Vermeerdering van bietecysteaaaltje (in koolzaad, crambe, judaspenning, Lesquerella) en het noordelijk wortelknobbelaaltje (olievlas, bekergoudsbloem) maakt

dat de gewassen niet bijdragen tot verruiming van een bouwplan met respectievelijk bieten en aardappels. Wanneer geen resistente rassen beschikbaar komen blijft grondontsmetting noodzakelijk. Onderzoek naar de introductie van resistentie tegen het bietecysteeltje vanuit aan koolzaad verwante soorten vindt plaats bij het CPRO.

Voor de teelt van winterkoolzaad ruimen veel voorvruchten te laat het veld (aardappelen, bieten, granen). Teelt na vroeg geoogste graangewassen is wel mogelijk, doch deze laten vaak een te droge grond na. Winterkoolzaad past het best in een granenbouwplan op grondsoorten als zware klei, waar de bietenteelt problemen of grote risico's geeft (Geisler, 1988). Crambe past niet in een bouwplan met een hoog aandeel bieten en is, als gevolg van de sterke vermeerdering van *Verticillium* ook geen gunstige voorvrucht voor aardappelen (Borm en van Dijk, 1994a). Ook is het gewas niet zelfverdraagzaam, of verdraagzaam met een aan crambe gerelateerd gewas als koolzaad of mosterdzaad (Erickson en Bassin, 1990), maar kan wel na aardappelen geteeld worden. De teelt van karwij vindt vooral plaats op zwaardere kleigronden, waar aaltjes een geringere rol spelen. In verband met de gevoeligheid van het gewas voor en de vermeerdering van *Sclerotinia* en *Verticillium* is het aan te bevelen graan als tussengewas te nemen (van der Mheen et al., 1994).

Voor de teelt van tweejarige gewassen als karwij en judaspenning is een geschikte dekvrucht noodzakelijk. De belangrijkste dekvrucht voor karwij is erwten, daarnaast vindt op geringe schaal een teelt onder blauwmaanzaad, vlas en spinaziezaad plaats. De tendens is echter dat geschikte gewassen uit het bouwplan verdwijnen (van der Mheen et al., 1994).

- invloed van het gewas op de teeltomstandigheden van volggewassen:

Na alle gewassen bestaat er, bij zaaduitval, kans op opslag in de volgende jaren. Oliehoudende zaden kunnen immers lange tijd in de bodem overleven. De kans op opslag is geringer in vorstgevoelige gewassen (bekergoudsbloem, goudsbloem). Geadviseerd wordt de zaden na de teelt te laten kiemen en een oppervlakkige grondbewerking uit te voeren (van Dijk et al., 1993). Opslagplanten kunnen chemisch goed worden bestreden in monocotylen (Borm en van Dijk, 1994a).

Gewassen als olievlas, koolzaad, crambe, karwij zijn diepwortelende gewassen met een bovengronds oogstproduct en hebben daarom een gunstige invloed op de bodemstructuur.

3.3.7 Inpasbaarheid in de bedrijfsvoering

- machinepark

Veldwerkzaamheden (zaai, gewasverzorging en oogst) kunnen veelal met het voor de graanteelt aanwezige machinepark worden uitgevoerd (nokkenradzaaimachine, pneumatische zaaimachine, schoffel, eg, maaidorser). Het maaidorsen van olievlas vereist scherpe messen om verstoppingen door de taaie vlasstengel te voorkomen. Voor de oogst van koolzaad is een zwadmaaiër vereist. Euphor-

bia kan worden geoogst met behulp van een (licht aangepaste) viner, die bij de oogst van doperwten en tuinbonen wordt gebruikt (Borm en van Dijk, 1994).

- arbeidsbehoefte

De hier beschreven gewassen hebben een geringe arbeidsbehoefte, overeenkomstig met die van granen. Het PAGV rekent voor wintertarwe 15 u/ha, voor koolzaad 15 u/ha en voor karwij slechts 11 u/ha. De geschatte arbeidsbehoefte voor olievlas (maaidorsen) is 13 u/ha. Dit is gering in vergelijking met de arbeidsbehoeften van aardappelen (33 u/ha) en suikerbieten (35 u/ha) (PAGV, KWIN 1993-94).

- arbeidsverdeling

Vroeg te oogsten gewassen (als b.v. karwij) passen goed in de arbeidsverdeling op een bedrijf, welke normaal gesproken een piek in het voor- en najaar vertoont.

- teeltkosten

Zie ook: saldoberekeningen (bijlage 2a en 2b).

De toegerekende teeltkosten en de oogstkosten van olieproducerende gewassen zijn gering in vergelijking met die van aardappelen en bieten; ze liggen ongeveer op het niveau van die van granen of iets lager.

In de toekomst is door veredeling en selectie, optimaliseren van de teelttechniek en oogstsystemen een verhoging van de opbrengst te verwachten (bij gelijkblijvende inspanning op dit gebied als nu het geval is). Voor het saldo is echter de prijs van de olie het meest bepalend. Deze prijs is op de wereldmarkt sterk schommelend. Ook moet men rekening houden met hoge kosten voor de verwerking.

In karwij is het wellicht mogelijk een deel van de verwerkingsmarge zelf te verdienen door het in eigen beheer (coöperatief) uitvoeren van de distillatie (van der Mheen et al., 1994).

3.3.8 Inpasbaarheid in de Nederlandse landbouw

- comparatieve voordelen

Een grootschalige teelt van olieproducerende gewassen is in veel landen mogelijk. Met name in Oost-Europa is ook ervaring op dit gebied. De olie kan eenvoudig in Nederland geïmporteerd worden. Nederland zou zich mogelijk kunnen onderscheiden van het buitenland door een grotere olieproductie per hectare, een efficiëntere oliewinning en een leveringszekerheid tegen een stabiele prijs. Comparatieve voordelen m.b.t. kennis, infrastructuur en klimaat kunnen hierbij mogelijk een rol spelen. Zo is een snel inspelen op ontwikkelingen in Nederland mogelijk vanwege het aanwezige vakmanschap, de kennis in het onderzoek en de voorlichting en de bereidwilligheid van de telers. Grote collec-

ties van gewassen als *Dimorphotheca*, *Calendula* en *Lunaria* zijn voorhanden. De landbouw in Nederland is relatief dicht gesitueerd bij verwerkende industrie (olieverwerking, oleochemische industrie). Jaarlijks wordt in Nederland 15.000 ton lijnolie verwerkt, wat overeen komt met een areaal van 25.000 ha (NGC, 1993). Ook heeft Nederland van oudsher een centrale positie in de handel van karwij. In Nederland is een hogere opbrengst van gewassen als koolzaad, crambe en judaspenning mogelijk in vergelijking met landen als Frankrijk, daar het gehalte aan erucazuur hoger is in landen met een lage temperatuur in het voorjaar (van Soest, pers. meded.). Voor crambe lijkt in Nederland een hogere zaadopbrengst mogelijk in vergelijking met de Verenigde Staten (van Soest en Mastebroek, 1993). Ook ten aanzien van de productie van etherische oliën is in Nederland een hogere opbrengst mogelijk in vergelijking met zuidelijkere landen (Bouwmeester, 1991a).

- teeltdoelen

Voor het gewas goudsbloem zou de teelt van bloemen met een farmaceutisch doel mogelijk kunnen worden gecombineerd met de teelt van zaad voor olieproductie. Mogelijkheden hiervoor zouden nader moeten worden bestudeerd (Borm en van Dijk, 1994a).

- alternatieve produktiewijzen

In de toekomst kan mogelijk concurrentie ontstaan door alternatieve produktiewijzen als:

- carvonproductie uit limoneen langs chemisch/synthetische weg
- erucazuurproductie uit koolzaad (concurrentie voor crambe)

3.4 Conclusies

3.4.1 Mogelijkheden

In vergelijking met traditionele gewassen zijn de volgende positieve effecten van nieuwe olieproducerende gewassen te verwachten:

niveau: gewas

► geringe behoefte aan meststoffen

De besproken olieproducerende gewassen hebben een behoefte aan meststoffen overeenkomstig met die van granen. In veel gevallen is nog niet bekend hoeveel hiervan ook daadwerkelijk wordt opgenomen en hoeveel er uitspoelt. In een gewas koolzaad vindt waarschijnlijk weinig uitspoeling plaats vanwege het diepe en wijd vertakte wortelstelsel. Dit zelfde geldt wellicht voor crambe en karwij. Bovendien vermindert een op het veld staand gewas (koolzaad, judaspenning, karwij) stikstofuitspoeling in de herfst.

- ▶ geringe energiebehoefte
 - De energiebehoefte van de hier besproken gewassen is overeenkomstig met die van granen en laag in verhouding tot de energiebehoefte van suikerbieten en aardappelen.

niveau: bedrijf

- ▶ inpasbaarheid in het bouwplan
 - gunstige invloed op bodemstructuur
- ▶ inpasbaarheid in de bedrijfsvoering
 - geringe arbeidsbehoefte en, in vroeg te oogsten gewassen, een gunstige arbeidsverdeling
 - inzet van het voor de graanteelt aanwezige machinepark is in de meeste gevallen mogelijk
- ▶ geringe teeltkosten

niveau: Nederlandse landbouw

- ▶ comparatieve voordelen
 - landbouw is dicht gesitueerd bij de verwerkende industrie
 - kennis, vakmanschap en uitgangsmateriaal is aanwezig
 - gunstige klimaatomstandigheden (erucazuur, etherische oliën)

3.4.2 Knelpunten, oplossingsrichtingen en onderzoeksvragen

niveau: gewas

Als belangrijke knelpunten van (nieuwe) olieproducerende gewassen zijn te noemen:

- ▶ geringe actuele (zaad)productie
 - voornamelijk veroorzaakt door:
 - trage bodembedekking (in alle gewassen)
 - kort groeiseizoen (m.n. in nieuwe gewassen als crambe, bekergoudsbloem, goudsbloem en Euphorbia)
 - geringe lichtbenutting door een weinig optimale gewasstructuur (m.n. in gewassen als olievlas, crambe, bekergoudsbloem en goudsbloem)
 - lage oogst-index (m.n. in gewassen als bekergoudsbloem)
- ▶ geringe opbrengststabiliteit en oogstzekerheid
 - veroorzaakt door:
 - grote variatie in bloeitijdstip en afrijping, zowel binnen de plant als tussen planten onderling) (m.n. in nieuwe gewassen als bekergoudsbloem, goudsbloem en Euphorbia)
 - geringe zaadvastheid (m.n. in nieuwe gewassen als bekergoudsbloem, goudsbloem en Euphorbia)
 - gevoeligheid voor weersinvloeden (m.n. vochtoverlast) tijdens bloei

(karwij), afrijping en oogst (in alle gewassen) m.b.t. zaadzetting, zaadvulling, afrijping en het optreden van ziekten

- behoefte aan vernalisatie (karwij, judaspenning)

► geringe kwaliteit

genoemd worden:

- geringe oliegehalte (m.n. in gewassen als bekergoudsbloem en goudsbloem)
- vetzuurgehalte
- hoog gehalte aan glucosinolaten (m.n. in kruisbloemigen als crambe, judaspenning, Lesquerella)
- aanwezigheid van zaadomhulling (crambe, Euphorbia) of een ongunstige zaadmorfologie (bekergoudsbloem, goudsbloem)

► gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden

met name voor

- schimmelziekten tijdens de bloei en afrijpingsfase, veroorzaakt door *Sclerotinia*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Fusarium* en *Verticillium*
- plagen als vogelvraat (koolzaad, crambe), slakken (koolzaad), luizen (crambe, bekergoudsbloem, karwij), koolvlieg (koolzaad, crambe), thrips (olievlas), aardvlooiën (olievlas), bietecysteaaaltje (crambe, judaspenning, Lesquerella), maïswortelknobbelaaltje (bekergoudsbloem, Euphorbia)
- diverse onkruiden in de zich traag vestigende gewassen.

