PLANT RESEARCH INTERNATIONAL
WAGENINGEN UR

Wortelonkruiden

Biologie en bestrijding, een literatuuroverzicht van akkerdistel, akkerkers, knolcyperus, veenwortel, akkermunt, en moerasandoorn

M.M. Riemens & R.Y. van der Weide

Nota 579

PLANT RESEARCH INTERNATIONAL
WAGENINGEN UR

Wortelonkruiden

Biologie en bestrijding, een literatuuroverzicht van akkerdistel, akkerkers, knolcyperus, veenwortel, akkermunt, en moerasandoorn

M.M. Riemens[1] & R.Y. van der Weide[2]

[1] Plant Research International
[2] Praktijkonderzoek Plant en Omgeving

Plant Research International B.V., Wageningen
Januari 2009 Nota 579

© 2009 Wageningen, Plant Research International B.V.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Adres	:	Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
	:	Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel.	:	0317 – 48 60 01
Fax	:	0317 – 41 80 94
E-mail	:	info.pri@wur.nl
Internet	:	www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

			pagina
1.	Inleiding		1
2.	Akkerdistel (*Cirsium arvense*)		3
	2.1	Geografische verspreiding	3
	2.2	Levenscyclus	3
		2.2.1 Zaadproductie en verspreiding	4
		2.2.2 Kieming en opkomst	5
		2.2.3 Wortelgroei	5
		2.2.4 Wortelgroei en de invloed van milieufactoren	6
		2.2.5 Hergroei vanuit de wortels	6
		2.2.6 Overleving en Verspreiding	7
	2.3	Management	9
		2.3.1 Niet-chemische methoden	9
		2.3.2 Biologische bestrijding	12
		2.3.3 Chemische bestrijding	12
	2.4	Model	12
	2.5	Samenvatting akkerdistel	12
3.	Akkerkers (*Rorippa sylvestris*)		15
	3.1	Geografische verspreiding	15
	3.2	Levenscyclus en diversiteit	15
		3.2.1 Reproductie	15
		3.2.2 Opkomst	16
		3.2.3 Wortelgroei	16
		3.2.4 Overleving	17
		3.2.5 Hybriden	17
	3.3	Management	18
	3.4	Samenvatting akkerkers	19
4.	Knolcyperus (*Cyperus esculentus* L.)		21
	4.1	Geografische verspreiding	21
	4.2	Levenscyclus	21
		4.2.1 Reproductie	22
		4.2.2 Opkomst en eerste groei	23
		4.2.3 Wortelgroei en knolvorming in relatie tot milieufactoren	24
		4.2.4 Overleving	25
		4.2.5 Hybriden	25
	4.3	Management	25
		4.3.1 Niet-chemische methoden	25
		4.3.2 Biologische bestrijding	27
		4.3.3 Chemische bestrijding	29
	4.4	Samenvatting knolcyperus	30

pagina

5. Veenwortel (*Persicaria amphibia/ Polygonum amphibium*) 31

5.1 Geografische verspreiding 31
5.2 Levenscyclus 31
5.2.1 Reproductie 31
5.2.2 Overleving 33
5.2.3 Hybriden 33
5.3 Management 33
5.3.1 Competitie en nutriënten 33
5.3.2 Maaien en begrazing 33
5.3.3. Chemische bestrijding 33
5.4 Samenvatting veenwortel 34

6. Akkermunt (*Mentha arvensis*) 35

6.1 Geografische verspreiding 35
6.2 Levenscyclus 35
6.2.1 Reproductie en opkomst 35
6.2.2 Wortelgroei 37
6.2.3 Hergroei vanuit de wortels 37
6.2.4 Overleving 39
6.3 Management 39
6.3.1 Chemische bestrijding 39
6.3.2 Mechanische bestrijding 40
6.4 Samenvatting akkermunt 40

7. Moerasandoorn (*Stachys palustris*) 41

7.1 Geografische verspreiding 41
7.2 Levenscyclus 41
7.3 Management 42
7.4 Samenvatting Moerasandoorn 42

8. Samenvatting en conclusies 43

Referenties 47

1. Inleiding

De in dit rapport beschreven studie is een deelactiviteit van het project 'Preventieve maatregelen ter beheersing van probleemonkruiden', behorende bij het BO-onderzoeksprogramma van het ministerie van LNV Plant gezondheid. Het onderzoek valt binnen thema 4 'Effectief en duurzaam middelen pakket'.
Verschillende partijen, zoals biologische en gangbare boeren, loonwerkers en de Plantenziektenkundige Dienst zijn bij de start van het project gevraagd aan te geven wat volgens hen de meest problematische onkruidsoorten in de Nederlandse landbouw zijn of welke soorten als gevolg van het verdwijnen van bestrijdingsmiddelen in de nabije toekomst zullen worden. In totaal werden 19 soorten geïdentificeerd, waarvan 13 eenjarige:
Stellaria media, Polygonum persicaria, Polygonum aviculare, Polygonum convolvulus, Alopecuris myosuroides, Panicum verticillatum (Setaria verticillata), Panicum lineare, Amaranthus retroflexus, Æthusa cynapium, Poa annua, Chenopodium album, Solanum nigrum, Galinsoga parviflora and *Geranium molle,* en 6 meerjarige:
Cyperus esculentus (Knolcyperus), *Cirsium arvense* (Akkerdistel), *Persicaria amphibia* (Veenwortel), *Mentha arvensis* (Akkermunt), *Stachys palustris* (Moerasandoorn), *and Rorippa sylvestris* (Akkerkers).

In dit rapport staan de resultaten van een literatuurstudie naar de biologie en beheersing van bovengenoemde meerjarige soorten beschreven.

2. Akkerdistel (*Cirsium arvense*)

2.1 Geografische verspreiding

Nederland

Akkerdistel komt in heel Nederland voor in natuurterreinen, op akkers, graslanden, rivieroevers en uiterwaarden en langs de kant van de weg (Lotz *et al.*, 2000).

Wereldwijd

Akkerdistel is een plant die van lange dagen houdt (Moore, 1975) en het minder goed doet in een warm, droog klimaat (Hakansson, 2003). In Canada zijn planten aangetroffen die temperaturen tot -27 °C overleefden. In dat land is de verspreiding van akkerdistel toegenomen van 20.000 ha in 1975 tot 200.000 ha in 1997 (Thomsen *et al.*, 2004). In Groot-Brittannië is de soort het meest voorkomende wortelonkruid in graslanden (Haggar *et al.*, 1986). De plant wordt daar meestal aangetroffen in de zoomvegetatie van een perceel of binnen een straal van 5 m van deze zoom op het perceel (Marshall, 1985). In Duitsland bleek uit een survey onder 156 biologische boeren in 2003 dat 93% van de boeren problemen heeft met *C. arvense* (Verschwele, 2004). Verder bleek uit die survey dat ongeveer 33% van het biologische akkerbouwareaal is besmet met akkerdistel.

Uit een Europese survey die tot doel had de belangrijkste onkruidsoorten die in de biologische landbouw in de nieuwe en oude lidstaten problemen veroorzaken te identificeren, kwam *C. arvense* naast *Elymus repens*, *Chenopodium album*, *Gallium aparine* als een van de grootste probleemsoorten in Europa naar voren (Glemnitz *et al.*, 2007).

2.2 Levenscyclus

Grondsoort

Hoewel akkerdistel op bijna elke grondsoort voorkomt, heeft het een voorkeur voor voedselrijke gronden (Lotz *et al.*, 2000;Sindel, 1991). De groei van akkerdistel wordt gestimuleerd door hoge stikstof en fosfor niveaus (Edwards *et al.*, 2000) en de plant is het meest competitief op diepe, luchtige grond die niet te snel warm wordt. De plant heeft het vermogen om de dominante soort te worden op elke grondsoort indien het niet bestreden wordt. Akkerdistel is zelfs aangetroffen op gronden met een zoutgehalte van 2% (Wilson, 1979).

Diversiteit

Van akkerdistelplanten die in een grote haard voorkomen werd altijd gedacht dat ze van dezelfde kloon afstammen die vanuit een enkele zaailing ontwikkeld is. Sommige populaties lijken zich bijna geheel te hebben ontwikkeld middels vegetatieve reproductie (Jump *et al.*, 2003). Hoewel dit in sommige situaties het geval zal zijn, heeft genetisch onderzoek aangetoond dat er vaak meerdere genotypen aanwezig zijn in een haard (Hetwerr & Gerowitt, 2004).
In Canada is in het verleden aangetoond dat de fenotypes van akkerdistel sterk variëren in bladvorm, kleur van de bloem, zaadgrootte en tijd van opkomst in het voorjaar (Hodgson, 1964). Dit verschil in de tijd van opkomst kon oplopen tot twee weken tussen de verschillende types. Wat doorvertaald kon worden naar een zelfde verschil in het tijdstip waarop knoppen gevormd werden en het tijdstip waarop de bloei plaatsvond. Aanzienlijke verschillen in de samenstelling van de waslaag komen ook voor. Deze kunnen van belang zijn voor de opname van herbiciden.

Natuurlijke vijanden

Akkerdistel en andere distels doen dienst als voedselplant voor verschillende soorten insecten, waaronder de zwarte bonenluis (*Aphis fabae*), de bietenvlieg (*Pegomyia hyoscyami*), de selderijboorvlieg (*Euleia heraclei)*, en de larven van de slawortelboorder (*Korscheltellus lupulina*). Daarnaast zijn ze waardplant voor verschillende soorten meeldauw en roest.

2.2.1 Zaadproductie en verspreiding

Akkerdistel bloeit van juli tot september, soms tot in oktober (Bostock & Benton, 1979). Zaadverspreiding vindt plaats vanaf augustus, hoewel deze ook in de zaadkoppen achter kunnen blijven tot in de winter. Kleine stengels aan de rand van een haard produceren normaal gesproken geen bloemen (Bostock & Benton, 1979). De bloemen zijn tweehuizig, maar functioneel gezien of mannelijk of vrouwelijk (Lloyd & Myall, 1976). In het algemeen wordt er vanuit gegaan dat levenskrachtige zaden voornamelijk geproduceerd worden nadat planten met vrouwelijke bloemen bestoven zijn door pollen van planten met mannelijke bloemen (Lotz *et al.*, 2000). De vorming van zaden door vrouwelijke planten neemt af naarmate de afstand tot mannelijke planten groter is. Deze afname is significant bij afstanden groter dan 20m, zeker wanneer er fysieke barrières zoals wegen, dijken en heggen aanwezig zijn (Kay, 1985).

De in functioneel opzicht vrouwelijke bloemen zijn puur vrouwelijk; dat wil zeggen de meeldraden zijn onderontwikkeld en produceren geen pollen. Mannelijke bloemen hebben slecht ontwikkelde stempels, hoewel zo nu en dan toch bevruchting optreed en een levensvatbaar zaad geproduceerd wordt. Normaal wordt er vanuit gegaan dat mannelijke en vrouwelijke bloemen op aparte planten ontstaan. Het witte pluis wordt alleen door vrouwelijke bloemen geproduceerd, de mannelijke bloemen krijgen een donkerbruine kleur. Planten met hermafrodiete bloemen die zaden produceren komen overeen met de mannelijke klonen (Heimann & Cussans, 1996). De mannelijke klonen produceren gemiddeld 0.1 zaad per bloemknop, de hermafrodiete planten 10 tot 65 zaden per bloemknop. De vrouwelijke bloemen kunnen 20-200 zaden per bloemknop produceren (Salisbury, 1961), met een gemiddelde van 80 (Lloyd & Myall, 1976). Het aantal zaden per plant varieert van 1600 tot 8400 (Sindel, 1991). Stevens (1932) geeft een gemiddelde van 680 zaden per scheut met een 1000 korrelgewicht van 0.90 tot 1.575 gram voor een individuele plant in een pot (Stevens, 1932). In Nederland is een gemiddelde van 167.5 zaden per scheut aangetroffen in natuurgebieden en de aangrenzende akkers, het 1000 korrelgewicht dat daarbij hoorde was gemiddeld 1.1485 gram (Lotz *et al.*, 2000). Hodgson (1964) ontdekte dat het 1000 korrelgewicht varieerde van 0.63 tot 1.65 gram tussen jaren en tussen ecotypes (Hodgson, 1964).

De bloemen kunnen zich zelf bestuiven, maar de vorming van zaden is meestal laag na zelfbestuiving. Omdat planten van een kloon zichzelf niet kunnen bestuiven en omdat bestuivende insecten de neiging hebben binnen één haard te blijven, is er weinig kruisbestuiving en wordt er weinig zaad geproduceerd, tenzij er een mengsel van individuen in de haard aanwezig is (Kay, 1985). De verhouding tussen mannelijke en vrouwelijke bloemen in een haard is erg variabel (Lloyd & Myall, 1976). Schattingen van de maximale afstand tussen mannelijke en vrouwelijke klonen waarbij nog zaad geproduceerd kan worden variëren van 50 tot 390m (Amor & Harris, 1974).

De zaadverspreidingsdichtheid hangt af van voornamelijk de dichtheid van de zaden die in de haard geproduceerd worden en in minder mate van de diepte van de haard in de windrichting. De meeste zaden (90%) komen terecht binnen een straal van 20 m tot de haard, en de maximale afstand waarover zaden worden verspreid bedraagt 50 m van de rand van de haard (Lotz *et al.*, 2000). De bloemen zijn gemiddeld genomen 2 dagen vruchtbaar. Deze periode wordt echter tot 5 dagen opgerekt wanneer de beschikbaarheid van pollen laag is (Lalonde & Roitberg, 1994).

De periode tussen de eerste bloei en de vorming van levensvatbare zaden duurt ongeveer 8-10 dagen. Enige variatie binnen de bloemknop vindt daarbij plaats omdat de buitenste zaden eerder rijpen. Na 8 dagen is ongeveer 13% van de zaden levensvatbaar, na 9 dagen 80% en na 16 dagen 90% (Derscheid & Schultz, 1960). Op het moment van zaadverspreiding zijn de meeste zaden kiemkrachtig, hoewel dit kan variëren met ecotype (Hodgson, 1964).

2.2.2 Kieming en opkomst

Licht stimuleert de kieming van akkerdistel zaad. Het zaad kan kiemen op het grondoppervlak (Wilson, 1979) en ook vanaf een diepte van 60 mm (Moore, 1975), maar de optimale kiemingsdiepte is 5 tot 15 mm (Wilson, 1979). Volgens Mohler (1993) is de opkomst van zaailingen optimaal vanuit zaden die zich vlak onder het oppervlak bevinden (Mohler, 1993). Wanneer de zaden door de bovenste 75 mm van de grond gemengd werden onder veldomstandigheden en dit mengsel regelmatig wordt geroerd, bleek de voornaamste opkomstperiode april tot mei te zijn (Roberts & Chancellor, 1979).

Zaden die van juli tot augustus geproduceerd worden kunnen in de herfst erop al kiemen (Salisbury, 1961). Bij het zaaien van rijpe zaden in de zomer, kiemt een groot deel in februari- maart, hoewel er gedurende het hele jaar kieming optreedt (Salisbury, 1962b). Van zaailingen die direct na het zaaien in de herfst opkomen, wordt verondersteld dat ze de winter niet overleven door een gebrek aan ondergronds weefsel waaruit ze in het voorjaar weer kunnen regeneren.
Gemiddeld kiemt 60% van de zaden in het eerste jaar na zaaien, maar gedurende 4 jaar na de zaai blijven er zaailingen verschijnen.

De zaden die door functioneel gezien mannelijke bloemen geproduceerd worden zijn kleiner en kiemen slechter. De groei van de zaailingen van deze zaden is echter normaal (Lloyd & Myall, 1976). De zaden die door hermafrodiete bloemen geproduceerd worden hebben een hoge levensvatbaarheid volgens een studie van Kay uit 1985. Zaden kiemen het beste bij een constante temperatuur tussen de 25 en 30 °C (Heimann & Cussans, 1996; Kumar & Irvine, 1971;Salisbury, 1961) dan wel bij een afwisselende temperatuurrange van 20 tot 30 °C en 30 tot 40°C (Wilson, 1979). Bij lage temperatuur wordt de kieming gestimuleerd door een hoge lichtintensiteit. Vooraf koelen bij -4,7 °C bevordert de kieming in zowel licht als donker, maar is niet essentieel voor de kieming in het licht. Een fotoperiode van 8 tot 16 uur is effectiever dan continu licht (Kumar & Irvine, 1971). De optimum pH waarde voor kieming licht tussen de 5.8 en 7. Boven of onder deze waarden wordt de kieming geremd (Wilson, 1979). Licht, stikstof, wisselende temperaturen en de leeftijd van het zaad zijn allen van invloed op de kieming (Bostock & Benton, 1979). In weilanden wordt akkerdistel onderdrukt door grassen, in het bijzonder door de gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) schijnt een goede remmende werking te hebben (Wardle *et al.*, 1992). Zaailingen hebben alleen kans om zich permanent te vestigen in een bestaande vegetatie wanneer er grondbewerkingen plaatsvinden (Weber, 2003). Verspreiding van zaden over een al gevestigde vegetatie levert geen zaailingen op, terwijl 6 tot 12% van zaden die op braakliggende grond worden gezaaid wel zaailingen produceren. Dit gebeurt echter alleen wanneer deze zaden met de bovenste 5 tot 10 mm van de grond worden gemengd (Amor & Harris, 1974).

2.2.3 Wortelgroei

Wanneer akkerdistel zich eenmaal gevestigd heeft, is de verspreiding voornamelijk vegetatief. Zaailingen van 19 dagen oud en met twee echte bladeren bleken in een studie van Wilson (1979) in staat nieuwe spruiten te vormen nadat de top van de plant verwijderd werd (Wilson, 1979). In dat stadium is het (vertakte) wortelsysteem 15 cm diep (Holm & Miller, 1972).
Binnen 8 tot 10 weken na opkomst zijn zaailingen in staat een hoofdwortel met zijwaarts groeiende wortels te produceren. Aan de basis van deze zijwaarts gerichte wortels kunnen zich additionele knoppen vormen. Zodra deze zijn gevormd kan de plant zich weer regeneren wanneer deze bijvoorbeeld door maaien bestreden wordt. Vanuit deze knoppen groeit de plant weer uit middels additionele stengels. Zes maanden na de zaai kan de zaailing een diepte van 60 cm hebben bereikt (Donald, 1994).

Er bestaan verschillende visies op de verdeling van het wortelsysteem. Volgens Hamdoun (1970) kan het onderverdeeld worden in drie delen: dunne wortels, onregelmatig verdikte wortels en oppervlakkige wortels (Hamdoun, 1970a). Donald (1994) echter houdt het op vier types: lange verdikte verticaal groeiende wortels, lange verdikte horizontaal groeiende wortels, additionele scheuten en verticaal groeiende ondergrondse stengels.
Vlak na opkomst in het voorjaar groeien de bladeren gedurende enkele weken in een rozet voordat verdere verticale groei plaatsvindt. Zaailingen die later in het jaar opkomen, vormen meestal geen rozet voordat stengelstrekking

plaatsvindt. Tegelijkertijd met de stengelstrekking vindt groei van de zijwaarts groeiende wortels plaats. De maximale diepte van de hoofdwortel kan oplopen tot 3.8 m op kleigrond, en op zandgronden tot 1.0 m (Donald, 1990).