Als oplossingsrichtingen kunnen worden genoemd :

- teelttechniek gericht op :

- verbeteren van de vestiging van het gewas
- verlengen van het groeiseizoen (zonder hierbij de oogstzekerheid negatief te beïnvloeden)
- verbeteren van de gewasstructuur (gericht op het verbeteren van de lichtbenuttingsefficiëntie (bv: kleinere bloemen, meer/minder groen blad) en/of op het verminderen van de ziektegevoeligheid (minder dicht gewas)).
- verbeteren van de uniformiteit van het gewas (gelijktijdige bloei)
- synchronisatie van de afrijping

- veredeling gericht op:

- bepalen van variatie en erfelijkheidsgraad van relevante landbouwkundige eigenschappen
- verbeteren van eigenschappen (als zaadopbrengst, bloeisynchronisatie, zaadvastheid, olie- en vetzuurgehalte en resistentie tegen schimmels en nematoden) door selectie of mutatieveredeling

- oogst- en verwerkingstechniek gericht op:

- verbeteren en optimaliseren van oogstmethoden
- verbeteren van (methoden voor) oliewinning
- optimale benutting van restprodukten

- gewasfysiologie gericht op:

- identificeren van opbrengstbepalende gewaskarakteristieken

Onderzoeksvragen kunnen zijn:

- teelttechniek
 - invloed van perceelskeuze, zaadbedbereiding, zaadgrootte, zaadkwaliteit, zaaitijdstip, zaaimethode, zaaidichtheid, rijenafstand, stikstofgift, (tijdstip van) beregening en groeiregulatoren (mits toegelaten) op snelheid van bodembedekking, gewasstructuur, bloei en opbrengst
- veredeling
 - selectie of mutatieveredeling op eigenschappen als zaadopbrengst, koudetolerantie, planthabitus (bladmassa, positie van de bloem), bloeisynchronisatie (binnen de plant en tussen planten onderling), zaadvastheid, oliegehalte, gehalte aan specifieke vetzuren, glucosinolaatgehalte, zaadomhulling en zaadmorfologie
 - selectie op resistentie tegen *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Alternaria*, bietecystealtje, maïs- en noordelijk wortelknobbelaaltje
- oogst-, bewarings- en verwerkingstechniek
 - invloed oogstmethoden en oogsttijdstip (zwadmaaien, maaidorsen (afstelling maaidorser), doodspuiten, totale oogst, aangepaste methoden) op opbrengst en kwaliteit
 - invloed van bewaring op olieopbrengst en kwaliteit
 - verbeteren van extractiemethoden
 - ontwikkelen van mechanische voorbereidingsmethoden
 - verbeteren van benutting van restprodukten (schroot, gewas, vezels)
- gewasbescherming
 - mogelijkheden voor gebruik van (bestaande) herbiciden en fungiciden
 - toetsen van nieuwe gewassen op gevoeligheid voor bodempathogenen
 - invloed van zaaizaadontsmetting en gewasverzorging (mechanisch en chemisch, tijdstip van toediening) op opbrengst en kwaliteit
 - mogelijkheden tot het opzetten van een waarschuwingssysteem voor het verminderen van de noodzaak tot bestrijding van bv. *Sclerotinia*
- gewasfysiologie
 - invloed van factoren als temperatuur, lichthoeveelheid, vochtvoorziening, bemesting, groeiregulatoren op gewasstructuur, oogst-index, opbrengst en kwaliteit
 - invloed houwoppervlak op korrelvulling
 - invloed van plaats in het gewas (etage) op oliegehalte en oliekwaliteit
 - ontwikkeling van oliegehalte en vetzuurgehalte in de tijd
- interacties
 - optimalisatie van opbrengst en oogstzekerheid (m.b.t. oogsten laat in het seizoen)
 - invloed van gewasstructuur op de mechanische oogstbaarheid van het gewas
 - invloed van de gewasstructuur op de mogelijkheden voor mechanische gewasbescherming (m.n. aan het begin van de teelt) en het optreden van ziekten (m.n. aan het einde van de teelt)

niveau: (akkerbouw)bedrijf

Een belangrijk knelpunt van (nieuwe) olieproducerende gewassen op bedrijfsniveau is:

- ▶ inpasbaarheid in het bouwplan
genoemd worden aspecten als:
 - gevoeligheid voor en vermeerdering van de populatie van bietecysteaaltjes (m.n. in kruisbloemigen als koolzaad, crambe, judaspenning en Lesquerella) en maïs- en noordelijke wortelknobbelaaltjes (m.n. in olievlas, beker-goudsbloem, goudsbloem), vrijlevende aaltjes (m.n. in karwij) en diverse bodemschimmels (m.n. in crambe)
 - gevoeligheid van de zich traag vestigende gewassen voor onkruiden
 - gevoeligheid van de gewassen voor bodemstructuur, vochtvoorziening tijdens de zaai (kleinzadige gewassen) en voor vochtoverlast aan het einde van de teelt
 - kans op opslag
 - teelt onder een (geschikte) dekvruucht (tweejarige gewassen karwij en judaspenning)

Oplossingsrichtingen kunnen zijn

- teelttechniek
 - optimalisatie van vruchtwisseling
 - verbeteren van bodemstructuur en vochtvoorziening
 - verwijderen van opslag
- veredeling
 - ontwikkeling van resistentie tegen bodempathogenen.
- gewasbescherming
 - bepaling van waardplantgeschiktheid t.a.v. bodempathogenen.

Onderzoeksvragen:

- teelttechniek
 - invloed van voorvrucht, grondsoort, grondbewerking, vochtvoorziening en drainage op kieming en opkomst van het gewas en het optreden van ziekten, plagen en onkruiden
 - invloed van teelt op volggewassen (met nadruk op problemen m.b.t. bodempathogenen en opslag)
 - invloed van dekvruucht op opbrengst
- veredeling
 - selectie op resistentie tegen bietecysteaaltje (*Heterodera schachtii*), maïs- en noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne* spp.), *Verticillium*, *Sclerotinia*.
- gewasbescherming
 - bepaling van de waardplantgeschiktheid van nieuwe gewassen en selecties daaruit t.a.v. bodempathogenen als *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Trichodoridae*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Verticillium*.

- interacties
 - mogelijkheden t.a.v. bestrijding van bodempathogenen in combinatie met de toediening van kalkstikstof.

niveau: Nederlandse landbouw

Bedreigingen voor de toekomst m.b.t. de teelt van olieproducerende gewassen in Nederland kunnen zijn:

- import van olie uit landen met lagere produktiekosten
- ontwikkeling van alternatieve produktiewijzen voor speciale vetzuren of etherische oliën

4. INULINEPRODUCERENDE GEWASSEN

4.1 Inleiding

Het vergroten van de mogelijkheden voor agrificatie kan zowel worden bereikt door het ontwikkelen van nieuwe toepassingen voor het industrieel gebruik van bestaande gewasproducten als door het introduceren van nieuwe gewassen. Daar er een overschot bestaat aan bestaande gewasproducten als zetmeel en saccharose uit gewassen als aardappelen, granen en suikerbieten heeft de introductie van een nieuw gewas slechts zin wanneer het een andere inhoudsstof levert, welke kan worden gebruikt om nieuwe producten mogelijk te maken die niet op de reeds bekende gebaseerd zijn. Inuline, anders dan zetmeel geen glucose- maar een fructosepolymeer, is in dit verband veelbelovend (Fuchs, 1990; Fuchs en van Bekkum, 1991). Inulinehoudende gewassen die in Nederland als akkerbouwgewas in aanmerking komen zijn aardpeer en cichorei. In de plant maakt inuline een snelle aanpassing van de osmotische waarde van het celvocht mogelijk. Dit kan een rol spelen bij resistentie tegen vorst en droogte (Edelman en Jefford, 1968).

4.2 Gewaskarakteristieken en toepassingsmogelijkheden

4.2.1 Toepassingsmogelijkheden

Inuline kent vele toepassingsmogelijkheden die echter deels die van bestaande gewasproducten overlappen. Als specifieke non-food toepassingsmogelijkheden van inuline worden o.a. het medisch gebruik in testmethoden en geneesmiddelen en, na hydrolyse en dehydratatie, 5-hydroxy-methylfurfural (HMF) als sleutelcomponent in de furanchemie genoemd (Breen, 1964; Kieboom en Kuster, 1988; Kuster, 1990). HMF kent een brede reeks van potentiële industriële toepassingsmogelijkheden als geur- en smaakstoffen, kleurstoffen, informatie dragende chemicaliën (vloeibare kristallen), farmaceutica (UV-protectie, ioncarriers, antibiotica), agrochemicaliën (bactericiden, fungiciden en pesticiden), corrosieremmers, polymeren (vezels, plastics, weekmakers, verdikkingsmiddelen, harsen, schuimen en kleefmiddelen), oppervlakte-actieve stoffen, oplosmiddelen en extractiemiddelen (Kuster, 1990). Daarnaast kan inuline dienen als substraat voor diverse microbiële fermentaties (t.b.v. productie van ethanol, 2,3-butaandiol (als brandstofadditief en als halfproduct in plastic en verfindustrie), melkzuur en barnsteenzuur), als fosfaatvervanger in wasmiddelen (na polymerisatie) en voor toepassingen van cyclo-inulinen (Kuster, 1990; Fuchs en van Bekkum, 1991). Het potentieel van inuline is wellicht even groot als dat van zetmeel. Veel mogelijkheden moeten echter nog worden uitgewerkt. Wanneer een goede en goedkope omzettingmethode van inuline naar HMF kan worden gevonden, kan inuline een interessante grondstof worden (Fuchs en van Bekkum, 1991). Vooralsnog zijn echter alle aan minerale grondstoffen gelieerde producten goedkoper dan inuline, waardoor de toepassing nog beperkt is (Meijer, pers. meded.).

Momenteel vindt inulineproductie op kleine schaal voornamelijk voor voedsel-doeleinden plaats (zoetstoffen (caloriearm mannitol), surrogaatkoffie, voedingsvezel met gunstige uitwerking op darmfunctie en cholesterolgehalte). Fructose-rijk stroop is ongeveer 1.1 - 1.5 keer zo zoet als saccharose (afhankelijk van de temperatuur en het produkt waarin het wordt toegepast) en met name geschikt voor frisdranken, ijs en bakkerijproducten (Meijer en Mathijssen, 1991).

Aardpeer en cichorei produceren inulinen met respectievelijk kortere en langere ketenlengten. Omdat korte en lange ketens verschillende fysisch-chemische eigenschappen bezitten kunnen de inulinen voor verschillende marktsegmenten worden toegepast (van Soest, pers. meded.).

4.2.2 Gewaskarakteristieken

Aardpeer (*Helianthus tuberosus*)

Familie Samengesteldbloemigen (*Compositae*)

Het oorsprongsgebied van de aardpeer ligt in Noord-Amerika. Het is een oud voedsel- en veevoedergewas en behoort tot dezelfde familie als de zonnebloem (van Soest en de Bie, 1991). Aardpeer vermeerdert zich voornamelijk door knollen. In het voorjaar lopen deze knollen uit en worden per knol één of meer stengels gevormd die afhankelijk van het ras 0.8 tot 4 meter hoog worden (Morrenhof en Bus, 1989). Aardpeer is een korte-dag tot dagneutrale plant. De vroegste rassen komen in Nederland in bloei. De eerste knollen worden begin juli aangelegd, nadat eerst een grote loofmassa is gevormd. Totdat de planten generatief worden, worden bijna alle reserves in de stengel opgeslagen. Na de bloei is de loofvorming ten einde en vindt een periode van sterke knolvulling plaats: bij vroege rassen in augustus/september en bij late rassen in september/oktober. Begin oktober zijn de vroege rassen afgestorven en oogstbaar, de late rassen zijn pas begin december afgestorven en oogstbaar (Morrenhof en Bus, 1989).

Veredeling van aardpeer vindt reeds gedurende langere tijd plaats, vooral in landen als Frankrijk, Verenigde Staten, Duitsland en Canada. In Nederland vindt veredeling vanaf 1986 plaats. Er zijn dan ook een groot aantal genotypen beschikbaar met een aanzienlijke variatie in eigenschappen (van Soest en den Nijs, 1992). Rasontwikkeling wat betreft gewastype, drogestofverdeling en knolvorm is echter ver achtergebleven bij de huidige belangrijke gewassen (Meijer en Mathijssen, 1991).

Cichorei (*Cichorium intybus*)

Familie Samengesteldbloemigen (*Compositae*)

De teelt en verwerking van wortelcichorei, een sterk op witlof gelijkend gewas welke toegepast werd als koffievervanger, kwam in Europa tot grote bloei ten tijde van Napoleon. De ontwikkelingscyclus van zaad, kiemplant, vegetatieve groei, bloei-inductie, bloei en zaadvorming strekt zich over twee jaar uit. In het eerste jaar blijven de planten vegetatief: bovengronds wordt een rozet van bladeren gevormd en de reservekoolhydraten worden als inuline opgeslagen in de penwortel. De teelt van de wortel is zodoende eenjarig en vertoont sterke

overeenkomsten met de teelt van suikerbieten en witlofpennen (Meijer en Mathijssen, 1991; van Soest en de Bie, 1991; Westerdijk, 1994). Veredelingsonderzoek aan cichorei vindt al reeds lange tijd plaats. Doelstellingen bij de veredeling van koffiecichorei, als een hoge wortelproductie met een hoog drogestofgehalte, hebben tevens geleid tot rassen met een hoog inulinegehalte. Reeds nu bestaan rassen met een inulineproductie die in zoetkracht vergelijkbaar is met de suikerproductie van gangbare suikerbietenrassen (van Soest en den Nijs, 1992; Meijer et al, 1993; Borm, pers. meded.).

4.3 Verkenning

Een overzicht van de eigenschappen, mogelijkheden en knelpunten van aardpeer en cichorei wordt gegeven in tabel 3.

4.3.1 Opbrengst

4.3.1.1 Productie

- lichtinterceptie

aanvang groeiseizoen

Voor het bereiken van een hoge opbrengst is een vroege opkomst en gewasontwikkeling van belang, zowel in aardpeer als in cichorei (Meijer en Mathijssen, 1992; Meijer en Mathijssen, 1993; Meijer et al, 1993). Aardpeer kent een snellere opkomst in het voorjaar in vergelijking met cichorei. Dit houdt verband met het feit dat de knol van aardpeer een grotere energiereserve heeft in vergelijking met het zaad van cichorei. Ook kan aardpeer vroeg (zowel voor als na de winter) worden geplant, terwijl cichorei wordt gezaaid in het voorjaar. Van eventuele kiemrustverschijnselen in aardpeer wordt geen melding gemaakt. In cichorei vindt een trage kieming plaats en is de kans op uitval groot bij een bodemtemperatuur lager dan 10°C (Benuline, 1992). De bepaling van een juiste zaaidatum is van belang voor het bereiken van een hoge opbrengst (Westerdijk, 1994).

In aardpeer leiden teeltvervroegende maatregelen als vroeg planten en afdekken met plastic folie tot een hogere knolopbrengst. Maatregelen als voorkiemen en een knolbehandeling met gibberellinezuur of fosfaatrijenbemesting gaven echter geen verhoging van de knolopbrengst in de onderzochte aardpeerrassen (Morrénhof en Bus, 1990). In cichorei heeft teeltvervroeging via papierpotplanten en/of agryldoekbedekking een zeer positief effect op de wortelopbrengst (Borm, 1989, Borm et al., 1992).

maximale lichtonderschepping en snelheid waarmee dit bereikt wordt

In zowel aardpeer als cichorei speelt de temperatuur een dominante rol in de bladgroei, en daarmee in de snelheid van bodembedekking (Meijer et al., 1993).

Tabel 3. Mogelijkheden en knelpunten van inulineproducerende gewassen.

Aspecten	Gewas	Aardpeper	Cichorei
0. gewasontwikkeling - zaai/ planten - oogst		november/december tot april oktober/november en later	april oktober/november
1. opbrengst			
a. opbrengstniveau (ton/ha)			
- potentiële productie in Nederland		18 (16-21)	24 (9)
- totale drogestof productie knol/wortel productie		50 (35-80)	55 (40-60)
- versgewicht drooggewicht		9 (6-14)	17 (9)
- inulineproductie		7 (5-13)	12.5 (10-16)
- maximaal haalbare opbrengst		16.5 (15-20)	16.5 (15-20)
- totale drogestof productie knol/wortel productie		8.5 (4-9)	12.5 (11-16)
- versgewicht drooggewicht		6.5 (4-8)	9.5 (8-12)
- inulineproductie			
- praktijkproductie (jaar/jaar variatie)			
- totale drogestof productie knol/wortel productie		30 (22-54)	43 (40-50)
- versgewicht drooggewicht		6 (4-9)	11 (10-13)
- inulineproductie		4 (3-6)	7.5 (5-11)
b. oogstzekerheid		variabele knolopbrengst (lichtintensiteit, temperatuur)	
2. kwaliteit			
a. niveau			
- drogestofgehalte		20 - 28 %	20-30 %
- inulinegehalte (% van vers)		13 - 17 %	18-23 %
- (% van ds)		70 %	74 %
b. stabiliteit			
3. bemesting			
hoeveelheid (kg/ha), efficiency (kg/ton ds), tijdstip van toedienen.			
- N		op basis van gewasonttrekking	op basis van gewasonttrekking
- P ₂ O ₅		125 (100-150); 20	50-100
- K ₂ O		40-70; 8	80
		150-300; 35	200-300
4. energieinput: (GJ/ha)		27,3	± 23,0
veldwerkzaamheden inclusief bemesting		(13)	(12,14)

<p>5. gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden</p> <ul style="list-style-type: none"> - welke spelen een rol <ul style="list-style-type: none"> - ziekten - plagen - onkruiden - bestrijdingsmogelijkheden - ziekten - plagen - onkruiden 	<p>Sclerotinia sclerotiorum, meeldauw</p> <p>weinig</p> <p>weinig gevoelig (snel sluitend gewas)</p> <p>moeilijk aan het einde van de teelt</p> <p>schoffelen, aanaarden</p> <p>(2)</p> <p>(1)</p> <p>(7)</p> <p>(2)</p> <p>(2)</p>	<p>Sclerotinia, Verticillium, meeldauw</p> <p>luizen, noordelijk wortelknobbelaaije</p> <p>gevoelig</p> <p>(11)</p> <p>(1, 12)</p> <p>(7)</p> <p>meestal niet nodig</p> <p>meestal niet nodig</p> <p>schoffelen, aanaarden</p> <p>beperkte beschikbaarheid aan herbiciden</p> <p>(12)</p>	
<p>6a. cisen van het gewas aan de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - gevoeligheid voor nachtvorst - behoefte aan beregening - behoefte aan drainage - grondsoort (klei/zand) - bodemstructuur - bodemvruchtbaarheid - bodem pH - voorvrucht <p>b. invloed van het gewas op de teeltomstandigheden</p> <ul style="list-style-type: none"> - waardplant voor welke bodemplag of ziekte - invloed op bodemstructuur - invloed op bodemvruchtbaarheid <p>c. bouwplan</p> <ul style="list-style-type: none"> - inpasbaarheid in rotatie - zelfvruchtbaarheid - geschikte navruchten - ongeschikte navruchten 	<p>winterhard</p> <p>goede ontwatering nodig (v.m. late oogsttijdstip) (2)</p> <p>niet geschikt voor zeer zware gronden (> 30% afsluitbaar), (v.m. tarra en roolbeschadiging) (1)</p> <p>H - ; G1 - ; Mh - ;</p> <p>R ? ; S (+) ; V ?</p> <p>gunstig (wortelstelen)</p> <p>gunstig (loofstelen)</p> <p>veel opslag in het jaar na de teelt (1)</p> <p>granen, maïs, aardappel (v.m. bestrijding opslag) suikerbiet (2)</p>	<p>weinig gevoelig</p> <p>gevoelig voor droogte bij opkomst. (12)</p> <p>niet geschikt voor zeer zware gronden (> 40% afsluitbaar) (v.m. afbreken wortel) (1)</p> <p>goede structuur en vruchtbaarheid vereist bij zaai: pH 7 (klei), pH 5 (zand) (12)</p> <p>geen bijzondere eisen</p> <p>(12)</p> <p>(12)</p> <p>H - ; G1 ?; Mh +</p> <p>R ? ; S + ; V +</p> <p>(1)</p> <p>(11)</p> <p>(1)</p> <p>(11)</p> <p>veel opslag in het jaar na de teelt</p> <p>eenmaal in 4-5 jaar telen</p> <p>granen (v.m. bestrijden van opslag)</p> <p>(1, 14)</p> <p>(12)</p> <p>(12)</p>	
<p>7. bedrijfsvoering</p> <ul style="list-style-type: none"> - benodigde machines - arbeidsbehoefte - arbeidsverdeling - teelkosten 	<p>zelfde mechanisatie als aardappel (aardappel-poomachine, loofklapper, aardappelrooier)</p> <p>bewaring op het bedrijf (2)</p> <p>lange oogstperiode mogelijk (2)</p> <p>lage teelkosten in vgl met aardappel en suikerbiet (2,6)</p>	<p>overeenkomstig witlof/pennecultuur/bierenzeel (1)</p> <p>arbeidsintensief: ± 40 u/ha</p> <p>piek in voorjaar en najaar</p> <p>(14)</p>	
<p>8. comparatieve voor- en nadelen Nederland</p>	<p>hoge opbrengst mogelijk mer aan Nederlandse klimaatomstandigheden aangepaste rassen (3,4,7)</p>	<p>teelwijze relatief bekend</p> <p>(1)</p>	

Bronnen: (1) Meijer en Mathijssen, 1991; (2) Morrenhof en Bus, 1990; (3) Splitters et al., 1989; (4) Fuchs, 1990; (5) Meijer, 1993a; (6) Koster en Schneider, 1990; (7) van Soest en de Nijs, 1992; (8) PAGV, KWIV 1993-1994; (9) Meijer et al., 1993; (10) van Soest et al., 1987; (12) Benuline, 1992; (13) Wansink, 1982; (14) Westerdijk, 1994;

Verklaring van tekens:

(?): Nematoden; H: Heterodera schachtii (biercysteaaltje); G1: Globodera rostochiensis (aardappelcysteaaltje); Mh: Metoidiomyne hapla (noordelijk wortelknobbelaaije)

Schimmels: R: Rhizoctonia solani; S: Sclerotinia sclerotiorum; V: Verticillium dahliae

Vernederding: + = geen of weinig, ± = matige, + = sterke vernederding; 0 = waarschijnlijk vermeerdering; ? = nog onduidelijk

(.): Iunkaats zijn selecties met een hogere opbrengst (proofoopbrengst ± 50 ton/ha vergewicht) en een hoger inulinegehalte (16-18% van vergewicht) beschikbaar (Toxopeus et al., 1994).

Aardpeer bereikt, afhankelijk van het ras, planttijdstip en rijafstand (75 cm is gebruikelijk), een volledig gesloten gewas van eind juni tot eind juli (Morrenhof en Bus, 1990). Cichorei sluit zeer traag. Dit houdt verband met de trage beginontwikkeling en het feit dat het gewas, om het mechanisch oogsten te vergemakkelijken, ruim gezaaid wordt in rijen (50 cm rijafstand). Zes weken na zaai wordt slechts 10% van de invallende straling opgevangen, maximale lichtonderschepping vindt, afhankelijk van de plantdichtheid, pas vanaf half juli plaats (Meijer en Mathijssen, 1992).

Teeltmethoden als vlakveldsteelt of ruggenteelt en teeltmaatregelen als zaai/-planttijdstip, stikstofgift en plantdichtheid kunnen, in relatie tot de mechanische oogstbaarheid, verder worden geoptimaliseerd ter verhoging van de inuline-opbrengst (Morrenhof en Bus, 1990; Meijer en Mathijssen, 1992; Westerdijk, 1994).

Veredeling kan mogelijk bijdragen tot verbetering van de trage begingroei, met name in cichorei.

Daarbij wordt vooral gedacht aan selectie op een snellere bladgroei bij matige temperaturen en/of op een hogere initiële spruit/wortel verhouding (b.v. op grotere zaden met grotere cotylen) (Meijer en Mathijssen, 1992).

einde groeiseizoen

De levensduur van een aardpeergewas is beperkt, daar na de bloeminitiatie geen nieuwe bladeren meer worden gevormd (Meijer et al., 1993). Bij vroege aardpeerrassen vindt een vroege afsterving van bladeren plaats, welke kan worden versneld door hoge temperaturen in de zomer (Meijer en Mathijssen, 1993). Late rassen houden langer groen blad, resulterend in een hogere cumulatieve lichtonderschepping (Spitters, 1990). Afsterven van loof in late cultivars vindt vooral plaats door het optreden van nachtvorst (Morrenhof en Bus, 1990). Cichorei houdt in het najaar langer een actief bladapparaat in stand (Meijer en Mathijssen, 1991). Typische waarden voor de cumulatieve lichtonderschepping van aardpeer en cichorei zijn respectievelijk 702 en 626 MJ PAR/m² (Meijer, 1993). Deze waarden kunnen echter per ras en seizoen erg variëren. Daar aardpeer een hogere lichtonderschepping in het voorjaar kent en cichorei in het najaar zijn de verschillen uiteindelijk niet groot.

Teeltmaatregelen welke het afsterven van bladeren in aardpeer kunnen vertragen kunnen mogelijk tot een hogere productie leiden. Een extra stikstofgift laat in het seizoen leek echter van weinig invloed op gewasontwikkeling en knolopbrengst (Morrenhof en Bus, 1990).

- lichtbenuttingsefficiëntie

De gemiddelde geproduceerde hoeveelheid drogestof per eenheid van geabsorbeerde lichtenergie gedurende het groeiseizoen van aardpeer is vrijwel gelijk aan die van cichorei. Voor aardpeer werden waarden van 2.5 - 2.6 g/MJ PAR berekend (Spitters, 1990; Meijer 1993; Meijer et al., 1993), voor cichorei 2.6 - 2.8 g/MJ PAR (Meijer en Mathijssen, 1992; Meijer 1993). Dit ligt in dezelfde orde van grootte van dat van andere C3 gewassen, maar ligt lager in vergelijking met bijvoorbeeld suikerbiet (3-4 g/MJ PAR) (Meijer en Mathijssen, 1992). Het

verschil in lichtbenuttingsefficiëntie tussen cichorei en suikerbiet kan niet worden verklaard uit een verschil in netto fotosynthesesnelheid bij lichtverzadiging (P_{nmax}): deze ligt voor cichorei en suikerbiet beide in de orde van grootte van 24-30 kg CO₂/ha per uur (Meijer en Mathijssen, 1992). Wel kunnen verschillen in lichtbenuttingsefficiëntie tussen verschillende genotypen van cichorei gerelateerd worden aan verschillen in P_{nmax} (Meijer en Mathijssen, 1992).