2.2.4 Wortelgroei en de invloed van milieufactoren

In het algemeen is het zo dat lage temperaturen en korte lichtperioden de groei van wortels bevorderen ten opzichte van de groei van de bovengrondse delen (Donald, 1994). Wortelstokken blijken gevoelig te zijn voor vorst. In een labstudie bleek dat 50% van de wortelstokken niet overleefde bij temperaturen van -7 °C (Schimming & Messersmith, 1988). Hierbij moet echter aangetekend worden dat kasplanten vaak gevoeliger zijn voor externe factoren zoals temperatuur dan veldplanten (Petersen & Hurle, 2001).
Bemesting met stikstof stimuleert de groei van wortels in de bovenste 10 cm van de grond. Dit kan leiden tot een toename van additionele stengels waardoor de dichtheid van planten bij hogere stikstofgiften groter is. Het aantal groeipunten per meter wortel en de lengte van de wortels nam toe bij een toename van de stikstofbemesting, vooral in de bovenste grondlagen in een studie van Nadeau en Van Born (1990) (Nadeau & Van Born, 1990).
In een studie met een zandgrond nam de stengel- en bladproductie toe met een toenemende stikstofgift. Deze toename werd voornamelijk veroorzaakt door de groei van nieuwe planten uit 5 cm lange wortelstokken of vanuit zaad (Hamdoun, 1970b). In die studie was het effect van het nutriënten niveau minder groot op de ontwikkeling van wortels. Uit een andere studie op een zandgrond met verschillende stikstofniveaus bleek dat het grootste aantal groeipunten op de wortels werd gevormd bij de laagste stikstofniveaus (McIntyre & Hunter, 1975). Deze resultaten lijken elkaar tegen te spreken. Echter, het grotere aantal groeipunten op de wortels bij een laag stikstofniveau hoeft niet te betekenen dat er ook een toename zal zijn van het aantal opkomende scheuten. Bij een laag stikstofniveau moeten de wortelstokken met de stengel van de ouderplant wedijveren om een beperkt aanwezige grondstof. Door juist de hoeveelheid stikstof te verhogen in een dergelijk situatie kan het aantal scheuten dat door de aanwezige groeipunten gevormd wordt flink toenemen.

2.2.5 Hergroei vanuit de wortels

Hoewel de diepte van het wortelstelsel kan oplopen van 2 tot 6 m voor volgroeide planten, vindt hergroei plaats vanuit wortels in of net onder de ploegdiepte. Opgraving van het wortelstelsel heeft aangetoond dat 54% van de wortels zich bevindt in de laag van 7 tot 23 cm diep, 30% in de laag van 23-38 cm diep en 16% in de laag van 38 tot 53 cm diep.
De inititiële wortelstengel is relatief dun, maar produceert een groot aantal witte wortelstokken die een nog groter aantal knoppen produceren. Deze knoppen ontwikkelen zich tot stengels met en zonder bloemen. De ondergrondse stengels ontstaan uit knoppen van verticale of horizontale wortels (Hamdoun, 1970a). Deze stengels produceren al bladeren voordat ze door de bovenste grondlaag heen zijn. De eerste bladeren die als bescherming van het groeipunt dienen wanneer de stengels door de grond groeien, blijven achter als simpele kiembladeren (Hamdoun, 1970a).
Hergroei vindt alleen plaats vanuit verdikte stukken wortels en vanuit ondergrondse stengels. Groeipunten worden gevormd op de wortels in zowel de herfst als in de winter volgend op het afsterven van de bovengrondse stengels. Daarnaast worden deze groeipunten het gehele jaar door gevormd als reactie op afsterven of verwijderen van bovengrondse stengels. Labtesten laten zien dat er waarschijnlijk geen seizoensgebonden ontwikkeling van deze groeipunten is (McAllister & Haderlie, 1985). Wortelstukken met een lengte van minder dan 5 mm hebben waarschijnlijk niet voldoende reserves om scheuten te vormen. Stengels worden geproduceerd door wortelstukken met een lengte van 10 mm en een dikte van 1 mm, behalve als het onvolgroeide groeipunten betreft (Hamdoun, 1972). De optimum temperatuur voor hergroei is 15 °C, en de minimumtemperatuur 5 °C. Wortelstukken met een lengte van 2,5 cm op een diepte van 50 cm blijken nog in staat te zijn stengels te leveren (Hamdoun, 1972).
Onder veldomstandigheden is de hergroei van akkerdistel uit wortelstukken bepaald op 0, 10, 20, 30 en 40 cm diep (Thomsen *et al.*, 2004). Uit dat onderzoek bleek dat stengels afkomstig van ondiep begraven wortelstokken sneller opkomen, maar dat na 2 maanden de wortelstukken die op 30 en 40 cm diepte begraven waren een gelijk aantal stengels had geproduceerd. In een potstudie werden wortelstukken op een diepte van 5 cm in een zandgrond met een pH van 5.7 (Niederstrasser *et al.*, 2007). Het bleek dat wortelstukken met een lengte van 1 of 3 cm slechts

zelden bovengrondse delen produceerden, terwijl alle stukken met een lengte van 5 of 10 cm stengels produceerden. De scheuten die uit de korte wortelstukken (1 tot 5 cm) groeien zijn vaak niet in staat te overleven door een slechte ontwikkeling van het wortelstelsel.
In een andere potstudie vond Gustavsson (1997) dat lange wortelstokken met een lengte van gemiddeld 21 cm een grotere massa primaire stengels, nieuwe wortels en stengels op deze wortels produceerden dan de korte wortelstokken met een lengte van 5 cm. De hergroei vanuit de korte wortelstokken werd gestopt door de planten te knippen op het moment dat de stengels 4 tot 7 echte bladeren hadden. Verstoring in het 8 blad stadium na hergroei verkleinde de hergroei vanuit de langere wortelstokken (Gustavsson, 1997). In het veld bleek dat verstoring in het 10 bladstadium voor ondiep (5 cm) begraven wortelstokken en in het 7 blad stadium voor diep (20 cm) begraven wortelstokken voldoende was om hergroei te voorkomen (Gustavsson, 1997).

In grasland zijn vooral de groeipunten aan de basis van de stengels die na een maaironde achterblijven van belang voor het in stand houden van een akkerdistel populatie. In akkerland worden deze stengeldelen begraven door grondbewerkingen (Donald, 1994). Het is onduidelijke wat de bijdrage is van hergroei vanuit deze delen aan de overleving van de populatie na grondbewerking. Of ze ook in die situatie een bijdrage kunnen leveren aan de hergroei van de populatie is onzeker. De overleving hangt dan van meerdere factoren af, waaronder het type stengel en de mate waarin de stengeldelen begraven worden (Magnusson *et al.*, 1987). Het blijkt dat hergroei vanuit bovengrondse stengels die afgemaaid zijn en waarvan 5 tot 6 cm is begraven nog mogelijk is, maar dat hergroei niet meer optreedt wanneer de gehele stengel is begaven. Hergroei en overleving vanuit bovengrondse stengels is het grootste wanneer deze in het voorjaar worden gemaaid, en het kleinst wanneer deze gemaaid worden tijdens de bloei of net na de bloei. Ondergrondse stengeldelen die werden afgesneden op een diepte van 10 tot 13 cm (nog boven de zijwaarts groeiende wortels) waren niet in staat opnieuw uit te groeien. Dit gold voor zowel het voorjaar als het najaar en voor geheel dan wel gedeeltelijk begraven scheuten. Afsnijden in de zomer na de bloei leidde echter wel tot de vorming van nieuwe scheuten vanuit deze stengeldelen. De mate van bedekking van de stengeldelen met grond maakte daarbij geen verschil. De nieuwe scheuten vormen dan nog voor de winter een nieuw wortelstelsel met zijwaarts groeiende verdikte wortels die de winterperiode kunnen overleven (Magnusson *et al.*, 1987).

Opkomst vanuit wortelstokken begint in april- mei, en loopt door tot in september (Laswon *et al.*, 1974). Van juli tot oktober worden assimilaten naar de ondergrondse delen getransporteerd om reserves voor het volgende jaar op te bouwen. De reserves zijn minimaal tussen mei en juli. De plant sterft af tot net onder het grondoppervlak in de late herfst. Een deel van de ondergrondse delen kan wegrotten, wat kan leiden tot fragmentatie in verschillende wortelstokken van de haard. Ondergrondse stengels die al in de herfst op verdikte wortels ontwikkeld zijn, groeien uit tot bovengrondse stengels in het vroege voorjaar. De verdikte wortelstukken (dat wil zeggen die met de nutriëntenvoorraad) kunnen in een niet-bewerkte grond gedurende meerdere jaren dormant blijven (Moore, 1975).

2.2.6 Overleving en Verspreiding

Overleving van zaden in de bodem

De meeste zaden produceren zaailingen in het eerste jaar waarin ze gezaaid worden en leveren geen zaailingen meer na jaar 2. Zaden die 3 jaar lang op 0-2, 5 en 20 cm diepte werden bewaard, hadden een levensvatbaarheid van 1.4,30.9 en 50.5% in een studie van Sindel (1991) (Sindel, 1991). Volgens Salisbury (1962) en Weber (2003) kunnen zaden meer dan 20 jaar overleven in de bodem. De tijdsduur tot aan het moment waarop 50% van de zaden is gestorven op een diepte van 15 cm varieert tussen de 5 tot 10 jaar (Bostock, 1978). De overleving van de zaden neemt over het algemeen toe met diepte waarop ze begraven zijn. Dit hangt echter ook af met het type vegetatie; onder grasland is de levensduur waarschijnlijk aanzienlijk korter. In zowel een Britse als een Nederlandse studie werd namelijk de soort niet in de zaadbank aangetroffen, terwijl deze in de Nederlandse studie wel bovengronds aangetroffen werd in het grasland (Roberts, 1981;Van Altena & Minderhoud, 1972).
In een langdurig zaadbewaringsexperiment werd nog respectievelijk 6, 10 en 21 % van de zaden levensvatbaar aangetroffen na 10 jaar bewaring op 20,32 cm (8 inch), 55,88 cm (22 inch) en 106,68 cm (42 inch) diepte. Na 25 jaar bewaring was nog 5% van de zaden bewaard op een diepte van 106,68 cm levensvatbaar en 1% van de zaden in minder diepe bodemlagen. Na 30 jaar was geen enkel zaadje meer levensvatbaar (Toole & Browne, 1946).

Uit een labstudie blijken heel andere getallen over de overleving van zaden. Amor and Harris (1975) bewaarden zaden bij 27 °C en een luchtvochtigheid van 80%. De zaden stierven allemaal binnen een half jaar. Van de zaden die ze droog bewaarden bij 20°C was na 2 jaar nog 12% levensvatbaar (Amor & Harris, 1975).

In Australië is de omvang van akkerdistelzaadbanken geschat op 1480 tot 26371 zaden per m^2 (Sindel, 1991).

Verspreiding van zaad

Omdat zaailingen van akkerdistels slechts zelden op akkers aangetroffen worden, wordt er gesuggereerd dat voortplanting middels zaden alleen van belang is voor de kolonisatie van nieuwe habitats (Heimann & Cussans, 1996). Er is echter in een Duitse studie aangetoond dat een haard van akkerdistel in een veld bestaat uit verschillende klonen die ieder een diameter van ongeveer 5 m beslaan. Individuen van 1 kloon met hetzelfde genotype werden aangetroffen in verschillende haarden die binnen een paar meter van elkaar aflagen. Die resultaten duiden er op dat er regelmatig vestiging van zaailingen plaatsvindt en reproductie via de zaden wel degelijk een rol speelt bij de overleving en verspreiding van de akkerdistel (Hetwerr & Gerowitt, 2004). Volgens Hakansson (2003) kunnen zaden van distels die op de kopakkers staan bijdragen aan de in stand houding van een bestaande veldpopulatie wanneer deze niet op tijd gemaaid worden.

Testen in laboratoria suggereren een maximum verspreiding van 7,6 en 11,4 m bij windsnelheden van 3.01 en 4,56 m/s, afhankelijk van de hoogte van de plant (Sheldon & Burrows, 1973). In een Nederlandse studie is gekeken naar de windverspreiding van akkerdistelzaden vanuit naar natuurgebieden op naastliggende akkers. Daaruit bleek dat 90% van de zaden binnen een afstand van 40 meter tot de haard neerkomt bij een gemiddelde windsnelheid van 4m/s (Lotz *et al.*, 2000). In diezelfde studie is ook een vergelijking gemaakt tussen het aantal zaden dat vanuit die natuurgebieden op de akker terecht komt en het aantal zaden dat geproduceerd wordt door de al aanwezige haarden. Daaruit bleek dat distels in gebieden die op een afstand variërend van 12 tot 45 m van de rand van de akker liggen een grotere bijdrage kunnen leveren aan de in het perceel neerkomende zaden dan de al aanwezige haarden.

Besmetting van gewaszaad lijkt ook bij te dragen aan de verspreiding van akkerdistel. Zo is de soort bijvoorbeeld ook in de V.S. geïntroduceerd (Mitich, 1988). In Groot-Brittannië is in het verleden eveneens akkerdistel zaad aangetroffen; in 3% van de meerjarige roggezaad monsters en in 1% van de graszaad monsters zat *C. arvense* zaad (Gooch, 1963).

In de V.S. zijn levensvatbare zaden van de akkerdistel in de mest van koeien aangetroffen (Pleasant & Schlather, 1994). Ook vogels kunnen voor verspreiding zorgen.

Vegetatieve verspreiding

Eén akkerdistel plant kan meerdere vierkante meters beslaan en daarmee andere vegetatie verdringen (Weber, 2003). Vegetatieve verspreiding van 6 tot 12 m per jaar is in het verleden gerapporteerd (Salisbury, 1962a, b). De wortelstokken kunnen meer dan 5m lang worden en zijn de belangrijkste manier van vegetatieve verspreiding voor de soort (Weber, 2003). De snelheid waarmee deze zich strekken varieert van 1,5 tot 4 meter per jaar. Het is waargenomen dat stengels die vanuit wortelstokken van 7,5 cm hergroeiden na 3 jaar een wortelstelsel van 7,2 m breed vormden (Donald, 1994). Afhankelijk van de grondsoort, het jaar en het management is er gemiddeld sprake van een laterale groei van 0,8 tot 1,3 m per jaar. Studies met herbiciden hebben aangetoond dat er een fysieke wortelverbinding en daarmee ook transport van materialen is tussen planten binnen 1 haard (Donald, 1994). In Australië varieerde de laterale wortelstrekking van 0,04 m en 3,41 m per jaar met een gemiddelde van 1,5 m (Amor & Harris, 1975). De kracht van de planten neemt af des te verder men in het midden van een haard komt; de lengte en dichtheid van de stengels is het grootst binnen een straal van 3 m van de buitenste rand van een haard en het geringst in het midden van de haard. Zoals reeds hierboven beschreven vallen de wortelstokken gemakkelijk uiteen in kleinere stukken, waardoor de plant gemakkelijk vegetatief kan verspreiden (Bostock & Benton, 1979). Bestrijdingsstrategieën die er op gericht zijn de wortels in vele kleine stukjes op te delen hebben dan ook de neiging het potentieel aantal nieuwe scheuten te vergroten i.p.v. te verkleinen.

2.3 Management

2.3.1 Niet-chemische methoden

Competitie en gewaskeuze

Competitie kan de productie van bloemen met een factor 10 verminderen. Zowel competitie als ontbladeren reduceren de biomassa van de plant (Ang *et al.*, 1994). Het telen van zeer competitieve gewassen zoals gras/klaver mengsels en winterrogge kan het aantal scheuten sterk verminderen (Böhm & Verschwele, 2004;Verschwele, 2004). De groei van de akkerdistel zal afnemen met een toename in ontbladering, maar een lichte eenmalige ontbladering kan er echter voor zorgen dat er de wortelgroei gestimuleerd wordt. Het effect van herhaalde ontbladering met tussenposen van 14 dagen is het meest effectief in de aanwezigheid van competitie (Ang *et al.*, 1994).
Herhaaldelijk maaien in een mengsel van gras/klaver of gerst stoppels in de herfst voorafgaand aan een teelt kan een reductie van de akkerdistelbiomassa in het opvolgende jaar tot gevolg hebben. Regelmatig tussen de rij schoffelen gaf eveneens een goede reductie in het opvolgende jaar. Een 1 jarige grasklaver die 3 keer als mulch op het land werd gelegd, leverde een reductie van 50% in het aantal scheuten. Ploegen in de herfst en het daaropvolgende voorjaar reduceerde de dichtheid van het aantal scheuten in dezelfde mate. Stoppelbewerkingen die door de teelt van niet-competitieve gewassen werden gevolgd, gaven weinig tot geen beheersing van de akkerdistel (Melander, 2006).

Een toename in het aantal akkerdistelhaarden op een boerderij na omschakeling van gangbaar naar biologische teelt werd geassocieerd met het gereduceerde grondbewerkingssysteem dat toegepast werd (Patriquin *et al.*, 1986). In Finland werd een toename van akkerdistel waargenomen van 1980 tot 1990 in een gangbaar systeem waarin voornamelijk zomergranen verbouwd werden (Hyvönen *et al.*, 2003). De auteurs vermoeden dat een verandering in de hoeveelheid en het type herbicide dat toegepast wordt daar ten grondslag aanligt, maar kunnen dat niet staven met statistische significante gegevens.
Dat graangewassen kunnen leiden tot een toename van akkerdistels in een biologische teelt blijkt ook uit Duits onderzoek (9 jaar lopend), uitgevoerd tijdens de omschakeling naar biologische landbouw. De teelt van zomer- en graangewassen en een lage frequentie van stoppelbewerkingen leidde tot de verspreiding van de distel in het veld (Verschwele & Zwerger, 2005).

Het is al sinds lange tijd bekend dat akkerdistel niet goed bestand is tegen schaduw, en om die reden zijn groenbemesters lange tijd gezien als een manier om akkerdistel te beheersen. Indien deze gewassen een hoge dichtheid hebben, helpen ze de akkerdistel te 'smoren'. Zowel groenbemesters als grasklaver en het gebruik van vanggewassen kan het voorkomen van akkerdistel in een biologische rotatie verminderen (Olesen *et al.*, 2005). In een Amerikaanse studie bleken competitieve gewassen net zo effectief te zijn als herbiciden voor wat betreft de bestrijding van akkerdistel (Wilson & Kachman, 1999). In Denemarken had het toepassen van een gras/klaver groenbemester in de rotatie in een biologisch akkerbouwsysteem een even groot effect als directe bestrijding door schoffelen (Rasmussen & Askegaard, 2004).

Beheersing in graslanden

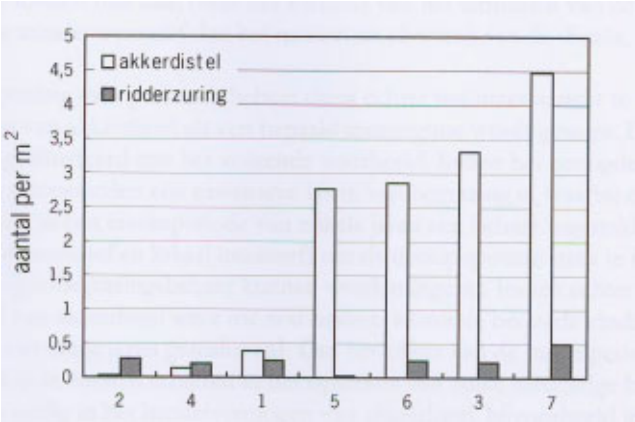
De effecten en beheersing van akkerdistel specifiek in graslanden is gereviewed door Haggar *et al.* 1986)(Haggar *et al.*, 1986). Problemen in grasland worden vaak veroorzaakt door slecht beheer. Door een weiland actief te maaien in combinatie met overbegrazing in zowel de winter als in het vroege voorjaar ontstaan open plekken die het startpunt voor akkerdistelgroei vormen. Het competitief vermogen van het gras is dan klein en het vee vermijdt vaak de distels, hoewel jonge scheuten wel in sommige situaties worden gegeten (Moore, 1975). Door het vee in hogere dichtheden te laten begrazen of door in een jong stadium de distels af te snijden, kan een haard reduceren (Amor & Harris, 1975). Vegetatieve verspreiding van de akkerdistel werd gereduceerd onder intensieve begrazing (Bourdôt, 1996). Begrazing door schapen kan de competitie met naburige planten verminderen omdat deze een voorkeur voor de andere soorten hebben en daarmee de overlevingskans van distels vergroten (Sindel, 1991).

Maaien

Er wordt gezegd dat de distels het meest kwetsbaar zijn voor maaien in het stadium wanneer de eerste bloemknoppen te zien zijn (Haggar *et al.*, 1986). In Australië is het tweemaal maaien per jaar van de distels de meest voorkomende beheersmaatregel (Amor & Harris, 1974). Uit een andere Australische studie blijkt dat het noodzakelijk is om minstens twee maal per jaar te maaien, omdat het effect van een maal per jaar maaien identiek is aan helemaal niets doen (Amor & Harris, 1977). Herhaaldelijk maaien zal de plant verzwakken en tevens zaadproductie voorkomen (Weber, 2003).
In Denemarken is een onderzoek uitgevoerd waarin strategieën getest werden die er op gericht zijn het regeneratieve vermogen van de plant te doen afnemen (Graglia *et al.*, 2006). De strategieën betroffen herhaaldelijk maaien en eggen in het eerste deel van het groeiseizoen, in combinatie met het verbouwen van een onderdrukkend gewas in het tweede deel van het seizoen. De biomassa van de akkerdistels nam lineair af met het aantal maal dat er gemaaid werd. Het aantal keer dat er in die studie per jaar gemaaid werd, varieerde van nul tot zes maal. Door het inzaaien van de stoppels met een gras/klaver mengsel of rode klaver kon de biomassa van de akkerdistel nog verder gereduceerd worden. De reden die de onderzoekers opperen is het onderdrukken van de hergroei van nieuwe scheuten in de late zomer en vroege herfst die volgde op het maaien.

In Nederland is ook een studie gedaan naar de effecten van verschillende beheers- en bestrijdingsmethoden op akkerdistelhaarden in natuurgebieden (Lotz *et al.*, 2000). Daarbij zijn verschillende combinaties van methoden getoetst:

1. Maaien en afvoeren
2. Lokaal intensief maaien en afvoeren
3. Hoog afmaaien en afvoeren in combinatie met begrazing met runderen
4. Lichte bemesting in combinatie met maaien en afvoeren
5. Lokaal maaien en afvoeren in combinatie met begrazing door schapen
6. Lokaal maaien en afvoeren in combinatie met begrazing door runderen
7. Niets doen



De resultaten van die studie worden in bovenstaande figuur weergegeven.
Uit die studie blijkt dat maaien de beste beheersing van akkerdistel oplevert (behandelingen 1, 2 en 4). Daarnaast blijkt ook dat maaien in combinatie met begrazing door runderen niet zo goed werkt (3, 5, en 6). Ook in deze studie brengen de auteurs de grotere voorkeur voor omringende vegetatie waardoor het competitief vermogen van de andere soorten verminderd wordt en de groei van akkerdistel bevorderd wordt naar voren als mogelijke verklaring. Het idee achter hoog afmaaien (op 10 cm boven het grondoppervlak) in behandeling 2 was dat de holle stengels als gevolg van neerslag met water komen vol te staan, waardoor ze gaan rotten.
Het is waargenomen dat na het verbouwen van alfalfa gedurende een aantal jaar waarin regelmatig gemaaid wordt, akkerdistel uitgeroeid kan worden (Patriquin *et al.*, 1986).

Uittrekken/Plukken

Er zijn machines op de markt waarmee distels en soortgelijk gevormde planten uitgetrokken kunnen worden; bijvoorbeeld de Britse 'Eco-puller'. Deze machine is ontwikkeld om meerjarige onkruiden uit graslanden te verwijderen (Blanch, 2007). De machine heeft een werkbreedte van 1,5 m en een grondsnelheid van 5 km/u. De onkruiden moeten minstens 30 cm lang zijn en in een begraasd grasland staan zodat de onkruiden rechtop staan en de machine ze vlak boven de grond kan trekken. Bij het uittrekken van de akkerdistels blijft een deel van het wortelstelsel achter; ongeveer 5 tot 10 cm van de verticale hoofdwortel wordt uitgetrokken, de rest blijft achter. De uitgetrokken planten worden in een opvangbak op de machine verzameld. Uit Amerikaans onderzoek is gebleken dat herhaaldelijk handwieden van de akkerdistels in maïs leidt tot een effectieve bestrijding van de soort (Donald, 1990).

Grondbewerkingen

In een Duitse studie in de biologische landbouw bleek ploegen in de herfst of in de winter essentieel te zijn in de beheersing van akkerdistel. De populatie nam snel in omvang toe wanneer er niet werd geploegd, maar bleef op een relatief laag niveau wanneer er wel werd geploegd. Diep ploegen was daarbij effectiever dan oppervlakkiger ploegen. Stoppelbewerkingen in de zomer reduceerde de groei van akkerdistel in een zelfde mate als ondiep ploegen in het najaar (Pekrun & Claupein, 2004). Door direct na de oogst van een graangewas ondiep de stoppel te bewerken, gevolgd door diep ploegen op een later moment in de herfst, kan de soort in een akkerbouwmatige rotatie onderdrukt worden (Pekrun & Claupein, 2006).

In Denemarken wordt akkerdistel bestreden middels stoppelbewerkingen in het najaar, meestal na een graangewas. Vervolgens wordt het gewas in de late herfst op een zware grond en in het voorjaar op een lichte grond geploegd. Dit heeft echter nutriëntenverlies tot gevolg, wat middels een vanggewas opgelost kan worden. Nadeel daarvan is echter dat het aantal stoppelbewerkingen weer omlaag moet. Dit dilemma is onderzocht door Olesen *et al.* in 2005 (Olesen *et al.*, 2005). Na stoppelbewerkingen gevolgd door een gras/klaver gewas was het aantal en de biomassa van akkerdistelplanten in het opvolgende gewas lager dan na het toepassen van stoppelbewerkingen zonder groenbemester. Ook het toepassen van mest leverde een reductie van het aantal akkerdistelscheuten in het volggewas.

Frequentie van grondbewerkingen

Goede resultaten zijn ook gevonden in een studie van Patriquin *et al.* (1986); door elke 21 dagen gedurende 1 groeiseizoen de grond te bewerken kon akkerdistel bovengronds met 99% gereduceerd worden. En in een studie van Donald uit 1994 bleek dat er ook in het jaar volgend op een dergelijk regiem van om de 21 dagen grondbewerken nog geen hergroei optreed.
Aan de andere kant wordt er ook voorgesteld het schema van grondbewerkingen flexibel te houden omdat de snelheid waarmee de planten opkomen, varieert met het tijdstip in het seizoen en de bodemgesteldheid. De grondbewerkingen moeten idealiter uitgevoerd worden wanneer de akkerdistelplanten een lengte van 7,5 cm hebben (Donald, 1990). Dit zal in de praktijk neerkomen op zo'n 6-8 bewerkingen per jaar.
In een Amerikaanse studie werd er geploegd in april, waarna in de periode tussen juni en september met intervals van 2, 3 of 4 weken bewerkt werd met machines met overlappende tanden op een diepte van 10 cm (Derscheid *et al.*, 1961). De machines waren allemaal even effectief. De bewerkingen uitgevoerd op intervals van 3 en 4 weken waren het meest effectief en gaven een bestrijding van 90% in het opvolgende seizoen.

Combinatie van methoden

De beheersing en de bestrijding van akkerdistel is in 1990 door Donald gereviewed. Hij merkte daarbij op dat de niet-chemische methoden die gebruikt werden niet veel verschilden van de methoden die 150 jaar eerder ook al toegepast werden. Eén van de voornaamste doelen van die strategieën is om de groei van de top te vernietigen en de nutriëntenvoorraden in de wortels te verminderen. Wanneer je die effecten bereikt, wordt ook de zaadproductie verhinderd en wordt verdere verspreiding voorkomen. Toentertijd, maar ook tegenwoordig nog, is er geen enkele methode continu effectief genoeg gebleken om de distelsoort uit te roeien. Verschillende factoren zoals bodemgesteldheid spelen daarbij een rol. Zo kan de mechanische bestrijding bij natte bodemomstandigheden slecht zijn. Een aanpak waarin verschillende methoden gecombineerd worden is het meest optimaal, maar kost ten minste 5 tot 10 jaar waarin de bewerkingen ook nog op het juiste moment uitgevoerd moeten worden om het onkruid uit te roeien. Door toepassing van slechts 1 methode kan dit onkruid niet bestreden worden.
De verschillende niet-chemische bestrijdingsmethoden omvatten het gebruik van schoon zaaizaad, ploegen, schoffelen, eggen, maaien, begrazen, bedekken met stro, het gebruik van competitieve gewassen en het schoonmaken van landbouwwerktuigen. Door deze methoden regelmatig toe te passen verzwakt de plant en daarmee ook zijn capaciteit om nieuwe stengels en wortelstokken te produceren. Hiermee voorkomen ze de zaadproductie en verdere verspreiding.

Een voorbeeld hiervan is een Noorse studie waarin de wortels van akkerdistel in wortelstukken van 10 cm of minder werden verdeeld, vervolgens op minstens 15 cm diepte begraven werden, waarna op het perceel een groen-

bemester werd ingezaaid waardoor zowel de bovengrondse als ook de ondergrondse groei van akkerdistel gereduceerd kon worden (Thomsen *et al.*, 2004).

Grondbewerkingen kunnen dus een middel zijn om akkerdistel te beheersen, maar kunnen echter ook leiden tot de verspreiding van de plant over een veld. Door een grasland dat geïnfesteerd was met akkerdistel in het voorjaar te bewerken, nam de dichtheid van akkerdistel in 25-voud toe over een periode van 3 maanden als gevolg van fragmentatie van de wortels en snelle hergroei (Edwards *et al.*, 2000).
Een ander nadeel van grondbewerkingen is de vernietiging van de omringende vegetatie die daardoor geen concurrentie voor zaailingen meer oplevert. Het gebruik van groenbemesters zou dit effect echter weer tegen kunnen gaan.

2.3.2 Biologische bestrijding

In Canada is er behoorlijke veel interesse geweest voor de biologische bestrijding van akkerdistel. Vanuit Europa en het Midden Oosten zijn in het verleden meerdere natuurlijke vijanden onderzocht op hun geschiktheid en is getracht deze te introduceren (Trumble & Kok, 1982).
Tot echte toepassingen en daadwerkelijke bestrijding heeft dit echter nooit geleid. Ook met het oog op de wet- en regelgeving in Nederland, is dit waarschijnlijk niet de meest voor de hand liggende oplossing voor het akkerdistel probleem.

2.3.3 Chemische bestrijding

Akkerdistel is gevoelig voor toepassing van MCPA (3 L per ha), 2,4-D (2,2 L per ha), Ally, en Round up in granen. De soort is ongevoelig voor Starane. Op gazons en sportvelden is een mengsel van bromoxynil, MCPA, en mecoprop-P (Certrol, Combin D) toegestaan. In grasgroenbemesters kan een dosering van 2 L per ha 2,4-D de distel goed bestrijden (Van Zeeland & Weide, 2008).
In bieten kan akkerdistel bestreden worden met pleksgewijs toegediende Lontrel 100 met olie (0.3%).

2.4 Model

Er is een beslissingsondersteunend model ontwikkeld dat de start van de opkomst en het moment waarop 80% van de stengels zijn opgekomen voorspeld. Het model geeft aan wanneer beheersmethoden geïnitieerd kunnen worden wanneer dit gewenst is (Donald, 2000). In het model modelleert men de opkomst van akkerdistel vanuit wortelstokken in het voorjaar met behulp van graaddagen. De opkomst werd het best beschreven met een logistische dosis-response functie, met op de y-as het aantal opgekomen stengels en op de x-as de hittesom: $Y= 1.108/(1+[x/488.344]^{-5.161})$. Het model bleek goed te werken voor zowel systemen met als zonder grondbewerking, maar is wel afhankelijk van de diepte van de bewerkingen en ook het moment waarop beïnvloedt wel de voorspelbaarheid. Het moment waarop de hittesom berekend moet worden hangt af van het klimaat. Voor de locatie waar het onderzoek uitgevoerd werd, was dit dag 91. Door na die dag te starten met het berekenen van de hittesom, kon het model een goede voorspelling geven.

2.5 Samenvatting akkerdistel

Er zijn verschillende aanknopingspunten in de Biologie die bruikbaar zijn voor de verbetering van de bestrijding in bouwplan verband. Een samenvatting van de belangrijkste gegevens volgt hieronder.

De optimale kiemingsdiepte van akkerdistelzaad ligt tussen de 5 en 15 mm. De opkomst van akkerdistel vanuit zaad vindt plaats in de periode van april tot mei. Acht tot tien weken na opkomst worden aan de hoofdwortel zijwaarts groeiende wortels gevormd. Akkerdistel bloeit vervolgens van juli tot september en produceert zaad vanaf augustus.

In braakliggende grond kan 6 tot 12% van de geproduceerde zaden voor een nieuwe zaailing zorgen, mits dit zaad met de bovenste 5 tot 15 mm van de bodem gemengd wordt.

Na vestiging van akkerdistel vindt vermeerdering voornamelijk vegetatief plaats.

De opkomst van de bovengrondse stengels uit wortelstokken start eveneens in de periode april/mei, en duurt voort tot in september. Vanaf juli tot in oktober worden assimilaten in de wortels opgeslagen om later als reserves gebruikt te worden. Deze reserves zijn dus het kleinst tussen mei en juli.

Wortelstukken met een lengte van 5 mm of minder hebben onvoldoende reserves om uit te groeien tot een levensvatbare plant. Grotere wortelstokken (vanaf 1 cm) leveren al wel levensvatbare planten op. De diepte waarop de wortelstokken worden begraven hebben geen invloed op het aantal bovengrondse stengels, dat gevormd wordt, maar wel op het moment waarmee de stengels opkomen. Hoe dieper de wortelstokken begraven liggen, hoe langer het duurt voordat er bovengrondse stengels zichtbaar zijn, er treedt dus vertraging op.

Naar schatting bevindt 54% van de wortelmassa zich op 7-23 cm diep, 30% op 23-38 cm en 16% op 38-53 cm diep.

Akkerdistel is gevoelig voor toepassing van MCPA, Ally, Round up en 2,4-D.

Voor wat mechanische bestrijding betreft zijn er de volgende gegevens bekend.

1. Het afsnijden van de hoofdwortel op een diepte van 10 tot 13 cm in zowel het voor- als najaar zorgt dat er in het daaropvolgende seizoen minder bovengrondse stengels gevormd worden. Echter, bij afsnijden in het voorjaar wordt meer wortelmassa in de vorm van zijscheuten gevormd, wat later in het seizoen voor vermeerdering zou kunnen zorgen. Afsnijden in de winter lijkt een goede optie, aangezien de vorming van zijscheuten dan uitblijft.
2. Bovengronds afmaaien in het 10 bladstadium is voldoende ter bestrijding indien de planten niet dieper wortelen dan 5 cm. Wortelen de planten dieper (tot 20 cm) dan is bovengronds afmaaien in het 7 bladstadium een optie. Deze bewerkingen zorgen voor bestrijding van de reeds aanwezige bovengrondse stengels. Het tijdstip van deze bewerkingen zorgt ervoor dat er geen hergroei in hetzelfde groeiseizoen plaatsvindt. De effecten in de daaropvolgende seizoenen is niet bekend.
3. Bovengronds verwijderen van stengels zorgt voor een toename van het aantal ondergrondse groeipunten; meer van de voedingsstoffen gaan naar de wortels.
4. Hergroei vanuit wortels vindt over het algemeen plaats vanuit wortels in of net onder de ploegdiepte.
5. Door grondbewerkingen elke 3 weken uit te voeren wordt de akkerdistel in zowel het seizoen van bewerking goed bestreden en vindt ook in het daaropvolgende seizoen geen hergroei plaats. Diepere grondbewerkingen (ploegdiepte) zijn daarbij effectiever dan oppervlakkige bewerkingen.
6. Herhaaldelijk maaien kan in combinatie met de teelt van een groenbemester zoals gras/klaver voor een goede bestrijding zorgen.
7. Stoppelbewerkingen na de teelt van granen zonder een daarop volgende teelt van een groenbemester heeft geen enkel effect.
8. Diep ploegen in de herfst en het voorjaar kan een reductie van het aantal scheuten in het voorjaar opleveren van 50% ten opzichte van het niet ploegen van de bodem.
9. Er is een machine beschikbaar, de 'Eco-puller', die planten met een hoogte van 30 cm kan uittrekken. De wortel wordt dan tot op een diepte van 5 tot 10 cm verwijderd.

3. Akkerkers (*Rorippa sylvestris*)

3.1 Geografische verspreiding

Nederland

Akkerkers is een soort die in Nederland algemeen voorkomt op open tot grazige, natte tot vochtige, meestal omgewerkte grond, vooral in akkers en uiterwaarden (Anonimous, 2007a). De soort behoort dan ook tot de soorten die deel uit maken van de pioniervegetatie op natte zeer voedselrijke bodem en in graslanden op natte voedselrijke bodem (Anonimous, 2007a). De plant wordt aangetroffen op gronden die regelmatig door overstromingen getroffen worden, maar ook regelmatig droog staan (McLean, 2007). De soort is in staat op landbouwgronden te overleven (Koster *et al.*, 1997).
De soort vormt in de bollenteelt een groot probleem door zijn vermogen vanuit zeer kleine talrijke wortelstukken te regeneren en op vele gronden snel te kunnen groeien (Koster *et al.*, 1997).

Wereldwijd

R. sylvestris komt in geheel Europa voor. Het meest voorkomend is de soort in West, Midden, Oost, en Zuidoost Europa, waar de soort in 75-100% van het plantengeografische oppervlak van het areaal voorkomt. In Noord- en Zuid Europa bedragen deze percentages respectievelijk 5-25 en 50-75% (Anonimous, 2007a). Een beschrijving van de berekeningswijze van deze percentages staat vermeld in Schaminée *et al.* (1992). Inmiddels is de soort ook in Noord Amerika wijd verbreid (Anonimous, 2007e). Daarnaast komt de soort ook in Nieuw-Zeeland op zowel het noorder- als zuidereiland (Garnock Jones, 1978) en in Zuid- Australië en Tasmanië voor (Woldendorp & Bomford, 2004). In Groot Brittannië wordt de soort voornamelijk aangetroffen op landbouwgrond, maar daarnaast ook in de tuinbouw, privétuinen en in natuurgebieden (Chancellor, 1977).