- oogstindex

De grote verschillen in inulineopbrengst tussen aardpeer en cichorei worden voornamelijk verklaard uit verschillen in de oogst-index. Uit modelstudies blijkt dat beide gewassen onder Nederlandse omstandigheden een vergelijkbare hoeveelheid totale drogestof produceren. Aardpeer investeert echter 4-9 ton/ha in structurele stengelmasa, welke niet meer gebruikt kan worden voor inulineproductie (Meijer en Mathijssen, 1991; Meijer et al., 1993). Cichorei vormt alleen blad en wortel, waardoor een veel groter deel van zijn drogestof wordt gebruikt om wortels en inuline te produceren. Cichorei heeft gemiddeld 57% van de totale biomassa opgeslagen als inuline, terwijl dat aandeel bij aardpeer varieert van 16-39% (Meijer et al., 1993).

Daarnaast gaan in cichorei de meeste assimilaten direct naar de wortel, terwijl in aardpeer de assimilaten eerst in de stengel worden opgeslagen en pas later in het groeiseizoen naar de knol getransporteerd. Deze relocatie is energetisch gezien ongunstig (Meijer et al., 1993).

Veredeling en/of teeltmaatregelen gericht op het verkleinen van de hoeveelheid geïnvesteerde drogestof in structurele stengelmasa en op het verminderen van de metabolische kosten voor relocatie in aardpeer (Meijer et al., 1993) en op de verlaging van de spruit/wortelverhouding aan het eind van het seizoen in cichorei (Meijer en Mathijssen, 1992) kunnen bijdragen tot een verhoging van de produktie.

In aardpeer leidde het gebruik van een groeiregulator (RSW, een tripentanol, welke in Nederland niet toegestaan is), die de loofgroei remt en de knolinitiatie stimuleert, tot een verhoging van de inulineopbrengst van 30% (Morrenhof en Bus, 1990).

4.3.1.2 Opbrengststabiliteit

Aardpeer is een gewas met een zeer variabele opbrengst (Mesken, 1988; Mesken et al., 1988; Morrenhof en Bus, 1990), welke afhankelijk is van o.a. ras, daglengte en temperatuur. Bij vroege aardpeerrassen bestaat het risico dat, onder invloed van een hoge temperatuur in de zomer, het gewas vroeg afsterft, zodat geen optimaal gebruik wordt gemaakt van het groeiseizoen. Bij late rassen, welke een late start van de knolvullingsfase kennen, kan het gebeuren dat, als gevolg van ongunstige weersomstandigheden in het najaar (nachtvorst, storm), de knolvulling niet geheel wordt afgerond. Hierdoor gaat een deel van de in de stengel opgeslagen assimilaten verloren (Spitters et al., 1989). De start van de fase met een snelle knolvulling is gerelateerd aan de bloei-initiatie en

wordt bepaald door de daglengte (Meijer en Mathijssen, 1991). Rassen met een vroege voorjaarsontwikkeling en een middellate afrijping zijn het gunstigst voor een hoge en stabiele knolopbrengst onder Nederlandse teeltomstandigheden (Mesken, 1988; Meijer en Mathijssen 1993). De grote beschikbare genetische variatie in bloeitijdstip maakt selectie op deze eigenschap, ter optimalisatie van de drogestofopbrengst in afhankelijkheid van de breedtegraad, mogelijk (Mesken et al., 1988; Meijer en Mathijssen, 1993). Inmiddels zijn rassen met een hoge knolopbrengst beschikbaar (van Soest en den Nijs, 1992; Toxopeus et al., 1994)

Onder invloed van een lage temperatuur in het voorjaar ($< 10^{\circ}\text{C}$) kan in cichorei soms een deel van de planten in het eerste jaar al generatief worden (Benuline, 1992). In de nieuwste rassen is het aandeel planten met deze eigenschap heel laag (Meijer en Mathijssen, 1991).

Verbetering van de opbrengststabiliteit is verder mogelijk door verbetering van de mechanische oogstbaarheid en vermindering van de tarrapercentages. Voor aardpeer worden op dit moment rassen ontwikkeld welke een hoge drogestofopbrengst combineren met een middelmatige stolonlengte en een goede knolvorm (rond, glad oppervlak, regelmatige sortering, grote knollen) (Mesken et al., 1988, Toxopeus, pers. meded.). Nieuwe rassen van cichorei hebben een bietvorm ter verbetering van de mechanische oogstbaarheid (Meijer en Mathijssen, 1991). Door ruggenteelt is een vermindering van het tarrapercentage met 20% mogelijk (Westerdijk, 1994).

4.3.2 Kwaliteit

- inulinegehalte

In zowel aardpeer als in cichorei bestaat een hoge correlatie tussen inulinegehalte en drogestofgehalte. Beide worden vooral bepaald door ras en oogsttijdstip. In vroege aardpeerrassen neemt, na het bereiken van het optimum, het drogestofgehalte en het inulinegehalte af bij een late oogst, in late rassen neemt het toe (Morrenhof en Bus, 1990). Verhoging van het inulinegehalte (tot 16-18% van het versgewicht) is een belangrijk onderzoeksthema op dit moment in de veredeling (Toxopeus, pers. meded.). In cichorei bereikt het inulinegehalte een optimum rond 170-190 dagen na zaaien (Westerdijk, 1994). Rassen met hoge inulineopbrengsten beschikbaar, daar al veel veredeling op hoge wortelopbrengst en hoog drogestofgehalte heeft plaatsgevonden (t.b.v. cichorei als koffievervanger).

- polymerisatiegraad

Aardpeer produceert inulinen met een kortere ketenlengte in vergelijking met cichorei. Ook vertoont de polymerisatiegraad een duidelijk seizoensverloop. In aardpeer wordt de maximale ketenlengte in vroege rassen eerder bereikt dan in late rassen (Morrenhof en Bus, 1990). In cichorei is de polymerisatiegraad het hoogst rond 1 oktober (Westerdijk, 1994).

- kwaliteit van de restprodukten

De kwaliteit van het restprodukt is gering. Het jonge loof van aardpeer kan worden gebruikt als veevoer. Loofmaaien geeft echter een derving van de uiteindelijke knolopbrengst (Morrenhof en Bus, 1990). Oud loof bevat veel vezels, is houtig en onverteerbaar voor vee (Morrenhof en Bus, 1990). Het zou eventueel als grondstof voor pulp (board of papier) kunnen dienen, doch de vezelkwaliteit is slecht (Meijer en Mathijssen, 1991). Gedacht kan worden aan de produktie van energie.

4.3.3 Bemesting

Aardpeer stelt geen bijzondere eisen aan de bemesting (Morrenhof en Bus, 1990). Een beperkt stikstoftekort kan zelfs tot een verhoging van de inulineopbrengst leiden (Spitters, 1990). Ook cichorei heeft slechts een geringe stikstofbehoefte en kent een gunstige stikstofbenutting. Giften van meer dan 150 kg N/ha leiden tot een verlaging van zowel het inulinegehalte als de wortelopbrengst (Westerdijk, pers. meded.). Een verminderde stikstofhoeveelheid aan het eind van het seizoen zou de spruit/wortelverhouding kunnen verlagen en daarmee de inulineopbrengst mogelijk positief kunnen beïnvloeden.

4.3.4 Energieinput

Het feit dat zowel aardpeer als cichorei gerooid moeten worden en het hoge versgewicht van beide gewassen maken een hoge energieinput bij de oogst en het vervoer noodzakelijk. Vervoerskosten worden, naast het vervoer naar het bedrijf, bepaald door de afstand tot de verwerkende fabriek. Cichorei geldt bovendien als een gewas, waarin vele veldwerkzaamheden moeten worden verricht (o.a. onkruidbestrijding, rugopbouw (eventueel)).

Voor aardpeer werd een energieinput van 27.3 GJ/ha berekend (Wansink, 1992). Dit is veel hoger dan de energiebehoefte van de hiervoor genoemde olieproducerende- en vezelgewassen, maar is nog lager dan de energiebehoefte van fabrieksaardappelen (33.6 GJ/ha). De energiebehoefte van cichorei ligt waarschijnlijk in dezelfde orde van grootte als die van suikerbiet (23.0 GJ/ha). Wanneer er sprake is van een ruggenteelt, dan zal de energiebehoefte wat hoger komen te liggen.

4.3.5 Gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden

- ziekten

Sclerotinia sclerotiorum is in Nederland waarschijnlijk de belangrijkste ziekte die aardpeer aantast. Aantasting kan zowel vroeg als laat in het seizoen optreden en de mate van aantasting is afhankelijk van o.a. ras, vochtigheid en stikstofbemesting. Chemische bestrijding van de ziekte is mogelijk (met Rovral, Ronilan),

maar levert later in het seizoen praktische problemen op als gevolg van de hoogte van het aardpeergewas. Bemesting met kalkstikstof verhindert de vorming van vruchtlichamen (apotheciën) waardoor de kans op een infectie van het gewas kleiner wordt (Morrenhof en Bus, 1990). Naast de gevoeligheid voor *Sclerotinia* is aardpeer gevoelig voor meeldauw, welke vooral later in het seizoen worden waargenomen. Ook hiertegen is dan een chemische bestrijding moeilijk uitvoerbaar (Morrenhof en Bus, 1990). Voor resistentie tegen meeldauw en *Sclerotinia* bestaan genetische verschillen, zodat veredeling mogelijk een oplossing kan bieden (Mesken et al., 1988).

Aardpeerknollen zijn tijdens de bewaring bijzonder rotgevoelig, vooral knollen met een laag drogestofgehalte. Ontsmetting met Rovral bleek zeer effectief, de kieming werd hierdoor wel enigszins vertraagd (Morrenhof en Bus, 1990).

Cichorei is gevoelig voor o.a. *Sclerotinia*, *Rhizoctonia*, *Verticillium* en meeldauw. De bestrijding van *Sclerotinia* is goed mogelijk. Ook de bestrijding van meeldauw is uitvoerbaar, maar meestal niet nodig (Westerdijk, pers. meded.)

- plagen

Aardpeer is weinig gevoelig voor het noordelijk wortelknobbelaaltje (Meijer en Mathijssen, 1991), cichorei wel (Westerdijk, 1994). In aardpeer bestaat bovendien genetische variatie voor deze eigenschap (Mesken et al., 1988). Op dit moment is materiaal aanwezig dat nagenoeg resistent is (van Soest en den Nijs, 1992). Zowel aardpeer als cichorei zijn geen waardplant voor het bietecysteelaaltje en worden niet aangetast door rhizomanie (Meijer en Borm, 1990). In cichorei kan in bepaalde jaren een zware luizenaantasting opbrengstderiving veroorzaken (Benuline, 1992).

- onkruiden

In aardpeer is onder normale omstandigheden geen chemische onkruidbestrijding nodig. Door schoffelen en aanaarden, zoals bij aardappelen te doen gebruikelijk, wordt het onkruid voldoende bestreden. Na verloop van tijd onderdrukt de grote loofhoeveelheid de ontwikkeling van onkruiden (Morrenhof en Bus, 1990).

Onkruiden vormen een probleem in cichorei vanwege de trage opkomst van het gewas en de ruime plantafstand. Dit probleem is inmiddels te hanteren door een combinatie van chemische en mechanische onkruidbestrijding (Westerdijk, 1993). Er staat slechts een beperkte hoeveelheid aan middelen ter beschikking, zeker na opkomst (Benuline, 1992).

4.3.6 Inpasbaarheid in het bouwplan

- eisen van het gewas aan de teeltomstandigheden

Aardpeer is, gezien het late oogsttijdstip en de onregelmatige knolvorm, het best geschikt voor lichte gronden met een goede ontwatering. Een hoge productie wordt gerealiseerd op een weinig droogtegevoelig perceel welke, wanneer late rassen worden geteeld, vrij is van late nachtvorst (Morrenhof en Bus, 1990).