3.2 Levenscyclus en diversiteit

De groeisnelheid van Akkerkers is het grootst in het voorjaar en de zomer (Anonimous, 2007e). De bloei van de plant vindt plaats van Mei/Juni tot September/Oktober (Anonimous, 2007a; Bärring, 1986; Tenaglia, 2007). De plant kan een uiteindelijke hoogte van 20 tot 45 cm bereiken. De bloemen zijn geel (Anonimous, 2007f; Bärring, 1986).

In het eerste vestigingsjaar vormt de plant een rozet en een vertakte verticale wortel. Gedurende het tweede jaar worden er laterale wortels gevormd die vlak onder het grondoppervlak lopen. Deze wortels kunnen een groot oppervlak bedekken. Vervolgens vormen zich enorme aantallen verticale wortels vanuit deze laterale wortels en worden er bloemen gevormd (Bärring, 1986). Stengels worden continu gevormd en zijn gedurende de eerste fase van de groei behoorlijk flexibel, waardoor ze mechanisch moeilijk te bestrijden zijn. Ook het feit dat vanuit liggende stengels die na bestrijding op de grond achter blijven nieuwe wortels kunnen groeien, maakt de soort moeilijk te bestrijden (Bärring, 1986).

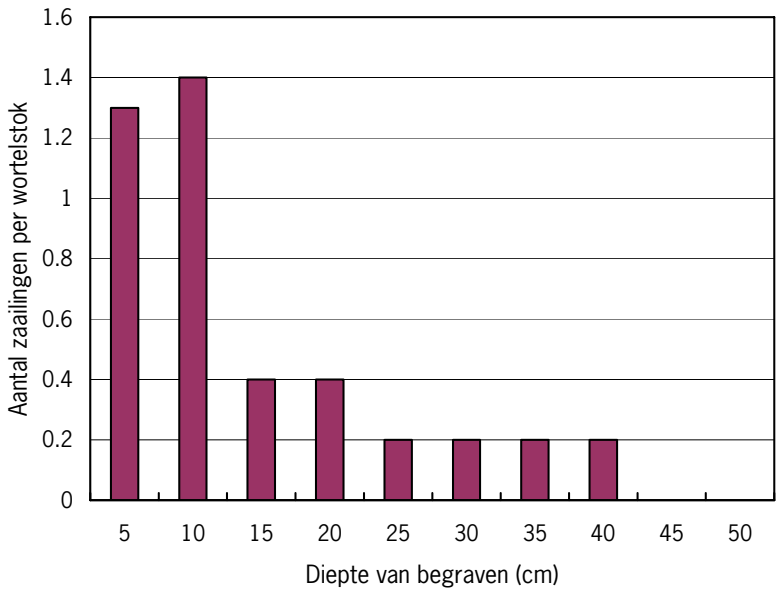
3.2.1 Reproductie

De soort is een kruisbestuiver en in zeer grote mate zelfsteriel (Bärring, 1986). De zaden zijn gedurende enkele jaren levensvatbaar. Per plant kunnen 13000 zaden gevormd worden. Echter, wanneer er slechts één biotype of genotype in een habitat aanwezig is, worden er geen levensvatbare zaden geproduceerd en de zaadhulsels rotten in die gevallen weg (Bärring, 1986). Onder zeer gunstige omstandigheden kan de soort ook in Nederland levensvatbare zaden produceren, maar dit gebeurt erg weinig en is van ondergeschikt belang ten opzichte van de vegetatieve verspreiding (Koster *et al.*, 1997).

3.2.2 Opkomst

Kieming van akkerkers wordt gestimuleerd door langdurige inundatie van meer dan 100 dagen. In een Frans experiment was het kiemingspercentage van *R. sylvestris* vanuit zaad in een Petrischaaltje bij 20°C 50% na 120 dagen durende inundatie, terwijl de kieming rond de 8% lag voor zaden die een 90 dagen durende inundatie ondergaan hadden (Fraissé *et al.*, 1997).

Het aantal zaailingen dat per wortelstok geproduceerd wordt, neemt af met de diepte waarop de wortelstok begraven wordt. Wortelstokken met een lengte van 5 cm produceerden in een zandgrond geen nieuwe plantjes meer op een diepte van 45 cm (Koster *et al.*, 1997). Zie Figuur 3.1.

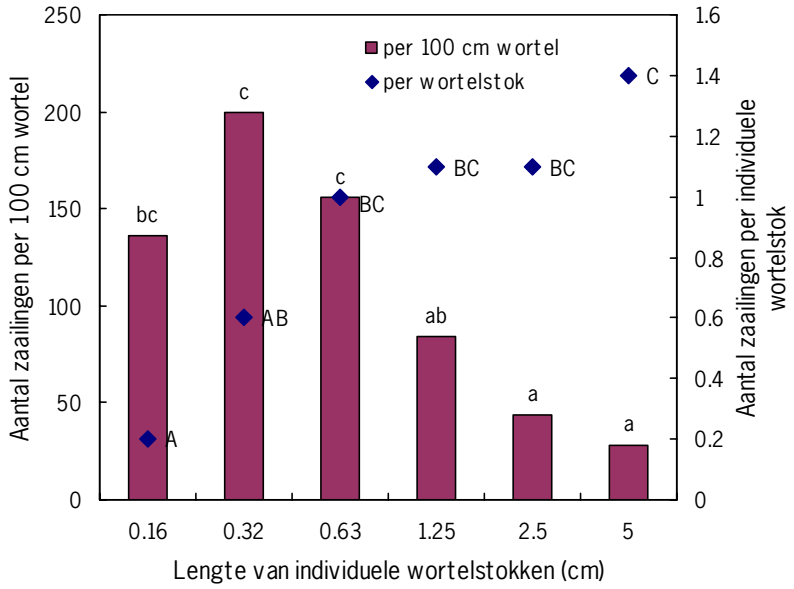


Figuur 3.1. Aantal zaailingen per wortelstok van 5 cm begraven op variabele diepte. Naar data van Koster et al. (1997).

3.2.3 Wortelgroei

De groeisnelheid van de soort na het oogsten van de bovengrondse delen is langzaam (Anonimous, 2007e).

Koster *et al.* (1997) onderzocht de invloed van de lengte van de wortelstokken op het aantal nieuwe zaailingen dat gevormd wordt. Daarbij werden wortelstokken met verschillende lengtes (van 0,16 tot 5 cm) van gelijke dikte op een diepte van 2 cm begraven in een zandgrond in een 1L pot. In totaal werd per behandeling (dus voor elke wortel-lengte) 100 cm wortel begraven. Na 6 weken werd het aantal zaailingen bepaald. Zie Figuur 3.2 voor het resultaat. Het totale aantal nieuwe plantjes per 100 cm wortellengte was hoger naarmate de individuele wortelstokken kleiner waren. Echter, het aantal nieuwe plantjes per individuele wortelstok groeiend vanuit kleinere wortelstokken was lager en hun ontwikkeling langzamer.



Figuur 3.2. Invloed van de lengte van individuele wortelstokken op het aantal zaailingen per 100 cm wortellengte. Naar data van Koster et al. (1997).

3.2.4 Overleving

Akkerkers is een hemikryptofyt wat inhoudt dat de soort winterknoppen vormt die zich op of iets onder de grond bevinden (Anonimous, 2007a).
De soort kan langere periode van droogte overleven (3 maanden) doordat de bovengrondse groei wordt stilgezet en de ondergrondse groei op gelijkwaardig niveau te houden (Fraissé *et al.*, 1997).

3.2.5 Hybriden

In lager gelegen gebieden van Europa komen drie *Rorippa* soorten van oorsprong voor in de rivierengebieden: *R. amphibia* (L.) Besser (zowel diploïd als tetraploïd) , *R. palustris* (L.) Besser (tetraploïd) en *R. sylvestris* (L.) Besser (tetraploïd, pentaploïd, en hexaploïd) (Bleeker & Hurka, 2001). *R. amphibia* komt voor langs rietkragen aan de rand van rivieren, de eenjarige *R. palustris* komt voor op tijdelijk droog gevallen plekken in uiterwaarden gedurende de zomer en de meerjarige *R. sylvestris* komt voor op regelmatig onderlopend grasland. Hybriden kunnen aangetroffen worden in de zones tussen de *R. amphibia* habitats en open plekken in nabijgelegen grasland (Bleeker & Hurka, 2001). In Noordwest Duitsland komen twee morfologische intermediaire taxa van waarschijnlijk hybride oorsprong voor: *R. anceps* (zeer waarschijnlijk *R. amphibia* x *R. sylvestris*) en *R. erythrocaulis* (zeer waarschijnlijk *R. amphibia* x *R. palustris*) (Bleeker & Hurka, 2001). En ook in Zweden zijn hybriden van *R. sylvestris* gesignaleerd (Bärring, 1986). *R. anceps* wordt zeer weinig aangetroffen, waarschijnlijk omdat de habitats van *R. sylvestris* en *R. amphibia* relatief ver uit elkaar liggen. Dit in tegenstelling tot *R. erythrocaulis* die wel regelmatig wordt aangetroffen, waarschijnlijk omdat de habitats van *R. amphibia* en *R. palustris* elkaar regelmatig overlappen (Bleeker & Hurka, 2001).
De fitness van deze hybriden is over het algemeen lager dan die van de oudersoorten. Echter, er zijn bepaalde individuen van *R. anceps* aangetroffen die een hogere fitness hadden dan individuen van *R. sylvestris* (Bleeker & Hurka, 2001).

Daarnaast komt er in Duitsland ook de invasieve soort *R. austriaca* voor. Deze soort wordt sinds enige tientallen jaren aangetroffen in Duitsland en centraal Europa. *R. austriaca* is een diploïde meerjarige soort die van oorsprong in het westen van Azië en het zuidoosten van Europa voorkomt (Bleeker & Matthies, 2005). Inmiddels worden er ook

regelmatig hybriden (*R. armoracioides*) aangetroffen tussen deze twee soorten, bijvoorbeeld in het Ruhr gebied en bij de rivier de Main (Bleeker & Matthies, 2005). De fitness van deze hybriden was over het algemeen gelijk aan die van de oudersoorten en hing af van de omgeving waarin deze werden aangetroffen en van de mate van geschiktheid van deze omgeving voor de oudersoorten. Het is momenteel onmogelijk aan te geven welke hybriden een hogere fitness zullen hebben dan de ouderplanten en welke niet (Bleeker & Matthies, 2005).

3.3 Management

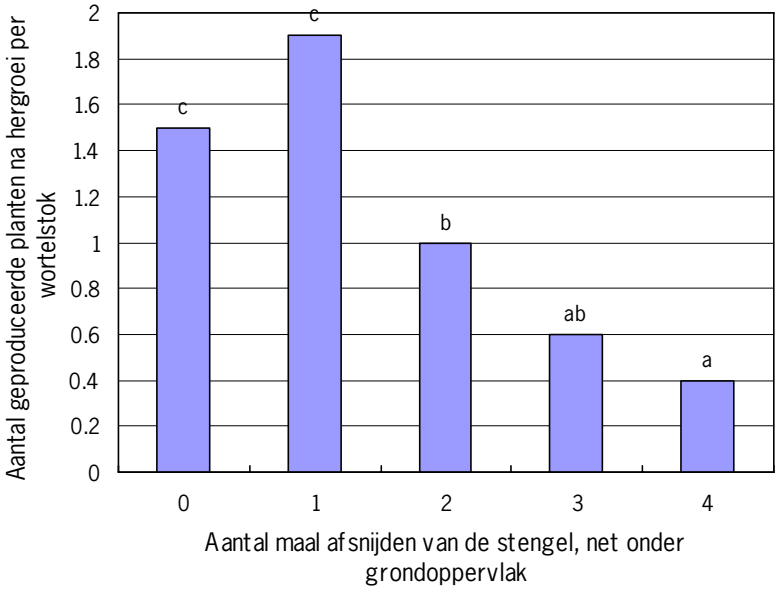
Handwieden is de meest effectieve manier van bestrijding in jonge boomgaarden om verdere besmetting en verspreiding te voorkomen (Bärring, 1986).

Het land onder water zetten (inundatie) of afdekken met zwart plastic zijn niet voldoende effectief gebleken om het onkruid te bestrijden (Koster *et al.*, 1997).

De chemische middelen die in staat zijn akkerkers te bestrijden hebben een systemische werking (Koster *et al.*, 1997).
Veel herbiciden werken niet voldoende. Het is mogelijk om met Roundup te bestrijden wanneer het gewas dit toelaat. Een geschikte dosering is dan 3L Roundup per ha, bij een spuitvolume van 500 L per ha (Bärring, 1986). Wanneer het binnen zes uur na toepassing regent, zal de werking van glyfosaat echter wel verminderen. Tot een aantal jaar geleden werd de soort in de bollenteelt bestreden door een combinatie van 2,4-D en MCPA (Koster *et al.*, 1997). Doordat 2,4-D verboden is, en nu alleen MCPA en Round up beschikbaar zijn ter bestrijding, worden de preventieve maatregelen om mechanische verspreiding van wortelstokken te voorkomen steeds belangrijker.

Regelmatig afsnijden van de stengels van jonge planten net onder het grondoppervlak kan zorgen voor een afname van de hergroei vanuit de wortels. Door stengels van planten 0, 1, 2, 3, of 4 maal af te snijden zodra de planten een hoogte van 5 cm bereikt hebben, neemt het aantal geproduceerde planten dat na de behandeling gevormd werd af van 1,5 plant naar 0,4 plant per wortel (Koster *et al.*, 1997). Zie Figuur 3.3.

De wortelstokken van akkerkers zijn niet bestand tegen uitdroging; planten werden gedurende 1-5 dagen bovengronds bewaard bij temperaturen tussen de 5 en 17 °C, en vervolgens getest op regeneratief vermogen. Bij geen van deze temperaturen en bewaarlengtes waren de wortelstokken in staat binnen 6 weken na herbegraving onder gunstige omstandigheden nieuwe planten te produceren (Koster *et al.*, 1997).



Figuur 3.3. Hergroei van akkerkers na regelmatig afsnijden van de Stengel, vlak onder het grondoppervlak zodra de plant een hoogte van 5 cm bereikt. Naar data van Koster et al (1997).

3.4 Samenvatting akkerkers

De groeisnelheid van akkerkers is het grootst in het voorjaar en de zomer. De bloei vindt plaats van mei tot september. In het eerste jaar na kieming van het zaad wordt een verticaal vertakte wortel gevormd, in het tweede jaar worden ook laterale wortels gevormd. Deze wortels zorgen voor vegetatieve verspreiding vlak onder het oppervlak. De soort zorgt voor overleving gedurende de winter door de vorming van knoppen vlak op of net onder het grondoppervlak.

Verspreiding middels zaad komt in Nederland niet voor, het zaad is steriel.

De bovengrondse stengels van akkerkers zijn zeer flexibel wat mechanische bestrijding kan bemoeilijken. Vanuit op het grondoppervlak liggende stengels kunnen zich nieuwe wortels vormen.
Bestrijding van bovengrondse delen leidt wel tot een lagere groeisnelheid van de wortels.

Er zijn geen gegevens beschikbaar van bestrijdingsexperimenten in het veld. Wel is middels waarnemingen bekend dat inundatie en het afdekken met zwart plastic niet effectief zijn.

Wel zijn er een aantal potexperimenten uitgevoerd. Daaruit is gebleken dat vanuit wortelstokken met een minimale lengte van 5 cm tot op een diepte van 40 cm nog nieuwe zaailingen geproduceerd kunnen worden.
De lengte van de wortelstok bepaalt het aantal zaailingen; hoe langer de wortelstok, hoe meer zaailingen per wortelstok, en des te minder zaailingen per 100 cm wortel. Door planten met een hoogte van 5 cm regelmatig af te maaien, kan de plant uitgeput worden. Minimum aantal maal maaien is drie.

De wortelstokken op het grondoppervlak brengen kan perspectief bieden; 5 dagen in droge omstandigheden bovengronds bewaren, bleek genoeg om de kans op hergroei na herbegraving van de wortelstokken te verminderen. Aan de andere kant kunnen de wortelstokken in begraven toestand wel lange perioden (3 maanden) van droogte overleven.

Door het wegvallen van 2,4-D is een goede chemische bestrijding zeer moeilijk. Voorheen werden goede resultaten geboekt met een mengsel van 2,4-D en MCPA. Op dit moment is, indien het gewas het toelaat, chemische bestrijding mogelijk door Round up met 3 L/ha.

4. Knolcyperus (*Cyperus esculentus* L.)

4.1 Geografische verspreiding

Nederland

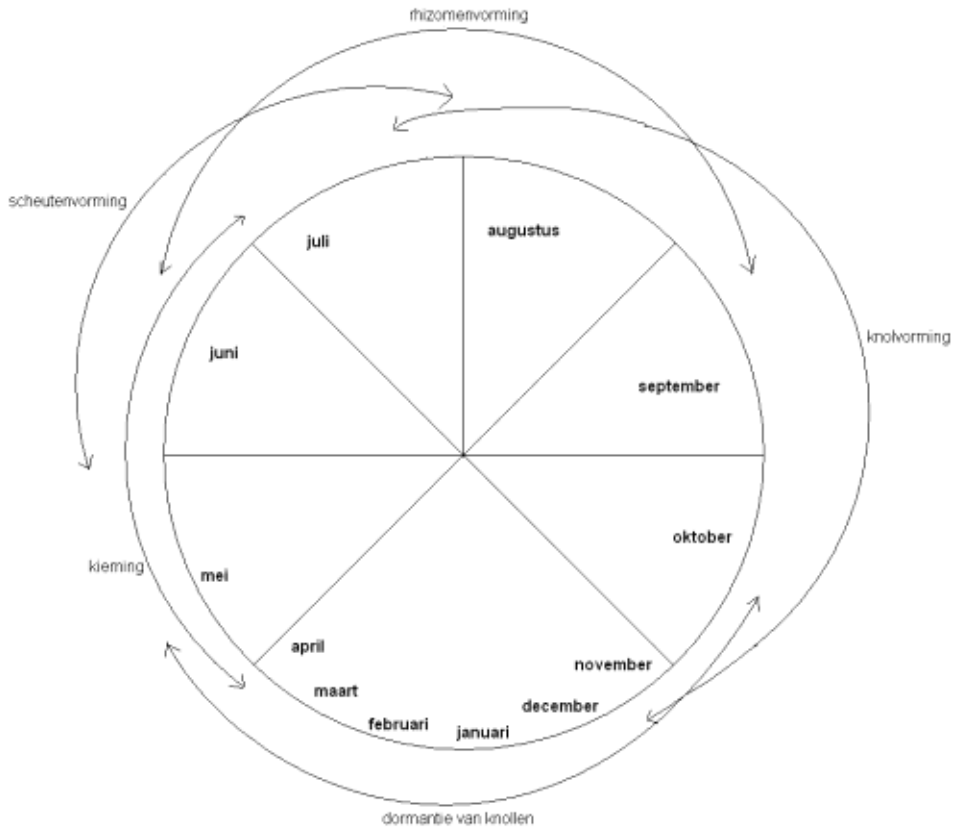
De introductie van knolcyperus in Nederland vond plaats in de jaren 70 van de vorige eeuw (Lotz *et al.*, 1991), waarschijnlijk vanuit de VS met de gladiolenteelt (Groenendael & Habekotté, 1988). Vanwege de grote genetische variatie van het materiaal is het waarschijnlijk dat de soort op verschillende momenten is geïntroduceerd. Knolcyperus bevond zich in het uitgangsmateriaal van gladiolen. Omdat er een groot risico is op allerlei bodem-gebonden ziekten, worden de gladiolen elk jaar op nieuwe gronden geteeld. Knolcyperus kon zich daardoor in vrij korte tijd verspreiden door grote gebieden van Nederland (Rotteveel & Naber, 1988).

Wereldwijd

Knolcyperus komt van oorsprong voor in tropische en subtropische gebieden, maar de knollen zijn in staat om enige vorst gedurende de winter te overleven (Groenendael & Habekotté, 1988) waardoor de soort ook in gematigde gebieden kan vestigen. In Europa komt de soort veel voor in Zuid-Europa, maar tegenwoordig ook in Noord West Europa (Naber & Rotteveel, 1986;Schippers *et al.*, 1995). In de VS komt de soort voor in alle staten waar katoen verbouwd wordt, zoals Arizona, Californië, New Mexico, Alabama, Arkanas, Florida, Georgia, Louisiana, Mississippi, Missouri, North Carolina, Oklahoma, South Carolina, Tennessee en Texas (Keeley & Thullen, 1993). Daarnaast is de soort op het Noord en Midden Amerikaanse continent te vinden in Canada, Alaska, Cuba, Nicaragua, Puerto Rico en Mexico (Bendixen & Nandihalli, 1987). Knolcyperus is op het Zuid Amerikaans continent gevonden in Peru, Chili, Argentinië, Colombia en Venezuela (Bendixen & Nandihalli, 1987). De soort komt in Azië voor in Japan (Li *et al.*, 2004), Indonesië, Taiwan (Bendixen & Nandihalli, 1987) en in India (Schippers *et al.*, 1995). *Cyperus esculentus* komt ook veelvuldig voor op het Afrikaanse continent (Schippers *et al.*, 1995): Angola, Kenia, Madagascar, Mozambique, Zuid-Afrika, Tanzania, Swaziland, Kameroen, Ethiopië, Ghana, Ivoorkust, Mali, Mauritanië, Nigeria en Senegal (Bendixen & Nandihalli, 1987). De soort komt in feite op alle continenten voor, met uitzondering van Antarctica (Bendixen & Nandihalli, 1987) en is een onkruid in 21 gewassen in 40 landen en is een probleemonkruid in 15 landen (Bendixen & Nandihalli, 1987). De gewassen waarin knolcyperus o.a. is aangetroffen zijn: katoen, maïs, rijst, granen, koffie, pinda, ananas, aardappel, soja, suikerbiet, en verschillende groentegewassen (Bendixen & Nandihalli, 1987).

4.2 Levenscyclus

De soort vertoont een hoge mate van fenotypische plasticiteit (Schippers *et al.*, 1995). Wat het moeilijk maakt de soort te identificeren, maar ook om te bestrijden. Er zijn significante verschillen gevonden tussen ecotypen (populaties verzameld op verschillende locaties) voor opkomsttijd, eerste bloei, planthoogte, bovengrondse biomassa, lengte van de rhizomen, afmetingen van de bloeiwijzen en zaden, tijdens de groei onder gelijke omstandigheden (Holt, 1994). De bladeren van de plant kunnen langer worden dan dat de stengels hoog zijn (Defelice, 2002).



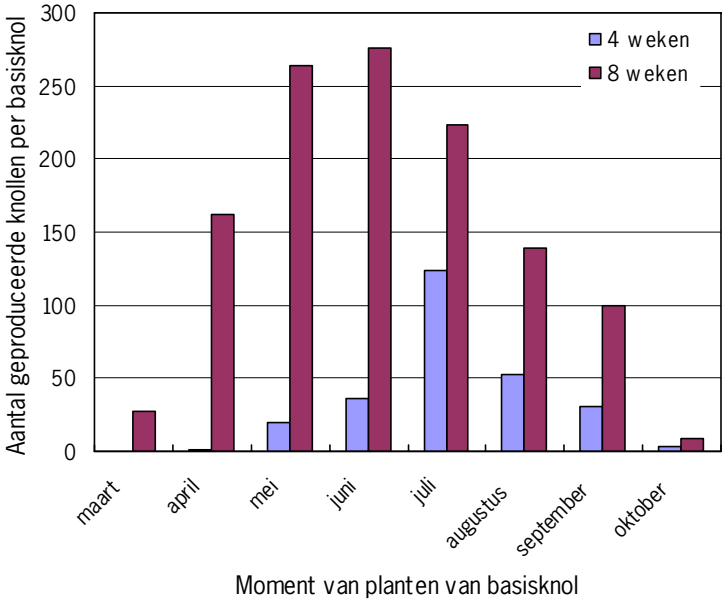
Figuur 4.1. Levenscyclus van Knolcyperus, naar Groenendael en Habekotté, 1988.

4.2.1 Reproductie

Reproductie middels zaad is in Nederland niet waargenomen (Groenendael & Habekotté, 1988; Lotz *et al.*, 1991) en speelt in gematigde klimaten een zeer kleine rol (Naber & Rotteveel, 1986).

Een populatie in een veld is vaak afkomstig van 1 of slechts enkele nakomelingen (Horak & Holt, 1986), hetgeen weergeeft dat verspreiding middels zaad van minder belang is dan de vegetatieve reproductie.
Japanse klonen van *C. esculentus* kunnen hun manier van voortplanten reguleren onder invloed van de aanwezigheid van water. Onder zeer vochtige omstandigheden produceren de planten relatief meer knollen (vegetatieve vermeerdering), terwijl onder drogere omstandigheden relatief meer zaadproductie plaatsvond (Li *et al.*, 2001). Onder vochtige omstandigheden worden meer scheuten en knollen geproduceerd dan onder droge omstandigheden (Li *et al.*, 2001). Het is dus waarschijnlijker dat knolcyperus vochtige gebieden intrekt dan droge gebieden.

Het aantal knollen dat per basisknol geproduceerd kan worden varieert met de lengte van het groeiseizoen (Thullen & Keeley, 1987). Hoe langer het groeiseizoen hoe groter het aantal knollen dat geproduceerd wordt (Figuur 4.2). Dit aantal is bovendien ook nog afhankelijk van het moment waarop de basisbol geplant wordt.



Figuur 4.2. Invloed van de lengte van het groeiseizoen op het aantal geproduceerde knollen. De invloed van een groeiseizoen van respectievelijk 4 of 8 weken, in relatie tot het moment van planten van de basisknol.

Onder optimale omstandigheden kan een knol tot 17.000 knollen produceren in 1 groeiseizoen, maar onder gematigde omstandigheden is een aantal van 500-600 realistischer (Groenendael & Habekotté, 1988).

4.2.2 Opkomst en eerste groei

Vanuit Zaad

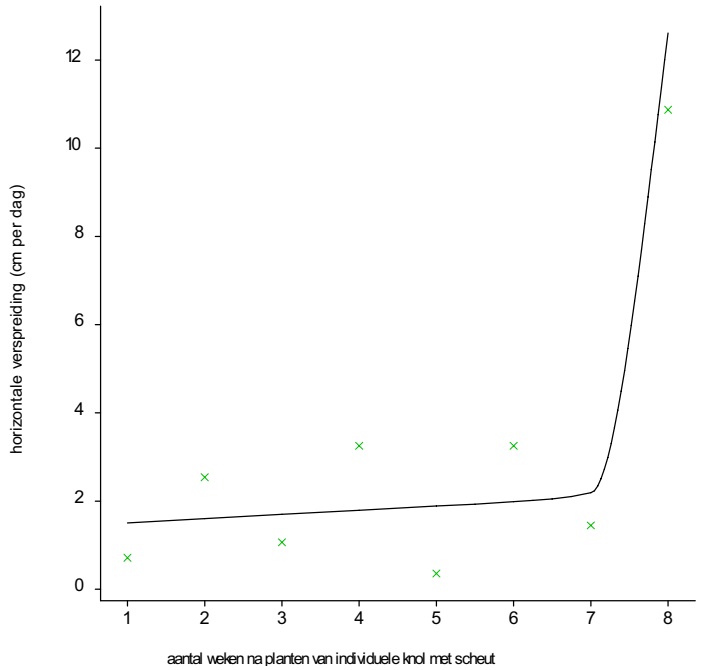
De bloei vindt plaats bij daglengtes van 12 tot 14 uur (Jansen, 1971). Het gemiddelde aantal bloemen per bloeiwijze van *C. esculentus* in het veld in Californië varieerde van 1227 tot 6685. Het hoogste percentage bloemen met zaden per bloeiwijzen dat gevonden werd was 17% (Thullen & Keeley, 1987). De kiemingspercentages van die zaden was nog behoorlijk; in klimaatkamers bedroegen de kiemingspercentages gemiddeld 31% (Thullen & Keeley, 1987). De kieming blijkt af te hangen van de zaadgrootte; hoe groter het zaad hoe beter de kieming. Zaden van 0.15 mg of minder kiemen niet (Thullen & Keeley, 1987).
De kieming van de zaden neemt toe met toenemende temperatuur; de kieming was in een kiemtest in kunststof bakken van een halve liter het beste bij dag/nacht temperaturen van 27/21 °C (Thullen & Keeley, 1987). Kieming bleek bij 11 uur licht beter te zijn dan bij continue duisternis (Thullen & Keeley, 1987).
Onder Nederlandse condities wordt geen levensvatbaar zaad geproduceerd (Groenendael & Habekotté, 1988).

Vanuit knollen

De knollen produceren in de lente spruiten (Defelice, 2002;Groenendael & Habekotté, 1988) zodra de bodemtemperatuur boven de 8-10 °C uitkomt (Groenendael & Habekotté, 1988). Vanuit deze spruit worden één tot tweeverticaal groeiende rhizomen gevormd die een basis bol vlak onder het grondoppervlak vormt onder invloed van licht (Groenendael & Habekotté, 1988). Vanuit deze bol groeit een scheut met een typische driehoekige basis verticaal omhoog. Vervolgens wordt een strokleurige bloeiwijze gevormd. De stengels kunnen 10 tot 90 cm hoog worden (Defelice, 2002). De basis bol is in staat meerdere rhizomen te vormen die tot een 1m lang kunnen worden (Groenendael & Habekotté, 1988) waaraan dan ook weer meerdere bollen en secundaire scheuten gevormd kunnen worden. De vorming van rhizomen uit de basisbol start 4 tot 6 weken nadat de eerste bovengrondse scheuten te

zien zijn (Stoller & Sweet, 1987). Vanaf juli worden door de rhizomen in steeds grotere mate nieuwe knollen gevormd in plaats van scheuten. Deze omschakeling vindt plaats onder invloed van daglengte (Groenendael & Habekotté, 1988;Stoller & Sweet, 1987), stikstofbeschikbaarheid, dichtheid en penetratie van licht in de bodem (Groenendael & Habekotté, 1988).
In de herfst sterven de bovengrondse delen en de daaraan direct verbonden rhizomen af. Op dat moment kunnen, mits de temperatuur hoog genoeg is en ze niet dormant zijn, nieuwe knollen gaan uitlopen. De dormantie van deze knollen is groter naarmate ze zich dieper in de bodem bevinden (Groenendael & Habekotté, 1988).
Zie Figuur 4.1 voor een schematisch overzicht van de levenscyclus van *C. esculentus* in gematigde streken. De meeste nieuwe knollen (80%) (Stoller & Sweet, 1987) worden in de bovenste 15 cm van de bodem gevormd, maar kunnen vervolgens wel tot 40 cm diep groeien (Groenendael & Habekotté, 1988).
De productie van knollen kan enorm zijn; in gematigde klimaten tot wel honderden per plant, en in tropische gebieden tot duizenden (Naber & Rotteveel, 1986).

Ongeveer 10 % van de knollen van Knolcyperus die op 1 maart geplant worden produceren na 4 weken stengels (Thullen & Keeley, 1987).



Figuur 4.3. Horizontale groeisnelheid knolcyperus.

4.2.3 Wortelgroei en knolvorming in relatie tot milieufactoren

Lichtintensiteit beïnvloedt de vorming van het aantal knollen per plant en het individuele gewicht per knol sterk. Bij een hoge intensiteit (37,5 Wm^{-2}) in een kasexperiment produceerden planten meer dan 500 knollen per plant, terwijl dit bij een middelmatige lichtintensiteit (16,3 Wm^{-2}) 300 knollen per plant waren, en bij een lage lichtintensiteit (6,9 Wm^{-2}) minder dan 50 knollen per plant (Lotz *et al.*, 1991). Het gewicht per knol nam ook met lichtintensiteit af van 92 mg per knol bij de hoogste intensiteit, 52 mg bij de middelste tot 27 mg bij de laagste intensiteit (Bärring, 1986).

4.2.4 Overleving

Knolcyperus is een meerjarige soort behorend tot de *Cyperaceae*, die de winter overleeft middels de vorming van tientallen kleine knollen aan het einde van de wortelstokken gedurende de zomer (Naber & Rotteveel, 1986). De overleving is het grootste in diepere bodemlagen (Stoller & Sweet, 1987). De knollen kunnen bepaalde perioden van vorst overleven. In Tabel 4.1 staat het percentage knollen aangegeven dat na een periode van vorst nog uitloopt (Groenendael & Habekotté, 1988). Tijdens de huidige Nederlandse winters zal de levensvatbaarheid van knollen dus niet sterk afnemen als gevolg van lage temperaturen.

Tabel 4.1. Overleving van grote (gemiddeld 0.174 gram) en kleine C. esculentus knollen bij vorst gedurende verschillende vorstperioden (Groenendael & Habekotté, 1988).

Temperatuur (°C)	0			-2			-4		
lengte van periode (dagen)	2	8	32	2	8	32	2	8	32
% uitloop (grote knollen)	62	62	43	50	43	37	43	62	0
% uitloop (kleine knollen)	58	43	65	58	14	7	50	36	7

4.2.5 Hybriden

Cyperus rotundus cv. Kempeni is hetzij een sexueel reproducerende biotype van *Cyperus rotundus* hetzij een hybride met *C. esculentus* (Tayyar *et al.*, 2003).

4.3 Management

Knolcyperus verschilt morfologisch sterk tussen populaties. Er zijn verschillende effecten van landbouwkundige maatregelen waargenomen, zoals gevoeligheid voor herbiciden (Costa & Appleby, 1976).

4.3.1 Niet-chemische methoden

Competitie en gewasgroei

Uit een veldexperiment met voedermaïs, hennep, wintergerst, braak land en winterrogge in Nederland bleek dat het aantal knollen dat per plant was geproduceerd het hoogst was onder braak (171,2 per plant) en het laagst onder hennep (0,2 per plant). Tussen wintergerst en maïs was geen verschil in het aantal knolcyperus knollen dat werd geproduceerd.
Potten met 3 knollen van knolcyperus per pot werden in mei in het veld tussen de gewassen ingegraven. Aan het einde van het seizoen, eind oktober, werd per pot het drooggewicht van en het aantal knollen bepaald.
Naast het potexperiment in het veld, werd er een zelfde experiment uitgevoerd zonder potten, met een natuurlijke *C. esculentus* populatie. Toen werd er geen verschil in het aantal primaire wortels van knolcyperus tussen de verschillende gewassen aangetroffen. Het aantal secundaire wortels, de bovengrondse biomassa en het aantal knollen werd echter wel door de gewaskeuze beïnvloedt. Hennep zorgde voor de grootste reductie van het aantal secundaire wortels en bovengrondse biomassa ten opzichte van de andere gewassen (2% reductie ten opzichte van een braaksituatie). De groei van een gewas reduceerde de dichtheid van het aantal secundaire wortels en de bovengrondse biomassa ten opzichte van een braak liggend land (39,29 en 50% reductie ten opzichte van braak voor maïs, wintergerst en winterrogge). Het individuele knolgewicht verschilde niet tussen de gewassen (Lotz *et al.*, 1991).

Door grond te verrijken met gedroogde (2 weken bij 60 °C) resten (deeltjes kleiner dan 1 mm) van *Raphanus raphanistrum* kan de productie van knollen van *C. esculentus* afnemen. In een potexperiment in de kas met paprika en tomaat waarbij de grond werd verrijkt met 1% *R. raphanistrum* deeltjes. De totale biomassa van de knolcyperus planten nam niet af wanneer deze in een monocultuur in de verrijkte grond werd geteeld. Wanneer echter ook een ander gewas tegelijkertijd op dezelfde grond werd geteeld, nam het knolgewicht af van 0.32 gram per knol (zonder verrijking) naar 0.05 gram per knol (met verrijking) en werd de productie van knollen met 88% gereduceerd. Het competitief vermogen van knolcyperus neemt door de toevoeging van *R. raphanistrum* sterk af ten opzichte van de andere gewassen. Waarschijnlijk is het competitieve vermogen van knolcyperus in sterkere mate afhankelijk van mycorrhizae. Isothiocyanaten die door de glucosinolaten in de *R. raphanistrum* worden geproduceerd zijn toxisch voor de sporen van de mycorrhizae (Norsworthy & Meehan, 2005).

Opkomst van Knolcyperus in het voorjaar werd niet beïnvloed door de resten van de groenbemester *Vicia villosa* Roth, die in de maand september ervoor waren ingewerkt (Teasdale & Rosecrance, 2003). Door na opkomst van een maïsgewas het onkruid met een eg te bestrijden, kon het aantal *C. esculentus* L. planten per m2 met 70 tot 87% gereduceerd worden (tellingen uitgevoerd 3 weken na bestrijding) (Teasdale & Rosecrance, 2003).

Nutriëntenmanagement

Hoge nutriënten gehalten hebben een positief effect op het aantal knollen en het droge stof gehalte van de wortels (g) en het totale gehalte droge stof van de plant (Li *et al.*, 2004), maar het relatieve gewicht van de wortels (per gram droge stof van de plant) en het relatieve aantal knollen (per gram droge stof van de plant) nam niet toe (Li *et al.*, 2004).

Door de bovengrondse biomassa van de planten regelmatig te halveren kon de gemiddelde grootte van de knollen per eenheid biomassa van de plant reduceren (Li *et al.*, 2004).
Deze behandeling had echter alleen dit effect bij hoge nutriëntengehaltes, bij lagere nutriëntengehaltes was er geen effect van de behandeling (Li *et al.*, 2004).

Rhizomen kunnen ofwel scheuten ofwel knollen vormen. Bij lage nutriëntengehalten produceren de rhizomen weinig scheuten, maar nog wel knollen. Bij hoge nutriëntengehalten produceren de rhizomen zowel scheuten als knollen. Door bij hoge nutriëntengehaltes regelmatig bovengrondse biomassa weg te halen, probeert de plant deze verloren biomassa weer aan te vullen, waardoor er tijdelijk minder reserves naar de knollen gaan. Bij lage nutriëntengehaltes investeerde de plant sowieso niet in bovengrondse biomassavorming, en heeft het verwijderen van bovengrondse biomassa weinig tot geen effect op de grootte van de gevormde knollen (Li *et al.*, 2004).

Stikstof verhoogt de vorming van de basis bol (en daarmee bovengrondse scheuten) ten opzichte van knolproductie (Stoller & Sweet, 1987).

Maaien en mechanische bewerkingen

Over het algemeen wordt mechanische bestrijding gezien als weinig effectief en als een oorzaak van verspreiding van de planten over het veld gezien (Rotteveel, 1993).

Uit sommige bronnen blijkt echter ook dat grondbewerkingen die de knollen dicht bij het grond oppervlak brengen, kunnen bijdragen aan de reductie van de knolpopulaties. Knollen die dicht bij het grond oppervlak zitten, staan het meest aan de elementen, zoals vorst en uitdroging, bloot (Stoller & Sweet, 1987).