Ook de teelt van cichorei is, mede door het late oogsttijdstip en het feit dat het een rooigewas betreft, niet geschikt voor zeer zware gronden (Benuline, 1992). Verder vereist het gewas goede bodemomstandigheden (vochtgehalte, bodemstructuur, geen korstvorming) bij opkomst (Benuline, 1992; Meijer et al., 1993)

- inpasbaarheid in het bouwplan

Aardpeer is een slechte waardplant voor noordelijk wortelknobbelaaltje in tegenstelling tot cichorei (van Soest en de Bie, 1991), en is daarom beter inpasbaar in een bouwplan met bijvoorbeeld aardappelen. Beide gewassen zijn geen waardplant voor het bietecysteetaaltje. De teelt van suikerbieten na aardpeer maar ook na cichorei kan echter problematisch zijn i.v.m. opslag uit knolresten of wortelpuntjes. Wegens de vermeerdering van *Sclerotinia* kunnen geen van beide gewassen in een bouwplan met wortelen of peulvruchten worden opgenomen (Borm, pers. meded.; Westerdijk, pers. meded.). Cichorei mag niet vaker dan eenmaal per 4-5 jaar op hetzelfde perceel geteeld worden (Benuline, 1992).

- invloed van het gewas op de teeltomstandigheden van volggewassen

Oogstwerkzaamheden met zware machines, onder ongunstige omstandigheden laat in het jaar, kunnen in beide gewassen de bodemstructuur negatief beïnvloeden.

Het gewas aardpeer kent een dieper wortelstelsel en een intensievere beworteling (tot 1 meter diepte) van de bodem in vergelijking met aardappel (Morrenhof en Bus, 1990). De lange oogstperiode maakt het mogelijk een gunstig oogsttijdstip te kiezen. De grote hoeveelheid loofresten kunnen bijdragen tot verbetering van de bodemvruchtbaarheid (Morrenhof en Bus, 1990) en, wanneer in maart geoogst wordt, tot bescherming tegen winderosie.

Daar de aardpeer winterhard is komt veel opslag voor in het jaar na de teelt. Deze opslag is goed te bestrijden in granen (met MCPA) en in maïs en aardappelen (met een combinatie van chemische en mechanische bestrijding), maar niet in suikerbieten (Morrenhof en Bus, 1990). Bestrijding van opslag met groeistoffen na de teelt van cichorei is eveneens goed mogelijk in granen als nagewas (Benuline, 1992). Opslag uit wortelpuntjes die pas na deze bespuiting boven komen, kan eind juli nog bloeiende planten geven. Dit kan in het daarop volgende jaar zaadopslag geven (Westerdijk, pers. meded.). Verbetering van de mechanische oogstbaarheid van het gewas kan bijdragen tot het verminderen van opslag in beide gewassen. Voor aardpeer werden onlangs variëteiten met een geringere hoeveelheid kleine knollen geselecteerd (Toxopeus et al., 1994).

4.3.7 Inpasbaarheid in de bedrijfsvoering

- machinepark

De teelt en oogst van aardpeer is mogelijk met dezelfde machines als die, die worden gebruikt voor aardappels. Hierdoor zijn geen extra investeringen nodig (Morrenhof en Bus, 1990).

De oogst van cichorei is mogelijk met aangepaste bietenrooiers (Meijer en Mathijssen, 1991). Deze zijn vooralsnog alleen beschikbaar bij loonwerkers (Benuline, 1992). De inzet van aangepaste machines is nodig ter voorkoming van beschadigingen en rooiverliezen.

- arbeidsbehoefte

De arbeidsbehoefte van aardpeer is vrijwel overeenkomstig met die van fabrieksaardappelen (24 u/ha) of wellicht iets minder daar minder bespuitingen plaatsvinden.

De teelt van cichorei geldt als arbeidsintensief. Berekend werd een arbeidsbehoefte van ongeveer 40 u/ha (afhankelijk van het teeltsysteem). Dit is hoger dan de arbeidsbehoefte van bijvoorbeeld wintertarwe (15 u/ha), oliehoudende gewassen als koolzaad (15 u/ha), fabrieksaardappelen (24 u/ha), consumptieaardappelen (33 u/ha), suikerbieten (35 u/ha) en zelfs van traditioneel geogst vlas (38 u/ha) (PAGV, KWIN 1993-94).

- arbeidsverdeling

Aardpeer is reeds in de winter te poten en kan gedurende lange tijd, in het najaar of zelfs in het daarop volgende voorjaar, geogst worden. Het kent daarmee een gunstige arbeidsverdeling. Cichorei wordt in een campagne geogst (Benuline, 1992). Wanneer door het inpassen van cichorei in het bouwplan het areaal rooivuchten wordt vergroot, zullen ook de arbeidspieken in het voor- en najaar hoger worden.

- bewaring op het bedrijf

De bewaring vormt een probleem bij aardpeer. Bovengrondse bewaring stuit op enige moeilijkheden, omdat een kurkachtige schil (zoals bij aardappel) ontbreekt. Hierdoor zijn knollen gevoelig voor uitdroging en rot. Bewaring op het bedrijf vindt momenteel plaats in kuilen met een top en een grondrooster afgedekt met stro en plastic (Morrenhof en Bus, 1990). Desondanks treden grote bewaarverliezen op (Westerdijk, pers. meded.). Ook bewaring in de grond, door uitstel van de oogst, is mogelijk.

Cichorei is goed in een hoop, zoals bij suikerbieten, gedurende maximaal 3 weken zonder verlies aan kwaliteit en opbrengst te bewaren. Daarna beginnen verliezen op te treden in gewicht en inulinegetal (Westerdijk, pers. meded.). Kwaliteitsverliezen als gevolg van bewaring kunnen in beide gewassen optreden. Een volledige afbraak van inuline wordt voorafgegaan door het korter worden van de ketenlengtes van inuline.

- teeltkosten

Aardpeer kent slechts lage teeltkosten in vergelijking met bijvoorbeeld suikerbieten en aardappelen (van den Hil en Schiphouwer, 1987; Morrenhof en Bus, 1990). Afhankelijk van de situatie op het bedrijf kunnen plant en oogstwerkzaamheden met de eigen mechanisatie plaatsvinden. Dit kan de kosten voor

deze werkzaamheden reduceren t.o.v. het uitvoeren hiervan door een loonwerker.

Vlakveldsteelt van cichorei kan grotendeels met bestaande eigen mechanisatie gebeuren. Witloftelers kunnen cichorei met eigen mechanisatie ook op ruggen telen. Het rooien blijft echter loonwerk, en brengt hoge kosten met zich mee (f 800,- / ha) (Westerdijk, 1994).

4.3.8 Inpasbaarheid in de Nederlandse landbouw

- comparatieve voordelen

De opbrengst van aardpeer wordt sterk door de locatie en het ras bepaald (Mesken, 1988; Fuchs, 1990). Door het ontwikkelen van aan Nederlandse klimaatomstandigheden aangepaste rassen is een hoge opbrengst mogelijk (van Soest en den Nijs, 1992).

4.4 Conclusies

4.4.1 Mogelijkheden

Van inulineproducerende gewassen zijn de volgende positieve eigenschappen te verwachten:

niveau: gewas

- ▶ hoge produktie (m.n. van cichorei)
- ▶ hoge kwaliteit (cichorei)
- ▶ geringe stikstofbehoefte
- ▶ geen chemische onkruidbestrijding noodzakelijk (aardpeer)

niveau: bedrijf

- ▶ inpasbaarheid in het bouwplan
 - aardpeer kan het bouwplan verruimen, met name in de Veenkoloniën waar veel fabrieksaardappelen worden geteeld
 - positief effect van loofresten op de bodemvruchtbaarheid (m.n. in aardpeer)
- ▶ inpasbaarheid in de bedrijfsvoering
 - gunstige arbeidsverdeling (aardpeer)
 - teelt en oogst mogelijk met bestaande (aardpeer) of aangepaste (cichorei) machines
- ▶ geringe teeltkosten in vergelijking met gewassen als suikerbieten en aardappelen (aardpeer)

niveau: Nederlandse landbouw

- ▶ comparatieve voordelen
 - rassen aangepast aan Nederlandse klimaatomstandigheden zijn beschikbaar

4.4.2 Knelpunten, oplossingsrichtingen en onderzoeksvragen

niveau: gewas

Knelpunten bij de teelt van inulineproducerende gewassen zijn :

- ▶ lage actuele opbrengst (m.n. van aardpeer)
 - voornamelijk veroorzaakt door :
 - trage beginontwikkeling
 - ongunstige oogst-index
- ▶ geringe opbrengststabiliteit (m.n. van aardpeer)
 - veroorzaakt door:
 - gevoeligheid voor weersomstandigheden:
 - bij de vestiging van het gewas (temperatuur bepaalt deels de snelheid van bodembedekking)
 - gedurende het groeiseizoen (temperatuur bepaalt de snelheid van afsterven van aardpeer, m.n. van vroege rassen)
 - aan het einde van het groeiseizoen (opbrengstderving door te snel afsterven van m.n. late aardpeerrassen o.i.v. vorst)
 - grote jaar-jaar variatie in stengelgroei (welke complementair is aan de hoeveelheid tijdelijke opgeslagen hoeveelheid inuline in de stengel (aardpeer))
- ▶ geringe kwaliteit
 - genoemd worden:
 - inulinepercentage (m.n. in aardpeer)
 - polymerisatiegraad
 - hoog tarrapercentage (m.n. in aardpeer)
- ▶ hoge energieinput bij oogst en vervoer
- ▶ gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden
 - genoemd worden :
 - ziekten als *Sclerotinia* (aardpeer, cichorei) en meeldauw (aardpeer)
 - onkruiden (cichorei)

Voor het bereiken van een verdere verhoging van de inulineopbrengst en het helpen oplossen van knelpunten bij de teelt van cichorei en aardpeer kunnen de volgende oplossingsrichtingen worden genoemd:

- teelttechniek gericht op:
 - versnellen van de bladgroei in het voorjaar (m.n. in cichorei)
 - verbeteren van de oogst-index door verminderen van de loofproductie (aardpeer) en verlagen van de spruit/wortel verhouding nadat het gewas gesloten is (cichorei)

- optimaliseren van loofproductie, inulineopslagcapaciteit en knolaanleg voor de bloei (aardpeer)
- optimaliseren van de kwaliteit t.b.v. de verwerking
- veredeling gericht op:
 - versnellen van de groei in het voorjaar (m.n. in cichorei)
 - verminderen loofproductie (aardpeer)
 - verbeteren van de benutting van het groeiseizoen door optimaliseren van de groeiduur (aardpeer)
 - verhogen van het inulinepercentage (m.n. in aardpeer)
 - verbeteren van de mechanische oogstbaarheid
 - verminderen van de ziektegevoeligheid
- gewasfysiologie gericht op:
 - identificeren van oorzaken voor geringe opbrengststabiliteit (aardpeer)
 - verbeteren van de kwaliteit (inulinegehalte en samenstelling)
- oogst- en bewaring gericht op:
 - verbeteren rooimechanisatie
 - optimaliseren van bewaarmethoden
- gewasbescherming gericht op:
 - optimalisatie van onkruidbestrijding (cichorei)

Onderzoeksvragen kunnen zijn:

- teelttechniek
 - optimaliseren van teeltmaatregelen (als voorkiemen, zaad/plantgoedbehandeling, zaai/planttijdstip, plantdichtheid, bemesting (hoeveelheid en tijdstip), beregening en oogsttijdstip op de beginontwikkeling, spruit/wortelverhouding, gewasstructuur, bladlevensduur, oogst-index, opbrengststabiliteit en kwaliteit (inulinegehalte en polymerisatiegraad))
 - optimaliseren van de teeltmethode (vlakveldsteelt, ruggenteelt) ter verbetering van opbrengst en oogstbaarheid
 - invloed van stikstofbemesting (hoogte en vorm) op het optreden van *Sclerotinia* (aardpeer)
- veredeling
 - selectie op typen met een betere en snellere bladgroei bij matige temperaturen in het voorjaar (b.v. genotypen met grotere zaden en grotere cotylen (cichorei))
 - synchroniseren van bloei-initiatie en de hoeveelheid aan tijdelijk opgeslagen inuline in de stengel en lengte van de snelle knolvullingsfase (aardpeer)
 - selectie op inulinegehalte en ketenlengte
 - selectie op knolvorm, sortering en stolonlengte (aardpeer) en wortelvorm (cichorei)
 - selectie op resistentie tegen meeldauw en *Sclerotinia* (aardpeer)
- oogst- en bewaringstechniek
 - beperken van tarra en oogstverliezen door verbeterde mechanisatie of aangepaste oogstmethoden (twee rooigangen (aardpeer)), afhankelijk van o.a. grondsoort
 - beperken van inulineafbraak tijdens de bewaring

- gewasfysiologie
 - mogelijkheden tot vervroegen (en/of bevorderen) van inulinetransport naar knol (aardpeer)
 - welke factoren (ontwikkelingsstadium, stikstofbemesting, watergift) bepalen de verhouding tussen structurele stengeldrogestof en tijdelijk opgeslagen inulinehoeveelheid (aardpeer)
 - fysiologie van de knol tijdens de oogst en bewaring (inulineomzetting)
- gewasbescherming
 - invloed van herbiciden en mechanische onkruidbestrijding op inulineopbrengst (cichorei)
- interacties
 - optimalisatie van plantdichtheid en mogelijkheden tot mechanische onkruidbestrijding en oogst

niveau: (akkerbouw)bedrijf

Belangrijke knelpunten bij de teelt van inulineproducerende gewassen op bedrijfsniveau zijn:

- ▶ inpasbaarheid in het bouwplan
 - ongunstig effect op de bodemstructuur (bij rooien onder ongunstige omstandigheden)
 - opslag
 - vermeerdering van het noordelijk wortelknobbelaaltje (m.n. cichorei), *Verticillium* (cichorei) en *Sclerotinia*
- ▶ inpasbaarheid in de bedrijfsvoering
 - rotgevoeligheid en gevoeligheid voor uitdroging bij bewaring (aardpeer)
 - arbeidsintensief (cichorei)

Als oplossingsrichtingen worden genoemd:

- teelttechniek gericht op:
 - optimaliseren van de inpasbaarheid in het bouwplan (m.n. m.b.t. bodemstructuur en opslag)
- oogst- en bewaringstechniek gericht op:
 - verbeteren van de oogstmechanisatie
 - voorkomen van bewaarverliezen
- veredeling gericht op:
 - ontwikkelen van resistente rassen

Onderzoeksvragen kunnen zijn:

- teelttechniek
 - mogelijkheden tot verwijderen van opslag (chemisch, mechanisch) en de invloed hiervan op de opbrengst van een volggewas
- veredeling
 - selectie op resistentie tegen het noordelijk wortelknobbelaaltje (cichorei),

Verticillium (cichorei) en *Sclerotinia*

- selectie op eigenschappen als rotgevoeligheid of een dichtere schil ter vermindering van bewaringsverliezen (aardpeer)
- oogst- en bewaringstechniek
 - invloed van oogstmethode op bodemstructuur en opslag
 - invloed van maatregelen (fungiciden) ter voorkoming van rotverliezen (aardpeer)

niveau: Nederlandse landbouw

► **comparatieve voordelen**

De productie van aardpeer wordt sterk door locatie en ras bepaald. Door verdere ontwikkeling van aan Nederlandse klimaatomstandigheden aangepaste rassen is een hogere opbrengst mogelijk (aardpeer)

5 CONCLUSIES

5.1 Mogelijkheden

De beschreven agrificatiegewassen voldoen deels aan de in de inleiding genoemde eisen. In dit rapport worden genoemd :

niveau: gewas

- ▶ hoge actuele en potentiële produktie (hennep, Miscanthus, cichorei)
- ▶ goede oogstzekerheid en opbrengststabiliteit (cichorei)
- ▶ hoge kwaliteit (cichorei)
- ▶ minimale input aan mineralen (m.n. vezelgewassen, olieproducerende gewassen)
- ▶ minimale energieinput (m.n. olieproducerende gewassen)
- ▶ minimale input aan bestrijdingsmiddelen (m.n. hennep, Miscanthus, aardpeer)

niveau: bedrijf

- ▶ goede inpasbaarheid in het bouwplan (hennep, aardpeer)
- ▶ goede inpasbaarheid in de bedrijfsvoering (hennep, olieproducerende gewassen, aardpeer)

niveau: Nederlandse landbouw

- ▶ gebruik makend van comparatieve voordelen (meeste gewassen)

5.2 Knelpunten, oplossingsrichtingen en onderzoeksvragen

niveau: gewas

Als belangrijke knelpunten bij de teelt van nieuwe gewassen zijn te noemen:

- ▶ lage actuele produktie (m.n. bekergoudsbloem, goudsbloem, Euphorbia) veroorzaakt door factoren als:
 - trage vestiging van het gewas
 - geringe uniformiteit (grote variatie binnen de plant en tussen planten onderling)
 - geringe lichtbenutting (door beschaduwning van produktievere delen van het gewas)
 - geringe oogst-index (door ongunstige verdeling van drogestof over het gewas en/of geringe zaadvastheid)
- ▶ geringe opbrengststabiliteit (m.n. vezelvlas, hennep, bekergoudsbloem, goudsbloem, Euphorbia, aardpeer) veroorzaakt door

- ongelijkmatige afrijping
- gevoeligheid voor uitwendige omstandigheden (temperatuur, vochtvoorziening, bemesting, weersomstandigheden voor of tijdens de oogst)
- gevoeligheid voor ziekten, plagen en onkruiden
- ▶ geringe kwaliteit (m.n. hennep, olieproducerende gewassen, aardpeer) genoemd worden factoren als
 - geringe gehalte aan winbare stoffen
 - hoog gehalte aan verontreinigingen
 - grote variatie in kwaliteit
- ▶ hoge energieinput bij oogst en transport (m.n. vezelgewassen, inulineproducerende gewassen)

Als oplossingsrichtingen kunnen worden genoemd:

- teelttechniek gericht op:
 - verbetering van de vestiging van het gewas (crop establishment)
 - verbeteren van uniformiteit van het gewas
 - optimalisatie van gewasstructuur en oogst-index
 - synchronisatie van de afrijping
 - verbetering van de kwaliteit
- veredeling gericht op:
 - verbetering van eigenschappen als koudetolerantie, planthabitus, gewasstructuur, bloeitijdstip, bloeisyndronisatie, resistentie tegen ziekten en plagen, gehalte aan winbare stoffen, kwaliteit van winbare stoffen, gehalte aan verontreinigingen
- gewasfysiologie gericht op:
 - bepaling van opbrengstbepalende (en opbrengstbepalende) gewascharacteristieken
 - bepaling van factoren welke de kwaliteit (vezelvorming, zaadvulling, knolvulling) sturen en nagaan op welke wijze deze te beïnvloeden zijn.
- gewasbescherming gericht op:
 - onderzoek naar bestrijdingsmogelijkheden van ziekten en plagen en onkruiden
 - voorkomen van virusoverdracht
- oogst en bewaringstechniek gericht op:
 - optimalisatie van oogst- en bewaringstechnieken
 - verminderen van het energieverbruik (transportvolume, drogen)

Onderzoeksvragen kunnen zijn:

- teeltkundig
 - invloed van grondsoort, grondbewerking, zaad(plant)bedbereiding, zaai(plant)tijdstip, zaad(plant)grootte, zaad(plant)kwaliteit, zaai(plant)methode, zaai(plant)dichtheid, zaai(plant)verdeling en maatregelen als afdekken met folie, beregening, bemesting, groeiregulatoren, doodspuiten op de vestiging, uniformiteit, gewasstructuur, afrijping, oogst-index, kwaliteit en oogstbaarheid van het gewas alsmede de interacties tussen diverse factoren.

- veredeling
 - bepaling van de genetische variatie en erfelijkheidsgraad van belangrijke landbouwkundige eigenschappen (bepaling van effectieve veredelingsmethode)
 - veredeling (kruising, selectie, mutatieveredeling) op landbouwkundige eigenschappen als : koudetolerantie, planthabitus, gewasstructuur, bloeitijdstip, bloeisyndronisatie, resistentie tegen ziekten en plagen, gehalte aan winbare stoffen, kwaliteit van winbare stoffen, gehalte aan verontreinigingen
- gewasfysiologisch
 - fysiologie van het oogstproduct tijdens kieming, ontwikkeling, groei, oogst en bewaring.
- gewasbescherming
 - invloed van (liefst bestaande) gewasbeschermingsmiddelen op het voorkomen van ziekten, plagen en onkruidproblemen.
- oogst- en bewaringstechniek
 - invloed van oogsttijdstip, oogstmethode, vochtigheidsgehalte, bewaringmethode op de opbrengst en kwaliteit van het geogoste product
- interacties
 - invloed van gewasstructuur op het voorkomen van ziekten
 - optimalisatie van plantdichtheid ten behoeve van de oogstmechanisatie en mogelijkheden tot gewasbescherming (o.a. mechanische onkruidbestrijding)
 - invloed van gewasbeschermingsmiddelen op opbrengst en kwaliteit

niveau: (akkerbouw)bedrijf

Als belangrijkste knelpunten zijn te noemen:

- ▶ inpasbaarheid in het bouwplan (m.n. vlas, olieproducerende gewassen, cichorei)
 - waardplant voor belangrijke bodempathogenen
 - problemen m.b.t. onkruiden tijdens de teelt en opslag na de teelt
 - inpasbaarheid in rotatie qua tijd
 - eisen van het gewas aan en invloed van het gewas op bodemomstandigheden (grondsoort, behoefte aan drainage, bodemstructuur, bodemvruchtbaarheid en pH)
- ▶ inpasbaarheid in de bedrijfsvoering (m.n. vezelgewassen, inulineproducerende gewassen)
 - beschikbaarheid van zaai-, plant- en oogstmachines
 - hoge kosten (m.n. kosten m.b.t. oogst, bewaring en vervoer)
 - ontstaan van arbeidspieken
 - weinig optimale bewaringstechnieken

Onderzoeksvragen kunnen zijn:

- teelttechniek

- optimaliseren van teeltsysteem met nadruk op :
 - bepaling geschikte voor- en navruchten (m.b.t. bodempathogenen, tijdstip, onkruiden)
 - verlaging van oogst- en verwerkingskosten
 - verwijderen van opslag
 - voorkomen van arbeidspieken
- veredeling
 - resistentie tegen belangrijke bodempathogenen
- gewasbescherming
 - voorkomen van problemen met ziekten, plagen en onkruiden door teeltmaatregelen als vruchtwisseling, mechanische onkruidbestrijding
- oogst- en bewaringstechniek
 - invloed van bewaringsmethode op kwaliteit en opbrengst
 - verminderen van de kosten van oogst, vervoer en bewaring (door: aanpassing oogstmachines, verlaging transportvolume, aangepaste oogstmethoden)
 - afstemmen van bewaring op verwerkingsmogelijkheden

niveau: Nederlandse landbouw

Als belangrijke knelpunten zijn te noemen:

- aanpassing aan Nederlands klimaatomstandigheden (m.n. hennep, olieproducerende gewassen, aardpeer)
- beschikbaarheid van (voldoende) zaaizaad en pootgoed van goede rassen (m.n. hennep, Miscanthus, olieproducerende gewassen, aardpeer)
- beschikbaarheid van (toegelaten) gewasbeschermingsmiddelen
- gering aantal toepassingsmogelijkheden (met hoge toegevoegde waarde)

Onderzoeksvragen:

- veredeling
 - introductie en evaluatie van (nieuw) genetisch materiaal
 - aanpassing aan Nederlandse teeltomstandigheden
- verwerking
 - uitbreiding van het aantal toepassingsmogelijkheden
 - verwerking van rest- en bijproducten

LITERATUUR

- Benuline Nederland (1992). Cichorei: Een oud gewas met een nieuwe toekomst. Teelthandleiding Benuline Nederland B.V. (1992)
- Berlo JM van (1993). Papier uit hennep van Nederlandse grond: mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport Hennepprogramma.
- Berlo JM van, Onna M van, Struik PC, Werf HMG van der, Huisman W, Maeyer EAA de (1993). Uitgangspunten bij de saldoberekening van hennep teelt en de vergelijking met concurrerende gewassen. In: Berlo JM van (1993). Papier uit hennep van Nederlandse grond: mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport Hennepprogramma.
- Borm GEL (1989). Teeltvervroeging cichorei, proef in het kader van groeiemodelonderzoek PAGV/CABO. PAGV, interne mededeling nr. 649, met appendix.
- Borm GEL (1992). Teelt van zonnebloem voor zaadproductie. PAGV Jaarboek 1991/1992: 121-131.
- Borm GEL, van Dijk N (1994a). Leveren nieuwe olieproducerende gewassen wonderolie voor de akkerbouw? In: ten Hag BA, Darwinkel A, Borm GEL (1994). Themadag: Agrificatie en 'nieuwe' gewassen voor de akkerbouw. Themaboekje nr. 17. PAGV, Lelystad.
- Borm GEL, van Dijk N (1994b). Effects of sowing time, seed rate and row distance on calendula officinalis L. grown for seed. Workshop alternative oilseed and fibre crops for cool and wet regions of Europe, 7-8 april 1994, Wageningen.
- Borm GEL, Mathijssen EWJM, Meijer WJM (1992). Produktiemogelijkheden cichorei. PAGV Jaarboek 1991/1992: 113-121.
- Bouwmeester HJ (1991a). Produktie van etherische karwijolie. Een literatuuronderzoek. CABO-verslag 150.
- Bouwmeester HJ (1991b). Karwijzaad. De produktie en het gehalte aan etherische olie. In: Meijer WJM, Vertregt N (1991). Gewasdiversificatie en agrificatie. Agrobiologische thema's 4. CABO-DLO Wageningen.
- Breen JJ (1964). De landbouwkundige en industriële betekenis van de aardpeer (*Helianthus tuberosus* L.). Ph.D. Thesis, TH Delft, 168 p.
- Brouwer WGJ (1991). Plantaardige grondstoffen voor de industrie. Stichting Toekomst beeld der Techniek; 51. Samsom, Alphen aan den Rijn/Deurne.
- Butler JIC (1950). Welke mogelijkheden heeft de teelt van olievlas in ons land? Bericht No 3, Nederlands vlasinstituut Wageningen.
- CBS (1993). Landbouwcijfers 1993. Uitgave door CBS en LEI-DLO.