Zo was het braken van een perceel gedurende de zomer en het uitvoeren van grondbewerkingen in een studie van Johnson (2007) succesvol. Ze gebruikten een ‘power tiller’ (Kelley manufacturing) met een werkdiepte van 7.6 cm en pasten deze hetzij maandelijks, hetzij wekelijks toe. De maandelijkse bewerking bleek even effectief te zijn als de wekelijkse bewerking. De bewerkingen startten in begin mei.

Eén tot drie keer per week maaien kan de lengte van de rhizomen, het aantal knollen, en de grootte van de knollen doen afnemen. Hoe lager de hoogte hoe eerder het effect waar te nemen is; op 1.3 cm afmaaien had 6 weken na de eerste keer maaien effect, terwijl op 3.8 cm afmaaien 9 weken na de eerste maaibeurt pas effect had in een experiment op een golfbaan (Summerlin *et al.*, 2000). Ook de bovengrondse delen worden gereduceerd, maar bij een hoogte van 3.8 cm is dit pas in het tweede jaar merkbaar (Summerlin *et al.*, 2000).

Compost

In een experiment met tuincompost bleek dat de rhizomen van knolcyperus niet overleefden na bewaring in de compost op een diepte van meer dan 30 cm gedurende 56 dagen (Daugovish *et al.*, 2007). De temperatuur in die compost was 60°C.

Solarisatie

(Rosskopf *et al.*, 2000) noemen een studie van (Locascio *et al.*, 1999) waarin solarisatie als alternatief voor methyl bromide in aardbeien werd getoetst. Ze vermelden dat een periode van 8 tot 10 weken van verhitting voldoende is om de cyperus te beheersen. De behandelingen waren solarisatie, solarisatie in combinatie met een compost en solarisatie na diep eggen. Alle behandelingen resulteerden in een reductie van het aantal planten. Ze vermelden niet of het om *C. esculentus* of *C. rotundus* gaat.

Natuurlijke populatie van knolcyperus kunnen goed beheerst worden door zomerlang (van mei of juli tot oktober) solarisatie toe te passen (Johnson, 2007). Solarisatie die in september gestart wordt is niet effectief, tenzij het vooraf gegaan wordt door wekelijkse grondbewerkingen. Deze grondbewerkingen moeten dan op een diepte van 7.6 cm uitgevoerd worden en de bodemtemperaturen op een diepte van 10 cm moeten een hoogte van gemiddeld 30 °C bereiken.

4.3.2 Biologische bestrijding

(Phatak *et al.*, 1987) hebben een overzicht opgesteld met daarin alle natuurlijke vijanden die ooit op knolcyperus zijn aangetroffen (Tabel 4.2). Een aantal van deze soorten is ooit als potentiële biologische bestrijder aangemerkt zoals *Athesapeuta cyperi, Bactra verutana, B. truculenta,* en *Chorizococcus rostellum.* Tot een toepassing is het echter nooit gekomen vanwege het gebrek aan effectiviteit, of een te breed waardspectrum waardoor gewasplanten ook aangetast zouden kunnen worden (Morales-Payan *et al.*, 2005).

Dactylaria higginsii

De commerciële toepassing van de schimmel *Dactylaria higginsii* (Luttrell) M.B. Ellis wordt momenteel onderzocht voor de bestrijding van purple nutsedge (*C. rotundus*) (Kadir & Charudattan, 2000). Het isolaat is echter ook zeer pathogeen voor *C. esculentus*. Op dit moment is de secundaire infectie met de schimmel nog niet sterk genoeg om voldoende beheersing van de populatie te kunnen bieden gedurende het groeiseizoen (Yandoc & Rosskopf, 2006).

Puccinia canaliculata

Op dit moment wordt in de VS de roest *Puccinia canaliculata* ('Dr. BioSedge' (Morales-Payan *et al.*, 2005)) gebruikt voor de bestrijding van knolcyperus (Phatak *et al.*, 1983). De schimmel remt de bloei en de vorming van nieuwe knollen. Stengel groei en knolvorming kunnen met 50 tot 75% gereduceerd worden. Daarnaast zijn de geïnfecteerde planten over het algemeen gevoeliger voor herbiciden (Scheepens & Hoogerbrugge, 1991). Scheepens en Hoogerbrugge (1991) hebben de roest getoetst op zijn effectiviteit tegen *C. esculentus*. Op vijf verschillende locaties was deze effectief, op twee andere locaties bleek echter dat de virulentie lager was, en op een laatste locatie was de plant resistent tegen de roest. De roest is echter nooit in Nederland geïntroduceerd vanwege zijn onverwachte brede waardplantreeks.

Het is onwaarschijnlijk dat een momenteel bekende biologische bestrijder volledige beheersing van knolcyperus kan bewerkstelligen. Het is echter niet ondenkbaar dat bepaalde soorten wel een rol van betekenis zouden kunnen spelen in geïntegreerde bestrijdingssystemen in zowel biologische als geïntegreerde productiesystemen (Morales-Payan *et al.*, 2005).

Tabel 4.2. Pathogenen (Nematoden, bacteria en virussen) van C. esculentus. Naar (Phatak et al., 1987).

Insecten	Schimmels en bacteriën	Nematoden	Virus
A. occiduus	*Alternaria tenuissima*	*Criconemoides onoensis*	V. lucerne dwarf virus
Althaes hibisci	*Asochyta sp.*	*Heterodera cyperi*	
Anthomyze sp	*Balansia cyperi*	*Heterodera marioni*	
Athesapeuta cyperi	*Cercospora sp.*	*Hoplolaimus columbus*	
B. furfurana	*Curvularia tuberculata*	*Meloidogyne graminicola*	
B. lanceolana	*Drechslera mydis*	*Pratylenchus brachyurus*	
B. phaeopis	*F. lateritium*	*Trichodorus spp.*	
B. truculenta	*Fusarium oxysporum*		
B. verutana	*Rhizoctonia solani*		
Barinus squamolineatus	*Sclerotinia homoecarpa*		
B. curticollis	*Verticillium dahliae*		
Barilepis grisea			
Calendra sp			
Carolinaia cyperi			
Chaetopsis fulvifrons			
Chlorops sp.			
Chorizococcus rostellum			
Corimelaena pulicaria			
Delphacodes basivitta			
Diabrotica undecempunctata howardi			
Elachiptera nigriceps			
Elliponeura debilis			
Glyphipterix impigritella			
Glyphipterix prob.Imprigtella			
Halticus bracteatus			
Halictus bracteatus			
Haplaxius crudus			
Liburniellla ornata			
Lissohoptrus brevirostris			
Locusta migratoriacapito			
Macrosiphum avenae			
Megelethes sp			
Megaloceroea recticornis			
Mumetopia occipitalis			
N. cultellana			
Orthoperus sp.			
Oscinella sp.			
Pachynematus corniger			
Phalactris politus			
Pleurophorus sp.			
Rhopalosiphum maidis			

Tabel 4.2. Vervolg.

Insecten	Schimmels en bacteriën	Nematoden	Virus
R. padi			
Sanctanus sanctus			
Schizaphis cyperi			
Schizaphis rotundivendris			
Sitobion hillerislambersi			
Sibariops confusa			
Spissistilus festinus			
S. frugiperda			
Sphenophorus callosus			
S. cariosus			
S. destructor			
S. parvulus			
S. zeae			
Stenomicra angustata			
Stenoscinis atriceps			
Stilbus apicalis			
S. pallidus			
Taphrocerus schaefferi			
Telephanus velox			
Tetranychus yusti			
Thaumatimyia glabra			
Thysanpotera thrips			
Toramus sp.			
Trigonorhinus stricticus			

4.3.3 Chemische bestrijding

De omgeving kan het fenotype van de plant drastisch beïnvloeden waardoor determinatie van de soort lastig kan zijn (Schippers *et al.*, 1995), maar ook de bestrijding.
Uit ouder onderzoek (Costa & Appleby, 1976) is bekend dat er verschil in gevoeligheid voor herbiciden bestaat tussen de verschillende variëteiten van *C. esculentus*. Zo bleek *C. esculentus* L. *var. esculentus* minder vatbaar te zijn dan *C. esculentus* L. var. *leptostachus* Boeck. tegen voor opkomst behandelingen met atrazine of metribuzin. *C. esculentus* L. *var. esculentus* was wel weer gevoeliger voor toepassing van 2,4-D na opkomst (Costa & Appleby, 1976).
C. esculentus L. *var. esculentus* is de meest voorkomende variëteit in Europa en Afrika, terwijl *C. esculentus* L. *var. leptostachus* Boeck. de meest voorkomende variëteit in Noord en Zuid Amerika is (Schippers *et al.*, 1995).

Als alternatief chemisch middel wordt de herhaalde toepassing van glyfosaat genoemd gedurende enkele jaren en het gebruik van metam-natrium (Wijchman, 2007). De doseringen die genoemd worden zijn echter te hoog om aan de huidige en zeker ook toekomstige wetgeving te kunnen voldoen. Daarnaast is het gebruik van metam-natrium alleen niet voldoende en is een combinatie met andere herbiciden noodzakelijk (www.ctgb.nl).

In een maïsgewas kan enige effectiviteit verwacht worden van metolachlor (Dual). Metazachlor (Butisan) is ook effectief. De toelating van dit middel wordt momenteel echter bediscussieerd.

4.4 Samenvatting knolcyperus

In Nederland voorkomende knolcyperus vermenigvuldigt zich hoofdzakelijk vegetatief, productie van levensvatbare zaden is niet waargenomen. Een knol kan per groeiseizoen onder standaard omstandigheden 500-600 knollen produceren. Dit aantal neemt toe met de lengte van het groeiseizoen De knollen overleven in de bodem en worden boven de 8 °C actief. Vanaf juli worden nieuwe knollen gevormd in de bovenste 15 cm van de bodem. De planten zijn lichtafhankelijk; bij hogere lichtintensiteit worden meer knollen geproduceerd dan bij lage intensiteit. Competitieve gewassen zijn maïs, wintergerst, rogge en hennep. Deze gewassen zorgden voor een gereduceerd aantal secundaire wortels en bovengrondse massa, waarschijnlijk door wegvangen van licht. Door toevoeging van *R. raphanistrum* deeltjes aan de bodem kan het competitief vermogen van deze gewassen ten opzichte van knolcyperus naar alle waarschijnlijkheid verbeterd worden en het aantal knollen flink gereduceerd worden.
Resultaten waarbij bovengrondse delen worden afgemaaid, zijn tegenstrijdig. Echter, in de meest recente studies waarbij ook rekening met het nutriënten gehalte werd gehouden, is men tot het volgende inzicht gekomen. Bij hoge nutriëntengehalten in de bodem produceert de planten zowel nieuwe zijscheuten als ook knollen. Door bovengrondse delen te verwijderen stopt de plant hiermee en zal juist reserves uit ondergrondse delen aanspreken om bovengrondse massa te genereren. Onder Nederlandse omstandigheden zijn stikstofniveaus vaak hoog en kan frequent bovengronds maaien zeer waarschijnlijk bijdragen aan een uitputting van de knollen.
Chemische bestrijdingsopties zijn de herhaalde toepassing van glyfosaat gedurende enkele jaren, en toepassing van metolachlor of metazachlor in een maïsgewas.

5. Veenwortel (*Persicaria amphibia/ Polygonum amphibium*)

Veenwortel is een amfibische plant, een die zowel aquatische als terrestrische verschijningsvormen heeft, die voor verschillende soorten aangezien kunnen worden. De aquatische vorm heeft stengels onder water en onbehaarde bladeren, de terrestrische heeft rechtopstaande stengels of liggende stengels met rechtopstaande uiteinden en heeft met korte haartjes bedekte bladeren (Partridge, 2001).
Hoewel de soort van nature voornamelijk voorkomt in moerasland of voormalig moerasland, is veenwortel door menselijke activiteit verplaatst naar wegbermen, spoorwegen, volkstuinen, grasland, en akkerland (Partridge, 2001). De plant heeft twee namen; *Persicaria amphibia* L. en *Polygonum amphibium* L. (Partridge, 2001).

5.1 Geografische verspreiding

Nederland

P. amphibium komt in ondiep, voedselrijk water, en vooral in rivierarmen, zandafgravingen, duinplassen en vennen voor. Daarnaast wordt veenwortel ook aangetroffen op natte tot vochtige, voedselrijke grond aan slootkanten, in uiterwaarden, en op akkers (Anonimous, 2007d).

Wereldwijd

P. amphibium komt in geheel Europa voor. Het meest voorkomend is de soort in West, Midden, Oost, en Zuidoost Europa, waar de soort in 75-100% van het plantengeografische oppervlak van het areaal voorkomt. In Noord- en Zuid Europa bedragen deze percentages respectievelijk 50-75 en 5-25% (Anonimous, 2007d). Een beschrijving van de berekeningswijze van deze percentages staat vermeld in Schaminée *et al.* (1992).
De soort is wijdverspreid op het noordelijk halfrond. Veenwortel wordt in Europa aangetroffen in Groot-Brittannië, Noorwegen, Zweden, Finland, Denemarken, België, Luxemburg, Polen, Frankrijk, Spanje, Duitsland, Italië, Oostenrijk, Zwitserland, Rusland, Griekenland, de Baltische staten, en de Balkan. Daarnaast wordt de soort aangetroffen in Zuid Amerika, Zuid Afrika, en Mexico, maar ook op grote hoogten in de Himalaya van Kasjmir, Bhutan, en het Atlas-gebergte in Noord Afrika is veenwortel gevonden (Partridge, 2001).

5.2 Levenscyclus

De hoogst aangetroffen dichtheden zijn 270 spruiten per m^2 (in Duitsland). Het oppervlak dat één veenwortel kloon kan innemen is 1000 m^2 (Nordmeyer & Hausler, 2004). De soort heeft een voorkeur voor vochtige tot natte bodems (Nordmeyer & Hausler, 2004), komt voor in stilstaand water en is intolerant voor droge omstandigheden (Carter & Grace, 1990). Veenwortel komt van nature voor in aquatisch milieu en in nabijgelegen terrestrische gebieden, en is om die reden sterk aangepast aan veranderende waterniveau's (Partridge, 2001).

5.2.1 Reproductie

Sexueel

De sexuele reproductie van de soort is minimaal (Carter & Grace, 1990).
Bloei vindt plaats tussen juni en oktober. Over het algemeen bloeit de aquatische vorm twee weken eerder, maar voor een kortere periode dan de terrestrische vorm. De bloemen openen zich 1 tot 2 uur na zonsopkomst en sluiten zich bij zonsondergang. De bloei stopt meestal 1 tot 2 maanden voordat de eerste vorst optreedt, maar sommige

klonen blijven bloeien tot het moment waarop de hele plant afsterft. Niet kiemkrachtige zaden worden meestal 1 tot 2 weken na de bloei afgeworpen, maar sommige blijven aan de plant gehecht totdat de gehele bloeiwijze afgestorven is. Deze niet kiemkrachtige zaden zijn bleek van kleur, zeer licht en makkelijk in elkaar te duwen (Mitchell, 1968). Zaden hebben ongeveer 3 weken nodig om af te rijpen na bevruchting (Mitchell, 1968) en kunnen ofwel gelijk verspreid worden ofwel tot aan het einde van het seizoen aan de plant gehecht blijven (Partridge, 2001).
De bloeiwijze wordt zelden door de terrestrische vorm geproduceerd (Partridge, 2001). De sexuele reproductie is op dit moment niet helder. Klonen zijn hetzij mannelijk steriel of mannelijk fertiel. Het aantal zaden dat op mannelijk fertiele planten gevormd wordt is laag, nooit meer dan 5 tot 10 per bloeiwijze, wat inhoudt dat de planten zelf-incompatibel zijn of dat de planten een hoge mate van onvruchtbaarheid van de vrouwelijke gameet hebben (Partridge, 2001). In de praktijk zullen er maximaal 75 zaden per bloeiwijze geproduceerd worden, meestal geen. De voornaamste functie van de sexuele reproductie zijn wellicht overleving in zeer extreme omstandigheden en de verspreiding over grotere afstanden met water en of vogels (Partridge, 2001).

Het wortelstelsel van een zaailing bestaat uit één hoofdwortel met zijwaartse aftakkingen. Zes weken na de kieming groeien er zijwaartse rhizomen vanuit het eerste stengel internodium die de bodem of het water horizontaal ingroeien (Partridge, 2001).

Vegetatief

Over het algemeen vindt binnen een patch (meestal 1 kloon) verspreiding alleen vegetatief plaats (Nordmeyer & Hausler, 2004), zeker als het de terrestrische vorm betreft.

De plant verspreid zich vegetatief zeer snel: de horizontale groei van de wortels kan oplopen tot meer dan 50 mm per dag (Partridge, 2001). De snelheid waarmee wortels groeien is afhankelijk van de vochtigheid van de bodem blijkt uit een potexperiment van Kneifelová en Mikulka (2004) (Kneifelová & Mikulka, 2004). Bij continue watergift gedurende vier maanden groeide een 10 cm lange wortelstok uit tot een wortelstelsel met een lengte van 30 m. Bij een watergift waarbij uitdroging van de plant net voorkomen werd, groeide de wortelstok uit tot een wortelstelsel met een lengte van 3m.
En in het Vechtmeer is in het verleden een gemiddelde relatieve groeisnelheid van de aquatische vorm van veenwortel over de periode juni tot september van 0.008 m dag^{-1} aangetroffen (Best & Dassen, 1987).
De wortelstokken hebben een diameter die varieert van 0.3 tot 1.0 cm en vertakken zich onregelmatig. Deze wortelstokken produceren wortels vanuit knopen met eind en zijknoppen. Deze knoppen kunnen uitgroeien tot nieuwe stengels en zijn ingekapseld in kurk. Tussen de knoppen bevinden zich korte internodia (Mitchell, 1968).
De uiteindelijke dichtheid van terrestrische veenwortel wordt niet beïnvloedt door bodemsamenstelling, zoals het aandeel zand (Nordmeyer & Hausler, 2004).

Bovengrondse groei begint in maart of april, afhankelijk van het locale klimaat (Mitchell, 1968). De terrestrische vorm heeft een sneller initiële ontwikkeling dan de aquatische (Bischof, 1969). De terrestrische vorm start zijn ontwikkeling bij een temperatuur van 10°C en heeft een optimum van 20°C , de aquatische heeft een minimum van 5 °C en heeft een optimum van 25°C (Mitchell, 1968). De aquatische vorm verschijnt in april of mei op het water-oppervlak. Bij een hogere waterstand heeft de plant een hogere stengelmassa en een hogere rhizoommassa dan bij een lage waterstand en in gedraineerde gronden (Carter & Grace, 1990).
Zijwaartse groei van de wortels vindt plaats tot in augustus of september. Op het land wordt de maximale hoogte in juli of augustus bereikt.
Uit een experiment met rhizomen in het donker, bleek dat een verhoging van het CO_2 gehalte zorgde voor een versnelling van het uitlopen van de wortelstokken (Bischof, 1969). De groei was normaal bij constante vochtniveau's van 25% tot 120% van de veldcapaciteit (Bischof, 1969).

Er worden zeer zelden mycorrhizae aangetroffen, en alleen bij de terrestrische vorm. Noord-Amerikaanse planten die in droge gedeelten van moerasland groeiden, hadden op 1% van hun wortels hyfen van mycorrhizae (Rickerl *et al.*, 1994).

5.2.2 Overleving

Bovengrondse delen van veenwortel zijn zeer gevoelig voor vorst. Temperaturen lager dan 0 °C zorgen voor het geheel afsterven van de plant (Bischof, 1969). De aquatische vorm behoudt enkele stengels boven het oppervlak wanneer het ijs niet het gehele wateroppervlak bedekt en er lucht onder het ijs aanwezig is (Partridge, 2001).
Een individuele kloon van *P. amphibium* kan 22 jaar of langer overleven, zonder ook maar 1 keer te bloeien, wat aangeeft wat het grote belang van vegetatieve reproductie is ten opzichte van sexuele reproductie (Partridge, 2001).

De zaden kunnen maximaal een jaar droog bij kamertemperatuur bewaard worden voordat ze hun kiemkracht verliezen (Partridge, 2001). Door de zaden zes maanden droog te bewaren, de buitenste laag (pericarp) te verwijderen, nat te bewaren bij 2C gedurende vijf maanden en 2,5 week bij warme, vochtige, donkere omstandigheden kan een kiemingspercentage van 85% verkregen worden (Justice, 1941). De zaden in modder op de bodem van een vijver bewaren gedurende 5 maanden in de winter resulteerde in een percentage van 3%. Zaden die gedurende 2 jaar onder water bij 2 °C bewaard werden en zaden die gedurende 28 dagen ingevroren werden, bleken nog kiemkrachtig te zijn (Justice, 1941).

5.2.3 Hybriden

Er is slechts één beschrijving van een hybride, en die stamt uit 1947 (Wulff, 1947 in (Partridge, 2001)): *Persicaria bistorta* x *P. amphibia*, buiten Europa. Latere pogingen om deze twee soorten te kruisen zijn allemaal mislukt (Partridge, 2001). Er mag dus vanuit worden gegaan dat er geen hybriden in Nederland voorkomen.

5.3 Management

5.3.1 Competitie en nutriënten

Er is zeer weinig bekend over competitie van Veenwortel met akkerplanten.

Uit competitie studies waarin wortelstokken van veenwortel in winter- en zomertarwe geplant werden bleek dat *P. amphibium* van de competitie met tarwe te lijden had, en niet zozeer de groei van tarwe onderdrukte (Van Himme *et al.*, 1981).

De dichtheid van Veenwortel op gronden met hoge nutriëntengehalten is hoger dan op onbemeste gronden (Nordmeyer & Hausler, 2004;Yin *et al.*, 2006).

5.3.2 Maaien en begrazing

De aquatische plant wordt door vee gegeten (Best, 1982). De terrestrische vorm wordt door paarden en schapen gegeten, zowel op het land tussen andere vegetatie als ook in de stal gedroogd (Partridge, 2001).
Als reactie op begrazing en maaien vindt bij veenwortel secundaire groei plaats (Partridge, 2001).

5.3.3. Chemische bestrijding

In een kasexperiment is onderzocht met welke dosering van glyfosaat (Roundup) zes weken oude rhizomen, hetzij mechanisch beschadigd, hetzij onbeschadigd bestreden konden worden. De doseringen waren 0.125 tot 8 liter per ha (360 g a.i. /liter). Drie weken na de behandeling bleek dat de groei van mechanisch beschadigde wortelstokken kleiner was dan de onbeschadigde en dat de groei met toenemende herbicide dosering af nam. Vier weken na

behandeling, werd er geen hergroei waargenomen bij doseringen boven de 1 liter per ha voor onbeschadigde en boven de 0,5 liter voor beschadigde wortelstokken (Hallgren & Nilsson, 1991).
Daarnaast bleek uit een andere studie dat 7-15 cm hoge veenwortel planten die 35-50% van het oppervlak van een tarwestoppel bedekten met 2 kg/ha Glyfosaat goed te beheersen waren in de twee daaropvolgende jaren (Van Himme *et al.*, 1981).

Dalapon, TCA, MCPA and mecoprop + 2, 4-D of + 2, 4, 5-T waren relatief ineffectief tegen *P. amphibium*, ze zorgden zelfs voor een toename van uitlopen van de rhizomen (Bischof, 1969).

De aquatische vorm is resistent voor Terbutryn en Dalapon, en kan slechts tijdelijk onderdrukt worden door Dichlorbenil, chlorthiamid, diquat en paraquat (Partridge, 2001).

5.4 Samenvatting veenwortel

Veenwortel is een amfibische plant met een terrestrische en aquatische verschijningsvorm. De soort houdt van vochtige bodems zoals moerasland maar komt steeds vaker op akkers voor. De soort verspreid zich vegetatief heel snel met een maximum van 50 mm wortelgroei per dag. Minimum temperatuur voor de activiteit is 10 °C.

Over de bestrijding van Veenwortel is erg weinig bekend. Chemische bestrijding met glyfosaat lijkt effectief te zijn. Echter, ten aanzien van eggen, schoffelen of andere vormen van mechanische bestrijding staat niets in de literatuur vermeld. Deze informatie is echter van groot belang voor met name biologische telers en zal experimenteel bepaald moeten worden.

6. Akkermunt (*Mentha arvensis*)

6.1 Geografische verspreiding

Nederland

Akkermunt komt in Nederland voor op open tot grazige, vochtige tot natte, voedselrijke grond in akkers, aan waterkanten, in moerassige graslanden, langs vennen en in loofbossen (Anonimous, 2007c). De soort is in Nederland vrij algemeen, maar wordt echter zeldzaam gezien in het Noordelijk kleidistrict, Flevoland en het Waddendistrict (Anonimous, 2007c).

Wereldwijd

M. arvensis komt in geheel Europa voor. Het meest voorkomend is de soort in West, Midden, Oost, en Zuidoost Europa, waar de soort in 75-100% van het plantengeografische oppervlak van het areaal voorkomt. In Noord- en Zuid Europa bedragen deze percentages respectievelijk 50-75 en 5-25% (Anonimous, 2007c). Een beschrijving van de berekeningswijze van deze percentages staat vermeld in Schaminée *et al.* (1992).
Akkermunt is een probleem in o.a. granen en aardappels (Ivany, 1997), maïs en hakvruchten (Meinert, 1972).

6.2 Levenscyclus

De plant bloeit vanaf juli tot in de herfst (Anonimous, 2007c). De stengel is vierkant van vorm, en heeft een matgroene of violette kleur. De plant kan 20 tot 50 cm hoog worden (Meinert, 1972). In tegenstelling tot *Mentha aquatica* bevat de stengel van *M. arvensis* geen luchtkanalen, waardoor de plant op zeer vochtige gronden iets minder vaak voorkomt (Meinert, 1972).
Zaailingen kunnen in het eerste jaar na opkomst 10 tot 15 cm hoog worden, en bloeien niet. Een plant kan in het open veld zo'n 200 zaden produceren, het 1000 korrelgewicht bedraagt 0,12 gram (Meinert, 1972).

6.2.1 Reproductie en opkomst

Munt is geen zelfbestuiver (Meinert, 1972).

Vanuit zaad

Zaden die net geproduceerd zijn, blijken in petrischalen bij constante temperaturen van 5, 10,15, 20, 25, 30 en 35 °C niet te kunnen kiemen (Meinert, 1972). Door toevoeging van een 0.05% gibberelline oplossing kiemen deze zaden wel. Onder invloed van licht versnelt de kieming van zaden bij lage temperaturen (5, 10, 15 °C) ten opzichte van de kieming van zaden in het donker. Na drie weken is dat verschil echter niet meer waarneembaar. Afwisseling van temperaturen draagt zorg voor de kieming van net geproduceerde zaden (Tabel 6.1).

Tabel 6.1. Kiemingspercentage van M. arvensis zaden bij verschillende temperatuurregimes. Naar Meinert (1972). Verschillende letters geven significante verschillen op het niveau van 5% weer.

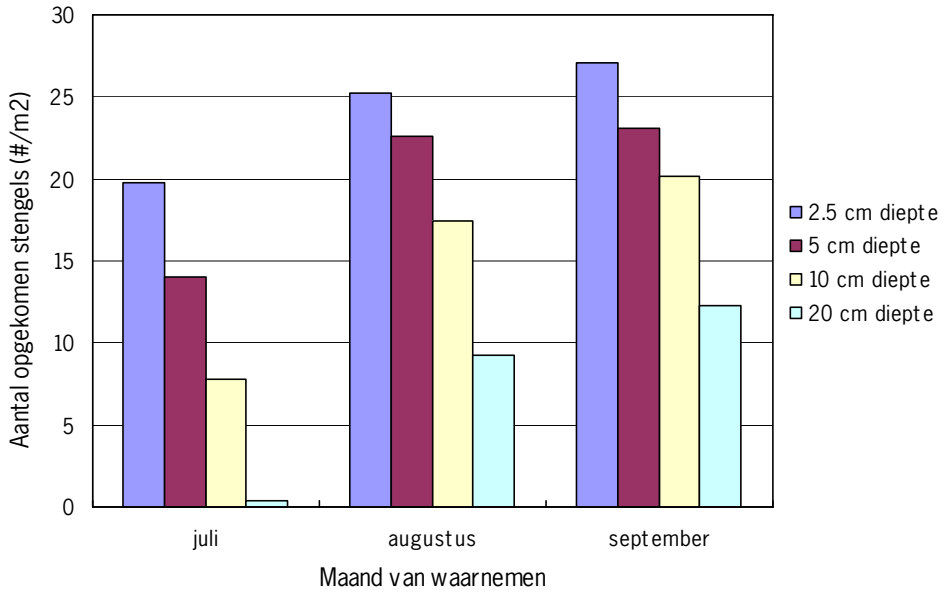
temperatuurregime (12/12 uur dag/nacht) °C	kieming (%)
25 /12	90.7[a]
25/10	72.8[b]
25/5	71.3[b]
25/25	0.3[c]

Tabel 6.2. Kiemingspercentage van M. arvensis zaden op verschillende dieptes in een klei, zand of gemengde bodem. Naar Meinert (1972). Verschillende letters geven significante verschillen op het niveau van 5% weer.

	kieming (%)		
diepte (cm)	klei	zand	mengsel
0	16[c]	48[a]	24.2[b]
0.5	12[c]	55[a]	3.5[de]
1	2.7[de]	10[cd]	0[e]
2	0[e]	0[e]	0[e]
3	0[e]	0[e]	0[e]
5	0[e]	0[e]	0[e]
7	0[e]	0[e]	0[e]

Vanuit wortelstokken

Ivany (1997) onderzocht de invloed van de diepte waarop in juni begraven rhizomen zich bevinden en het aantal stengels dat opkomt gedurende het seizoen. Hoe dieper de rhizomen begraven liggen, hoe slechter de opkomst van bovengrondse delen was (zie Figuur 6.1). Het dieper begraven liggen van de wortelstokken zorgt voor een vertraging van de opkomst. Ook blijkt uit de figuur dat de opkomst nog tot in september doorloopt, aangezien het aantal stengels in september hoger is dan in juli. De diepte van de rhizomen aan het begin van het seizoen bepaalde het droge stof gewicht van de stengels en wortelstokken aan het einde van het seizoen niet, behalve bij 20 cm. Rhizomen die op 20 cm begraven lagen, produceerden 40 tot 60% minder stengel- en rhizoomgewicht dan de ondieper gelegen wortelstokken.



Figuur 6.1. Effect van rhizoomdiepte op het aantal opgekomen bovengrondse stengels. Naar data uit Ivany (1997).

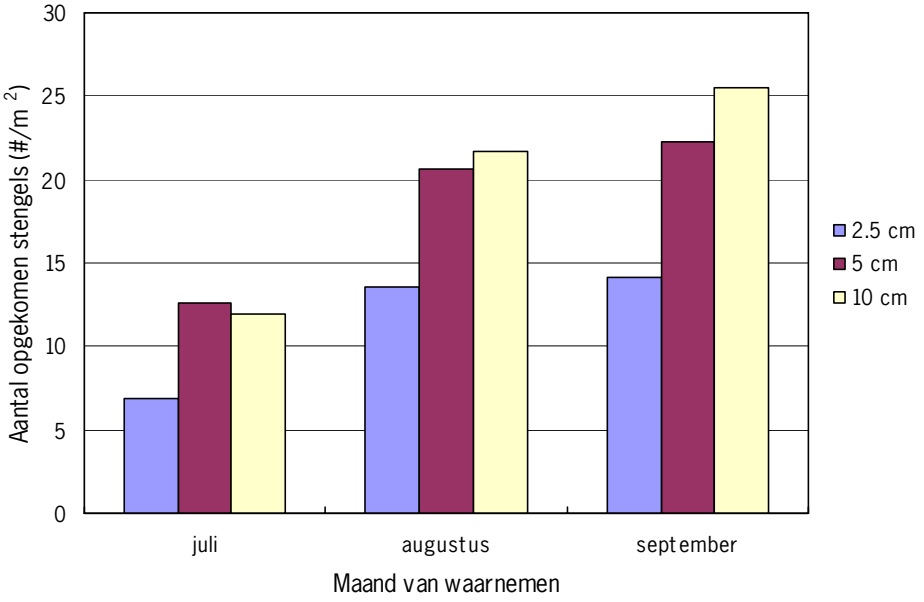
6.2.2 Wortelgroei

Wortelstokken bevinden zich meestal in de bovenste 5 tot 8 cm van de bodem (Ivany, 1997). *M. arvensis* heeft twee verschillende soorten wortelstokken; groene en witte. De groene bevinden zich op het grondoppervlak en de witte bevinden zich in de bodem. Deze wortelstokken verschillen in ontwikkeling. De massa van de stolonen wordt voornamelijk bepaald door het aantal stolonen. Het aantal witte is gemiddeld genomen twee tot drie maal zo groot als het groene (Németh & Pham, 1995). Het uitgroeien van de ogen op wortelstokken is afhankelijk van de temperatuur. Deze groei wordt vanaf 15 °C bevorderd, heeft een optimum bij 25 °C en neemt bij hogere temperaturen weer af (Meinert, 1972).

6.2.3 Hergroei vanuit de wortels

De invloed van de rhizoomlengte op de hergroei van de plant was indirect onderzocht door Ivany (1997). Wortelstokken van drie verschillende lengtes, 2.5, 5 en 10 cm lang werden begraven. Vervolgens werd de opkomst van bovengrondse stengels op drie momenten in het groeiseizoen, juli, augustus en september, bepaald. Door de kortste wortelstokken werden de minste bovengrondse delen geproduceerd. Zie Figuur 6.2.

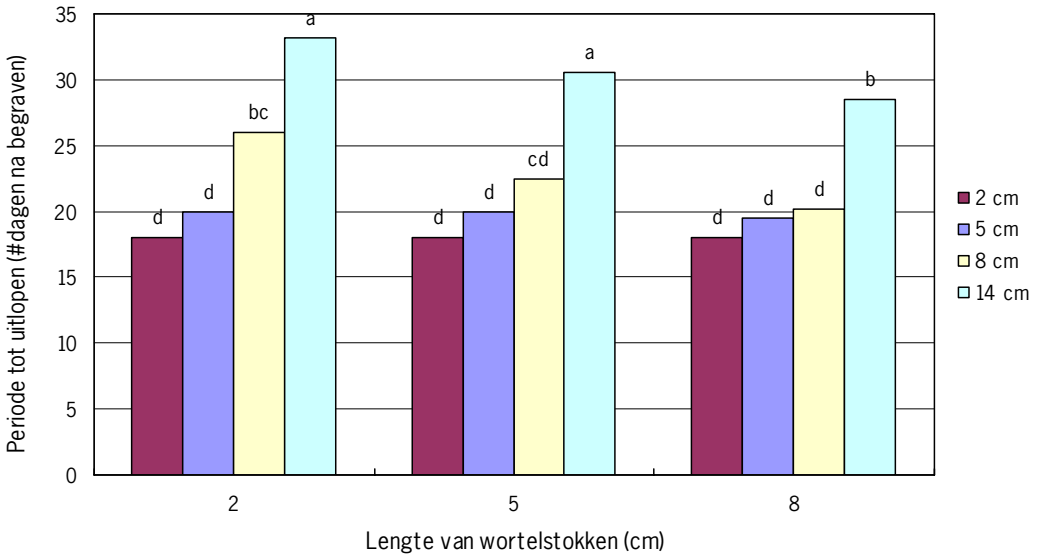
Akkermuntstengel en –wortelgewicht werd ook beïnvloed door de lengte van de begraven wortelstokken. Kleine wortelstukken produceerden zowel minder stengel- als rhizoommassa dan de stukken van 5 en 10 cm. Er was geen verschil tussen de wortelstokken van 5 en 10 cm lang.



Figuur 6.2. Invloed van de rhizoomlengte op het aantal bovengronds opkomende stengels. Naar data van Ivany (1997).

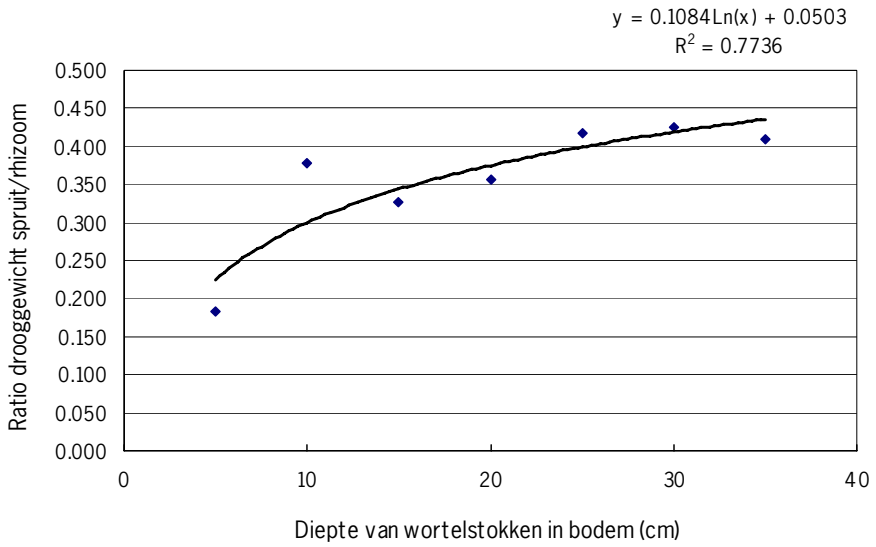
De optimale temperatuur voor rhizoomgroei ligt bij 25°C, het maximum tussen 30 en 40 °C en het minimum bij 5 °C (Meinert, 1972).

Meinert (1972) onderzocht de relatie tussen de uitloopsnelheid van rhizomen van verschillende lengtes in afhankelijkheid van de diepte waarop deze begraven liggen (Figuur 6.3). Op een diepte van 14 cm liepen de rhizomen het langzaamst uit.



Figuur 6.3. Invloed van de rhizoomlengte en de diepte waarop de rhizomen begraven (2, 5, 8 en 14 cm) liggen op de lengte van uitlopen (naar Meinert, 1972).

De relatie tussen de diepte van begraven en de ratio tussen het droge stof gewicht van de boven en ondergrondse delen is weergegeven in Figuur 6.4.



Figuur 6.4. Invloed van de diepte waarop wortelstokken begraven liggen op de ratio tussen het drooggewicht van de spruit en het drooggewicht van de rhizomen, naar data van Meinert (1972).