- CGN (1989). Plantaardige technische oliën als nieuwe landbouwgrondstoffen voor de industrie. Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN) april 1989.
- Darwinkel A, van Geel WCA, van der Werf HMG (1994). Miscanthus, een meerjarig energie- en vezelgewas. In: ten Hag BA, Darwinkel A, Borm GEL (1994). Themadag: Agrificatie en 'nieuwe' gewassen voor de akkerbouw. Themaboekje nr. 17. PAGV, Lelystad.
- Dijk N van, Bie H de, Breemhaar H (1993). Voorlopige teelthandleiding nieuwe olieproducerende gewassen. Gezamenlijke uitgave van PAGV, CPRO-DLO en IMAG-DLO.
- Doorgeest M (1990). Sojateelt in Nederland ? Landbouwkundig Tijdschrift 102 (1990) nr 3.
- Doorgeest M, Harrewijn JL, Wijkstra A (1988). Reactions of new crops to *Meloidogyne hapla* and *Heterodera schachtii*. Proceedings Nematology Symposium Uppsala, Sweden.
- Edelman J, Jefford TG (1968). The mechanism of fructosan metabolism in higher plants as exemplified in *Helianthus tuberosus*. New Phytologist, 67: 517-531.
- Erickson DB, Bassin P (1990). Rapeseed and Crambe: alternative crops with potential industrial uses. Bulletin 656, Kansas State University, Manhattan, KS.
- Friedrichs JC (1951). De teelt van Olievlas. Bericht No 6. Nederlands Vlasinstituut Wageningen.
- Fuchs A (1990). Perspectives of inulin and inulin-containing crops in the Netherlands and in Europe. In: Fuchs A (1990). Proceedings of the third seminar on inulin. NRLO rapport 90/28.
- Fuchs A, van Bekkum H (1991). Koolhydraten in opmars. Nieuwe ontwikkelingen dragen bij tot de oplossing van het probleem van de landbouwoverschotten. In: Spil: Kritisch tweemaandelijks tijdschrift over landbouw en platteland 95-96 + 97-98 / juli-augustus 1991 : 62-68.
- Geel WCA van, Darwinkel A (1994). Gierstmelde, Inca-graai op Nederlandse bodem. In: ten Hag BA, Darwinkel A, Borm GEL (1994). Themadag: Agrificatie en 'nieuwe' gewassen voor de akkerbouw. Themaboekje nr. 17. PAGV, Lelystad.
- Geisler G (1988). Pflanzenbau. Verlag Paul Parey. Berlin, Hamburg.
- Habekotté B (1988). Opbrengstvorming bij winterkoolzaad. Een literatuurverkenning. CABO- verslag 99.
- Heemst HDJ van, Smid HG (1989). Groei-analytisch onderzoek aan olievlas (*Linum usitatissimum* L., cv Antaris). CABO-verslag nr. 113.
- Hennink S, de Meijer EPM, van Soest LJM, van der Werf HMG (1993). Rassenperspectief van hennep t.a.v. opbrengst, produktkwaliteit en EG- subsidies. In: J.M. van Berlo (1993). Papier uit hennep van Nederlandse grond. Eindrapport Hennepprogramma.

- Hil J van den, Schiphouwer T (1987). Mogelijkheden voor de aardpeer als akkerbouw gewas in Nederland. Recente ervaringen met teelt en bewaring. In A. Fuchs (Ed). Verslagen van de tweede themadag inuline, 30 oktober 1887, Wageningen. NRLO rapport W199.
- Huisman W, de Maeyer EAA (1993a). Mechanisatie bij de teelt van hennep voor de vezelproductie. In: Berlo JM van (1993). Papier uit hennep van Nederlandse grond: mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport Hennepprogramma.
- Huisman W, de Maeyer EAA (1993b). Conservering en opslag van vezelhennep. In: Berlo JM van (1993). Papier uit hennep van Nederlandse grond: mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport Hennepprogramma.
- Hutten TJHM, Koster RAC (1991). Economische perspectieven van plantaardige industriële grondstoffen. In: Meijer WJM, Vertregt N (1991). Gewasdiversificatie en agrificatie. Agrobiologische thema's 4. CABO-DLO Wageningen.
- Jaarsma J (1989). Olivvorming en oliekwaliteit bij koolzaad. Een literatuurstudie. CABO-verslag nr.105.
- KBTL (1991). Miscanthus sinensis: Documentation des KBTL-Fachgespräches vom 11./12. September 1990 in Braunschweig. Arbeitspapier 158. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), D-6100 Darmstadt.
- Kerckhaert N (1992). De teelt van olievlas. Dienst Landbouwvoorlichting Goes.
- Kieboom APG, Kuster BFM (1988). Inuline en fructose als grondstof voor nieuwe chemische produkten. Koolhydraten in Nederland 3: 19-24.
- Kok CJ, Coenen GCM, de Heij A, Maas PWTH, Gerlagh M, Dijst G (1993). Effect van hennep op bodempathogenen. In: Berlo JM van (1993). Papier uit hennep van Nederlandse grond: mogelijkheden en onmogelijkheden. Eindrapport Hennepprogramma.
- Koster RAC, Schneider J (1990). An economic evaluation of the jerusalem artichoke, a new crop for the dutch cropping plan. In: Fuchs A. (1990). Proceedings of the third seminar on inulin. NRLO rapport 90/28.
- Kullmann A (1989). Einfluß der N-Versorgung auf einige Ertragskomponenten und Ölqualität bei Raps (*Brassica napus* L.). Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (1989), nr 2: 81-84.
- Kuster BFM (1990). 5- hydroxymethylfurfural (HMF). In: Fuchs A. (1990). Proceedings of the third seminar on inulin. NRLO rapport 90/28.
- Landbouwschap (1993). Verslag van het openbaar debat over de maatschappelijke en economische perspectieven van agrificatie, gehouden op 27 mei 1993 in het Nederlands Congresgebouw in Den Haag. Landbouwschap, juli 1993.
- Limburg H, van Soest LJM (1994). Industrie geïnteresseerd in Lesquerella-olie. *Prophyta* 1, januari 1994 : 20-21.

- Long SP (1994). The application of physiological and molecular understanding of the effects of the environment on photosynthesis in the selection of novel "fuel" crops; with particular reference to C₄ perennials. In: Struik et al. (eds.). Plant production on the threshold of a new century. Kluwer Academic Publishers Dordrecht (in press).
- Mastebroek HD, van Soest LJM (1994). Gierstmelde blijkt multi-purpose-gewas. *Prophyta* 1: 15-17, januari 1994.
- Meer M van der, Murray JS (1991). Oleochemische industrie heeft behoefte aan alternatieve gewassen voor unieke producten. In *Spil: Kritisch tweemaandelijks tijdschrift over landbouw en platteland* 95-96 + 97-98 / juli-augustus 1991: 81-84.
- Meijer WJM (1993a). Relevance of specialist crops for arable farming and industry in the Netherlands. In Marshall, Svoboda (eds.) EEG Workshop on specialist crops, april 1993.
- Meijer WJM (1993b). Workshop oliezaden CABO/CPRO (1993).
- Meijer WJM, Borm GEL (1990). Aardpeer en cichorei: twee gewassen voor één markt. *Landbouwkundig Tijdschrift* 102: 29-30 (1990).
- Meijer WJM, Mathijssen EWJM (1991). Inulineproductie via aardpeer of cichorei ? In: Meijer WJM en Vertregt N (1991). Gewasdiversificatie en agrificatie. *Agrobiologische Thema's 4*. CABO-DLO Wageningen.
- Meijer WJM, Mathijssen EWJM (1992). Crop characteristics and inulin production in chicory. *European Journal of Agronomy* 1(2): 99-108.
- Meijer WJM, Mathijssen EWJM (1993). Experimental and simulated production of inulin by chicory and Jerusalem artichoke. *Industrial crops and products* 1: 175-183.
- Meijer WJM, Meijer E de (1990). Wordt het wat met hennep ? *Landbouwkundig Tijdschrift* 102: 26-28.
- Meijer WJM, Mathijssen EWJM, Borm GEL (1993). Crop characteristics and inulin production of Jerusalem artichoke and chicory. In: Fuchs A (ed.) (1993). Inulin and inulin-containing crops. *Studies in plant science* Vol. 3. Elsevier, Amsterdam.
- Meijer WJM, van der Werf HMG, Mathijssen EWJM, van den Brink PWM (1994). Constraints to dry matter production in fibre hemp (*Cannabis sativa* L.).
- Mesken M (1988). Research on breeding, yield information and growing of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). EEC-DGXII- 2nd Workshop on Jerusalem artichoke, Rennes, 6-8 December 1988.
- Mesken M, Dieleman J, Lekkerkerker B (1988). Aardpeer, veredelingsonderzoek en veredeling. *Bijlage Prophyta* nr. 9: 267-269.
- Mheen HJ van der (1992). Produktie van zaad en carvon door karwij en dille. *PAGV Jaarboek 1991/1992*: 131-134.

- Mheen HJ van der (1993). Teelt van *Digitalis lanata*. Teelthandleiding nr. 50. PAGV Lelystad.
- Mheen HJ van der, Evenhuis A, Wander JGN (1994). Carvonproductie uit karwij- en dillezaad. In: ten Hag BA, Darwinkel A, Borm GEL (1994). Themadag: Agrificatie en 'nieuwe' gewassen voor de akkerbouw. Themaboekje nr. 17. PAGV, Lelystad.
- Morrenhof H, Bus CB (1990). Aardpeer, een potentieel nieuw gewas. PAGV verslag nr. 99.
- NGC (1993). Meerjarenvisie oliehoudende gewassen. Nederlands Graan-Centrum.
- NRLO (1990). Actieprogramma agrificatie. Tussenrapport van de Stuurgroep Agrificatie. NRLO-rapport nr. 90/7.
- Onna MJG van (1994). Perspectieven in de energiemarkt. In: ten Hag BA, Darwinkel A, Borm GEL (1994). Themadag: Agrificatie en 'nieuwe' gewassen voor de akkerbouw. Themaboekje nr. 17. PAGV, Lelystad.
- PAGV (1993). Kwantitatieve informatie PAGV 1993-94.
- Pascal-Villabos MJ, Correal E, Röbbelen G (1993). First sources of complete seed retention in *Euphorbia lagascae* Spring. Abstracts Symposium on Industrial Crops and Products, Pisa, 1993.
- Procé C (1986). Energieverbruik in de Nederlandse akkerbouw en veehouderij (1982). IVEM-rapport nr.17. Rijksuniversiteit Groningen.
- Rijssenbeek WLMM (1992). *Miscanthus sinensis* als vezelgewas. In: Spil 1992/4.
- Schild H van der (1991). Agrificatieonderzoek in Nederland. Nieuw perspectief voor akkerbouwer: producent voor andere markten. Uitgeversmaatschappij C. Misset BV, Doetinchem in samenwerking met het Instituut voor Agrotechnologisch Onderzoek (ATO-DLO) te Wageningen.
- Soest LJM van (1991). Oliën en vetzuren uit agrarische grondstoffen. In: Spil: Kritisch tweemaandelijks tijdschrift over landbouw en platteland 95-96 + 97-98 / juli-augustus 1991 : 75-80.
- Soest LJM van, de Bie HP (1991). Potentiële gewassen voor de industrie. CPRO-DLO Wageningen. 23 pp.
- Soest LJM van, den Nijs APM (1992). Onderzoeksnota plantenveredeling. CPRO-DLO, Wageningen. 13 pp en bijlagen.
- Soest LJM van, Mastebroek D (1993). Veredeling moet toekomst crambe zeker stellen. *Prophyta* 4 oktober/november 1993: 12-14.
- Soest LJM van, Mulder F (1993). Potential new oilseed crops for industrial use. *Lipid technology*, May/June 1993. Elsevier Science Publishers Ltd

- Soest LJM van, Doorgeest M, Ensink E (1987). Introductie-demonstratie tuin potentiële nieuwe gewassen 1987. CPRO-DLO Wageningen. 62 pp.
- Soest LJM van, Mastebroek HD, de Meijer EPM (1993). Genetic resources and breeding: a necessity for the success of industrial crops. *Industrial crops and products* 1: 283-288.
- Soest LJM van, Mulder F, Wallenburg SC (1991). Perspectieven van nieuwe oliehoudende gewassen: Exploitatie van variatie en veredelingsonderzoek. In: Meijer WJM, Vertregt N (1991). Gewasdiversificatie en agrificatie. *Agrobiologische Thema's* 4. CABO-DLO.
- Spitters CJT (1990). Modelling the seasonal dynamics of shoot and tuber growth of *Helianthus tuberosus* L. In: Fuchs A (1990). *Proceedings of the third seminar on inulin*. NRLO rapport 90/28.
- Spitters CJT, Lootsma M, Waart M van de (1989). The contrasting growth pattern of early and late varieties in *Helianthus tuberosus*. In: Grassi G, Gossé G (eds.), *Topinambour, Proc. EC. Workshop, 30 Sept.- 1 Oct. 1987, EUR 11855*.
- Steg A, Hindle VA, Gang LY (1994). By-products of some novel oil seeds for feeding: laboratory evaluation. *Workshop alternative oilseed and fibre crops for cool and wet regions of Europe, 7-8 april 1994, Wageningen*.
- Struik PC (1991). Mogelijke betekenis voor de akkerbouw: Agrificatie komt voor veel boeren een bedrijf te laat. In *Spil: Kritisch tweemaandelijks tijdschrift over landbouw en platteland* 95-96 + 97-98 / juli-augustus 1991: 16-20.
- Toxopeus H, Lubberts JH (1994). Eerste ras zomerkarwij krijgt kwekersrecht. *Prophyta* 1, januari 1994: 18-19.
- Toxopeus H, Dieleman J, Hennink S, Schiphouwer T (1994). *Topinambour: new selections show increased inulin productivity. Prophyta International* 2, june 1994.
- Vreeke S (1987). De invloed van teeltmaatregelen bij winterkoolzaad op de zaadproduktie in Noord-Nederland. *PAGV verslag nr. 63. PAGV Lelystad*.
- Vreeke S (1991). Teelt van vezelvlas. *PAGV teelthandleiding nr. 34. PAGV Lelystad*.
- Wander JGN (1994). Teelt van karwij. *Teelthandleiding nr. 60. PAGV Lelystad*.
- Wansink G (1982). *Energiegewassen in Nederland. NRLO - Studierapport* 13.
- Weele JM van der, Vader F (1985). De teelt van vlas, blauwmaanzaad, karwij en teunisbloem. *Actualiteiten* 33. *Federatie van Verenigingen voor Bedrijfsvoorlichting voor Zeeland*.
- Werf HMG van der (1991a). *Agronomy and crop physiology of fibre hemp. A literature review. CABO report* 142.

- Werf HMG van der (1991b). Vezelvorming en -productie bij hennep. In: Meijer WJM, Vertregt N (1991). Gewasdiversificatie en agrificatie. Agrobiologische Thema's 4. CABO-DLO.
- Werf HMG van der (1992). Fibre hemp in France. Report of a visit to the Fédération Nationale des Producteurs de Chanvre at Le Mans, France. Interne notitie CABO-DLO.
- Werf HMG van der, ten Cate M, Wijlhuizen M, Tick JJ, van Geel WCA (1993a). De teeltwijze van vezelhennep voor de productie van papier in Nederland. In: Berlo JM van (1994). Papier uit hennep van Nederlandse grond. Eindrapport Hennep-programma.
- Werf HMG van der, van Geel WCA en Wijlhuizen M (1994). Vezelhennep, een opsteker voor de akkerbouw ?. In: ten Hag BA, Darwinkel A, Borm GEL (1994). Themadag: Agrificatie en 'nieuwe' gewassen voor de akkerbouw. Themaboekje nr. 17. PAGV, Lelystad.
- Werf HMG van der, Meijer WJM, Mathijssen EWJM en Darwinkel A. (1993b). Potential dry matter production of *Miscanthus sinensis* in the Netherlands. *Industrial crops and products* 1 (1993): 203-210.
- Westerdijk CE (1993). Pasklaar recept ontbreekt: onkruidbestrijding in cichorei vereist maatwerk. *Boerderij, Akkerbouwsupp.* 78 (1993) 5: 24-25.
- Westerdijk CE (1994). Cichorei, een mogelijkheid erbij ? In: ten Hag BA, Darwinkel A, Borm GEL (1994). Themadag: Agrificatie en 'nieuwe' gewassen voor de akkerbouw. Themaboekje nr. 17. PAGV, Lelystad.
- Zoon NM (1990). Agrificatie: een inventarisatie van economische en politieke aspecten. Uitgegeven bij het symposium Agrificatie: uitdagingen en kansen, 19 juni 1991. Werkgroep Landbouwpolitiek, LU Wageningen.

Bijlage 1 Saldoberekeningen vezelgewassen

	Vezelvlas	Hennep	Miscanthus
Opbrengsten			
- hoofdprodukt	5200 x 0.53 = 2.756	10.000 x 0.18 = 1.800	12.600 x 0.14 = 1.764
- bijprodukt	1375 x 1.70 = 2.338		
- subsidie	0.5 x 894 = 447	1.700	(braak, klei) 1.075
Totale opbrengsten (a)	5.541	3.500	2.839
Toegerekende teeltkosten			
- zaaizaad/pootgoed	534	160	1.000
- bemesting	120	383	179
- gewasbescherming	271		32
- verzekering	46	20	
- rente	26	25	1.191
Totale toegerekende teeltkosten (b)	997	588	2.402
Saldo per ha E.M. (a-b)	4.544	2.912	437
Kosten voor oogst/transport/bewaring			
- trek (keer) repelen	410		
- keren	225		
- dorsen	440		
- drogen	150		
- persen	413		
- toppen		75	
- maaiakselen		400)
- veldtransport	)	200)
- bewaring	)	620	810
- rente bewaring	200	(incl. toevoeging) 62	260
Totale kosten oogst/transport/bewaring (c)	1.838	1.375	1.070
Saldo per ha L.W (a-b-c)	2.706	1.555	- 633

Opmerkingen:

1. Vlas

- Saldoberekening volgens PAGV, KWIN 1993-1994, aangevuld met gegevens van Vreeke (1991). Het gaat hierbij om vlas, zoals dat op dit moment in Nederland geteeld wordt volgens de methode "dauwrotten". Deze is in eerste instantie gericht op het veilig stellen van de zaaizaadproductie en daarnaast op het verkrijgen van een hoge lange vezelopbrengst. Oogst- en verwerkingskosten zijn berekend bij mechanisatie door een vlaskern.

2. Hennep

- Saldoberekening van hennep als grondstof voor de papierindustrie (van Berlo et al., 1993).
 - Een verlaging van de oogstkosten met f 200,- (door het in eigen beheer uitvoeren van oogst en veldtransport) en van de inkuilkosten met f 240,- (door verbeterde conserveringsmethoden en het in eigen beheer aanrijden van de kuil) lijkt tot de mogelijkheden te behoren (Huisman en de Maeyer, 1993).

3. Miscanthus

- Weergegeven worden de gemiddelde kosten per hectare per jaar, bij een teeltcyclus van 10 jaar, op basis van gegevens van Darwinkel et al. (1994).
 - Over de opbrengst van Miscanthus als vezelproducent is nog weinig bekend. Daar de vezelkwaliteit in vergelijking met hennep, geringer is, zal ook de prijs geringer zijn. Als energieproducent kan Miscanthus maximaal f 140,- per ton opleveren (van Onna, 1994).
 - Bij het in eigen beheer opkweken van plantgoed kunnen de gemiddelde jaarlijkse kosten worden verminderd tot slechts f 1615,- (Darwinkel et al., 1994). Dit levert een positief saldo van f 1224,-.

Bijlage 2a Saldoberekeningen olieproducerende gewassen

	Olievlas	Koolzaad	Crambe
Opbrengsten			
- hoofdprodukt	2300 x 0.40 = 920	3.100 x 0.32 = 992	2.500 x 0.325 = 812
- bijprodukt			
- subsidie	1.472	1.472	(braak, klei) 1.075
Totale opbrengsten (a)	2.392	2.464	1.887
Toegerekende teeltkosten			
- zaaizaad	276	111	120
- bemesting	235	234	142
- onkruidbestrijding	119	304	125
- gewasbescherming	30	190	140
- rente/verzekering	50	64	50
- drogen/schonen	75	174	185
Totale toegerekende teeltkosten (b)	785	1.077	762
Saldo per ha E.M. (a-b)	1.607	1.387	1.125
Oogstkosten			
- zwadmaaien	)	240)
- zwaddorsen	) 450	450	) 450
Totale oogstkosten (c)	450	690	450
Saldo per ha L.W (a-b-c)	1.157	697	675

Opmerkingen:

1. Olievlas

- Saldoberekening, aangepast volgens Kerckhaert (1991).
- Wereldmarktprijs is sterk fluctuerend en schommelt ongeveer tussen 45 en 70 ct per kg (zaadprijs).

2. Koolzaad

- Saldoberekening PAGV, KWIN 1993-94.
- Wereldmarktprijs is sterk fluctuerend en schommelt ongeveer tussen 60 en 180 ct per kg (olieprijs). Op het moment bedraagt hij 80-90 ct/kg.

3. Crambe

- Saldoberekening volgens Borm en van Dijk (1994a).
- Wereldmarktprijs is sterk fluctuerend. Op het moment bedraagt de olieprijs 130-140 ct per kg, de kosten voor transport en winning bedragen ca. 26 ct/kg.
- De schrootprijs bedraagt naar verwachting 33 ct/kg.
- Bij de bepaling van de prijs is rekening gehouden met de verwerkingskosten (inclusief extra verwerkingsstap) en de opbrengst aan schroot.
- Het saldo wordt hoger, indien crambe, net als olievlas en koolzaad, onder de EG-marktordening voor oliehoudende gewassen zou worden gebracht.

Bijlage 2b Saldoberekening karwij voor de productie van carvon

	Karwij	
Opbrengsten		
- hoofdprodukt	39.6 x 20 =	792
- bijprodukt		
- subsidie		1.075
Totale opbrengsten (a)		1.867
Toegerekende teeltkosten		
- zaaizaad		65
- bemesting		298
- onkruidbestrijding		210
- gewasbescherming		164
- rente/verzekering		60
- drogen/schonen		70
Totale toegerekende teeltkosten (b)		867
Saldo per ha E.M. (a-b)		1.000
Oogstkosten		
- zwadmaaien)	
- zwaddorsen	)	450
Totale oogstkosten (c)		450
Saldo per ha L.W (a-b-c)		550

Opmerkingen:

- Bronnen: van der Mheen et al. (1994); Wander (1994).
- Wereldmarktprijs van zuivere (d) - carvon is sterk fluctuerend en schommelt ongeveer tussen f 40,- en f 120,- per kg, met een gemiddelde van f 70,- per kg.
- Kosten voor verwerking worden geschat op f 50,- per kg (Cebeco).

Bijlage 3 Saldoberekeningen inulineproducerende gewassen

	Aardpeer	Cichorei
Opbrengsten		
- hoofdprodukt	4.500 x	4.500 x 0.111 = 4.995
- bijprodukt		pulpvergoeding 45
- subsidie		
Totale opbrengsten (a)		5.040
Toegerekende teeltkosten		
- zaaizaad/pootgoed	640	231
- bemesting	287	244
- onkruidbestrijding	)	400
- gewasbescherming	)	50
- verzekering	15	54
- rente	250	41
- tarra (10%)	45	180
- overig	27	
Totale toegerekende teeltkosten (b)	1.392	1.200
Saldo per ha E.M. (a-b)		3.840
Kosten voor oogst/transport/bewaring		
- rooien	)	800
- transport (opslag)	) ± 1.100	139
- transport (fabriek)		550
Totale kosten oogst/transport/bewaring (c)		1.489
Saldo per ha L.W (a-b-c)		2.351

Opmerkingen:

1. Aardpeer

- Bronnen: Koster en Schneider (1989); Westerdijk (pers. meded.).
- Vanwege het lagere inulinepercentage, brengt aardpeer waarschijnlijk minder op dan cichorei.
- Uitgaande van een opbrengst van f 100,-/ton en transportkosten gelijk aan die van cichorei wordt een saldo van f 1458,- bereikt.

2. Cichorei

- Bronnen: Westerdijk (1994), PAGV KWIN (1993-1994).
- De transportkosten voor het kerngebied zijn f 10,- per ton bruto geleverde cichorei. Deze kunnen oplopen tot maximaal f 35,- (voor 55 ton bruto geleverde cichorei is dit f 1925,-)
- In geval van ruggenteelt: extra kosten voor rugopbouw. Wanneer dit in loonwerk wordt gedaan bedragen de kosten hiervoor f 250,- per ha (Westerdijk, pers. meded.)