6.2.4 Overleving

De zaden kunnen tot zeven jaar overleven in de bodem (Meinert, 1972). Wortelstokken die op 2, 8, 18, en 28 cm diep begraven lagen in de periode november tot april in Duitsland werden in diezelfde periode blootgesteld aan temperaturen van -5,5°C (2 cm diepte) tot -0,1 °C (8 cm diepte). Na deze bewaarperiode was meer dan 75% van de wortelstokken nog levensvatbaar, onafhankelijk van de diepte waarop en het bodemtype (zand en klei) waarin ze begraven waren (Meinert, 1972).

6.3 Management

6.3.1 Chemische bestrijding

De chemische bestrijding van Akkermunt is getoetst in suikerbieten te Roosendaal in 2003. Daaruit bleek dat door de combinaties beschreven in de tabel toe te passen een bestrijding van meer dan 88% van de planten van de soort bereikt kon worden, met uitzondering van de combinatie met metam-mitron (Wevers, 2003).

Tabel 6.3. Herbiciden combinaties en het percentage bestrijding akkermunt.

middelencombinatie (L per ha)	percentage bestrijding (%)
0,5 metam-mitron+ 0,5 fenmedifam + 0,2 ethofumesaat (500) + 0,5 olie	31
0,5 Dual Gold + 0,5 fenmedifam +0,2 ethofumesaat (500) + 0,5 olie	96
0,3 Frontier O + 0,5 fenmedifam +0,2 ethofumesaat (500) + 0,5 olie	93
0,5 fenmedifam +0,2 ethofumesaat (500) + 0.03 Safari + 0,5 olie	91
0,5 Goltix + 0,5 fenmedifam + 0,2 ethofumesaat (500) + 0.015 Safari + 0,5 olie	88

Toepassing van glyfosaat is een effectieve manier op akkermunt te bestrijden in de afwezigheid van een gewas (Ivany, 1997).

6.3.2 Mechanische bestrijding

Over mechanische bestrijding van akkermunt is in de literatuur niets bekend.

6.4 Samenvatting akkermunt

Akkermunt is verspreid door heel Nederland en komt in grote delen van Europa voor. De soort bloeit van juli tot in de herfst en heeft een maximale hoogte van 50 cm. Een individuele plant kan tot 200 zaden produceren. De net geproduceerde zaden zijn niet tot directe kieming in staat (dormant). Optimale temperatuur voor de kieming is 25 °C overdag en 12°C ‘s nachts. Zaden kunnen een jaar of zeven overleven in de bodem.
Groei vanuit wortelstokken vindt plaats vanaf dagtemperaturen van 15 °C en heeft een optimum bij 25 °C. Hoe dieper de wortelstokken begraven zijn, hoe minder stengel en rhizoomgewicht ze produceren in een groeiseizoen. Stokken op een diepte van 20 cm produceren aanzienlijk minder gewicht.
De lengte van de wortelstokken bepaalt het aantal geproduceerde stengels, het stengel en wortelgewicht aan het einde van een groeiseizoen. Mechanische bestrijding waarbij wortelstokken in kleine stukken ‘geknipt’ worden, moeten de rhizomen kleiner knippen dan 2,5 cm om effectief te zijn. Rhizomen die op een diepte van 14 cm of meer begraven liggen hebben een vertraagde groei ten opzichte van ondieper gelegen worteldelen. Verder is er in de literatuur niets bekend over de mechanische mogelijkheden en de effectiviteit van stoppelbewerkingen.
Chemisch kan bestrijding met een mengsel van metam-mitron, fenmedifan, ethofumesaat, dual gold, frontier, goltix of safari in bieten effectief zijn. De soort is ook gevoelig voor Round-up.

7. Moerasandoorn (*Stachys palustris*)

Ondanks het feit dat moerasandoorn in heel Europa voorkomt, is er erg weinig bekend over de soort. In dit hoofdstuk beschrijven we alle beschikbare informatie, zonder de illusie dat dit overzicht een volledig beeld van deze soort kan geven.

7.1 Geografische verspreiding

Nederland

Moerasandoorn komt voor op vochtige tot natte, voedselrijke grond (Geertsema & Sprangers, 2002a) aan waterkanten, in ruige, drassige graslanden en lichte moerasbossen, daarnaast ook op vochtige akkers op klei (Anonimous, 2007b). *S. palustris* heeft een voorkeur voor nutriëntenrijke gronden (Brändel, 2006).

Wereldwijd

S. palustris komt in geheel Europa voor. Het meest voorkomend is de soort in West, Midden, en Oost- Europa, waar de soort in 75-100% van het plantengeografische oppervlak van het areaal voorkomt. In Noord, en Zuidoost Europa bedragen deze percentages 50-75 en in Zuid Europa 5-25% (Anonimous, 2007c). Een beschrijving van de berekeningswijze van deze percentages staat vermeld in Schaminée *et al.* (1992). In Groot Brittannië komt de soort wijdverspreid voor, hoewel het aantal sinds de jaren 70 afneemt als gevolg van drainage en winning van moeraslanden voor o.a. landbouw. De soort wordt veelvuldig aangetroffen op vochtige standplaatsen zoals rivieroevers, maar wordt ook op drogere plaatsen zoals akkerlanden gezien (Wilcock, 1974).

7.2 Levenscyclus

De bloei begint in juli en eindigt in augustus (Brändel, 2006). Over het zaadgewicht van de soort wordt verschillend gerapporteerd: volgens Brändel (2006) heeft het zaad een gemiddeld gewicht van 1.58 mg en volgens Jensen en Gutekunst (2003) een gemiddeld gewicht van 2.23 mg (Jensen & Gutekunst, 2003). Het zaad heeft een ronde vorm en is zwart van kleur (Brändel, 2006). Verspreiding vindt voornamelijk plaats via het water (Geertsema & Sprangers, 2002a).
De minimumtemperatuur voor kieming van zaad bedraagt 12 °C, de maximum temperatuur 36 °C. Temperatuurfluctuaties stimuleren de kieming. Hoge kiemingspercentages (>50%) worden verkregen bij een minimum temperatuuramplitude van 10 °C, bij een gemiddelde temperatuur van 22 °C. Een kieming van 80% wordt bereikt bij een temperatuurfluctuatie van 14°C (Brändel, 2006). De kieming van moerasandoorn is niet afhankelijk van licht. In een kiemingsexperiment bij een temperatuurregiem van 25/15 °C (dag/nacht) was er geen verschil tussen de zaden die in duisternis te kiemen werden gelegd en de zaden die in het licht werden gezet (Jensen & Gutekunst, 2003). Moerasandoorn heeft een persistente zaadbank (Geertsema & Sprangers, 2002b). De zaden worden voornamelijk via het water verspreid en zorgen voor de verspreiding van de soort over grotere afstanden (Geertsema & Sprangers, 2002a).

De snelheid waarmee wortels groeien is afhankelijk van de vochtigheid van de bodem, blijkt uit een potexperiment van Kneifelová en Mikulka (2004) (Kneifelová & Mikulka, 2004). Bij continue watergift gedurende vier maanden groeide een 10 cm lange wortelstok uit tot een wortelstelsel met een lengte van 18 m. Bij een watergift waarbij uitdroging van de plant net voorkomen werd, groeide de wortelstok uit tot een wortelstelsel met een lengte van 9.5 m. Soortgelijke resultaten werden ook gevonden in een Britse studie naar de effecten van de bodemvochtigheid op het droge stof gewicht van de rhizomen van de planten; bij hogere vochtigheid hadden de planten een hoger rhizoomgewicht dan bij drogere omstandigheden (Wilcock, 1974).

De rhizomen van de plant zorgen voor overwintering en verspreiding van de plant over kortere afstanden (Wilcock, 1974).

In Groot Brittannië komt de hybride *Stachys x ambigua* Sm. voor, een hybride van *S. palustris* en *S. sylvatica* (Wilcock, 1974). Verder is er geen informatie beschikbaar over het voorkomen van hybriden.

7.3 Management

In Finland is het effect van een 'low-input' teeltsysteem in de graanteelt waarin geen kunstmatige bemesting en ook geen herbiciden werden toegepast vergeleken met het effect op onkruidpopulaties van een conventioneel systeem waarin dat wel gebeurde. Het aantal moerasandoorn planten was in het conventionele systeem beduidend lager dan in het low-input systeem. In het conventionele systeem werden de volgende herbiciden toegepast: MCPA, metsulphyron-methyl, en Bentazon. De uitvoering van de onkruidbestrijding in het low-input systeem wordt door de auteurs niet vermeld. In beide systemen werd een kerende grondbewerking toegepast (20 cm diep ploegen) (Hyvönen & Salonen, 2002).
De dichtheid van moerasandoornplanten nam in een Zweedse studie af in zomergranen met toenemende dosering van herbiciden mengsels van hetzij MCPA met dichlorprop-P of van tribenuron-methyl en een uitvloeier (alcoholic ethoxylate). Tussen de mengsels werd geen verschil in effectiviteit waargenomen (Böstrom & Fogelfors, 2002).

7.4 Samenvatting Moerasandoorn

Er is zeer weinig informatie over Moerasandoorn beschikbaar. De soort bloeit in juli en augustus. Verspreiding van zaad vindt hoofdzakelijk plaats via water. De zaden zijn niet van licht afhankelijk voor de kieming. De groei van de wortels wordt sterk beïnvloedt door de vochtigheid van de bodem. Bij droogte wordt de groei sterk geremd en wordt er minder in ondergrondse groei geïnvesteerd. Effecten van mechanische bestrijding zijn niet onderzocht. Moerasandoorn kon in een Zweedse studie goed bestreden worden met een mengsel van hetzij MCPA met dichlorprop-P of met tribenuron-methyl.

8. Samenvatting en conclusies

De hoeveelheid kennis die beschikbaar is over de levenscyclus en bestrijding verschilt sterk tussen de soorten. Van akkerdistel is behoorlijk veel bekend, maar van veenwortel, akkerkers, en akkermunt zo goed als niets. Over knolcyperus is redelijk wat informatie beschikbaar.
Hieronder volgt een overzicht per soort van de belangrijkste informatie die gevonden en bruikbaar is voor de beheersing van de soorten.

Akkerdistel

De optimale kiemingsdiepte van akkerdistelzaad ligt tussen de 5 en 15 mm. De opkomst van akkerdistel vanuit zaad vindt plaats in de periode van april tot mei. Acht tot tien weken na opkomst worden aan de hoofdwortel zijwaarts groeiende wortels gevormd. Akkerdistel bloeit vervolgens van juli tot september en produceert zaad vanaf augustus. In braakliggende grond kan 6 tot 12% van de geproduceerde zaden voor een nieuwe zaailing zorgen, mits dit zaad met de bovenste 5 tot 15 mm van de bodem gemengd wordt. Na vestiging van akkerdistel vindt vermeerdering voornamelijk vegetatief plaats.
De opkomst van de bovengrondse stengels uit wortelstokken start eveneens in de periode april/mei, en duurt voort tot in september. Vanaf juli tot in oktober worden assimilaten in de wortels opgeslagen om later als reserves gebruikt te worden. Deze reserves zijn dus het kleinst tussen mei en juli.
Wortelstukken met een lengte van 5 mm of minder hebben onvoldoende reserves om uit te groeien tot een levensvatbare plant. Grotere wortelstokken (vanaf 1 cm) leveren al wel levensvatbare planten op. De diepte waarop de wortelstokken worden begraven hebben geen invloed op het aantal bovengrondse stengels dat gevormd wordt, maar wel op het moment waarmee de stengels opkomen. Hoe dieper de wortelstokken begraven liggen, hoe langer het duurt voordat er bovengrondse stengels zichtbaar zijn, er treedt dus vertraging op.
Naar schatting bevindt 54% van de wortelmassa zich op 7-23 cm diep, 30% op 23-38 cm en 16% op 38-53 cm diep.

Akkerdistel is gevoelig voor toepassing van MCPA, Ally, Round up en 2,4-D.
Voor wat mechanische bestrijding betreft zijn er de volgende gegevens bekend.

1. Het afsnijden van de hoofdwortel op een diepte van 10 tot 13 cm in zowel het voor- als najaar zorgt dat er in het daaropvolgende seizoen minder bovengrondse stengels gevormd worden. Echter, bij afsnijden in het voorjaar wordt meer wortelmassa in de vorm van zijscheuten gevormd, wat later in het seizoen voor vermeerdering zou kunnen zorgen. Afsnijden in de winter lijkt een goede optie, aangezien de vorming van zijscheuten dan uitblijft.
2. Bovengronds afmaaien in het 10 bladstadium is voldoende ter bestrijding indien de planten niet dieper wortelen dan 5 cm. Wortelen de planten dieper (tot 20 cm) dan is bovengronds afmaaien in het 7 bladstadium een optie. Deze bewerkingen zorgen voor bestrijding van de reeds aanwezige bovengrondse stengels. Het tijdstip van deze bewerkingen zorgt ervoor dat er geen hergroei in hetzelfde groeiseizoen plaatsvindt. De effecten in de daaropvolgende seizoenen is niet bekend.
3. Bovengronds verwijderen van stengels zorgt voor een toename van het aantal ondergrondse groeipunten; meer van de voedingsstoffen gaan naar de wortels.
4. Hergroei vanuit wortels vindt over het algemeen plaats vanuit wortels in of net onder de ploegdiepte.
5. Door grondbewerkingen elke 3 weken uit te voeren wordt de akkerdistel in zowel het seizoen van bewerking goed bestreden en vindt ook in het daaropvolgende seizoen geen hergroei plaats. Diepere grondbewerkingen (ploegdiepte) zijn daarbij effectiever dan oppervlakkige bewerkingen.
6. Herhaaldelijk maaien kan in combinatie met de teelt van een groenbemester zoals gras/klaver voor een goede bestrijding zorgen.
7. Stoppelbewerkingen na de teelt van granen zonder een daarop volgende teelt van een groenbemester heeft geen enkel effect.

8. Diep ploegen in de herfst en het voorjaar kan een reductie van het aantal scheuten in het voorjaar opleveren van 50% ten opzichte van het niet ploegen van de bodem.
9. Er is een machine beschikbaar, de 'Eco-puller', die planten met een hoogte van 30 cm kan uittrekken. De wortel wordt dan tot op een diepte van 5 tot 10 cm verwijderd.

Akkerkers

De groeisnelheid van akkerkers is het grootst in het voorjaar en de zomer. De bloei vindt plaats van mei tot september. In het eerste jaar na kieming van het zaad wordt een verticaal vertakte wortel gevormd, in het tweede jaar worden ook laterale wortels gevormd. Deze wortels zorgen voor vegetatieve verspreiding vlak onder het oppervlak. De soort zorgt voor overleving gedurende de winter door de vorming van knoppen vlak op of net onder het grondoppervlak.
Verspreiding middels zaad komt in Nederland niet voor, het zaad is steriel.

De bovengrondse stengels van akkerkers zijn zeer flexibel wat mechanische bestrijding kan bemoeilijken. Vanuit op het grondoppervlak liggende stengels kunnen zich nieuwe wortels vormen.
Bestrijding van bovengrondse delen leidt wel tot een lagere groeisnelheid van de wortels.
Er zijn geen gegevens beschikbaar van bestrijdingsexperimenten in het veld. Wel is middels waarnemingen bekend dat inundatie en het afdekken met zwart plastic niet effectief zijn.
Wel zijn er een aantal potexperimenten uitgevoerd. Daaruit is gebleken dat vanuit wortelstokken met een minimale lengte van 5 cm tot op een diepte van 40 cm nog nieuwe zaailingen geproduceerd kunnen worden.
De lengte van de wortelstok bepaalt het aantal zaailingen; hoe langer de wortelstok, hoe meer zaailingen per wortelstok, en des te minder zaailingen per 100 cm wortel. Door planten met een hoogte van 5 cm regelmatig af te maaien, kan de plant uitgeput worden. Minimum aantal maal maaien is drie.

De wortelstokken op het grondoppervlak brengen kan perspectief bieden; 5 dagen in droge omstandigheden bovengronds bewaren, bleek genoeg om de kans op hergroei na herbegraving van de wortelstokken te verminderen. Aan de andere kant kunnen de wortelstokken in begraven toestand wel lange perioden (3 maanden) van droogte overleven.

Door het wegvallen van 2,4-D is een goede chemische bestrijding zeer moeilijk. Voorheen werden goede resultaten geboekt met een mengsel van 2,4-D en MCPA. Op dit moment is, indien het gewas het toelaat, chemische bestrijding mogelijk door Round up met 3 L/ha.

Knolcyperus

In Nederland voorkomende knolcyperus vermenigvuldigt zich hoofdzakelijk vegetatief, productie van levensvatbare zaden is niet waargenomen. Een knol kan per groeiseizoen onder standaard omstandigheden 500-600 knollen produceren. Dit aantal neemt toe met de lengte van het groeiseizoen De knollen overleven in de bodem en worden boven de 8 °C actief. Vanaf juli worden nieuwe knollen gevormd in de bovenste 15 cm van de bodem. De planten zijn lichtafhankelijk; bij hogere lichtintensiteit worden meer knollen geproduceerd dan bij lage intensiteit. Competitieve gewassen zijn maïs, wintergerst, rogge en hennep. Deze gewassen zorgden voor een gereduceerd aantal secundaire wortels en bovengrondse massa, waarschijnlijk door wegvangen van licht. Door toevoeging van *R. raphanistrum* deeltjes aan de bodem kan het competitief vermogen van deze gewassen ten opzichte van knolcyperus naar alle waarschijnlijkheid verbeterd worden en het aantal knollen flink gereduceerd worden.
Resultaten waarbij bovengrondse delen worden afgemaaid, zijn tegenstrijdig. Echter, in de meest recente studies waarbij ook rekening met het nutriënten gehalte werd gehouden, is men tot het volgende inzicht gekomen. Bij hoge nutriëntengehalten in de bodem produceert de planten zowel nieuwe zijscheuten als ook knollen. Door bovengrondse delen te verwijderen stopt de plant hiermee en zal juist reserves uit ondergrondse delen aanspreken om bovengrondse massa te genereren. Onder Nederlandse omstandigheden zijn stikstofniveaus vaak hoog en kan frequent bovengronds maaien zeer waarschijnlijk bijdragen aan een uitputting van de knollen.
Chemische bestrijding middels Bentazon in combinatie met een minerale olie, metolachlor (Dual) of Metazachlor (Butisan) plaats vinden. Echter, de toelating van dit laatste middel staat onder discussie. Daarnaast wordt herhaalde

toepassing van glyfosaat en metam-natrium genoemd. De benodigde doseringen zijn echter hoog waardoor het voldoen aan de huidige regelgeving en zeker ook aan toekomstige regelgeving zeer moeilijk is.

Veenwortel

Veenwortel is een amfibische plant met een terrestrische en aquatische verschijningsvorm. De soort houdt van vochtige bodems zoals moerasland maar komt steeds vaker op akkers voor. De soort verspreid zich vegetatief heel snel met een maximum van 50 mm wortelgroei per dag. Minimum temperatuur voor de activiteit is 10 °C.

Over de bestrijding van Veenwortel is erg weinig bekend. Chemische bestrijding met glyfosaat lijkt effectief te zijn. Echter, ten aanzien van eggen, schoffelen of andere vormen van mechanische bestrijding staat niets in de literatuur vermeld. Deze informatie is echter van groot belang voor met name biologische telers en zal experimenteel bepaald moeten worden.

Akkermunt

Akkermunt is verspreid door heel Nederland en komt in grote delen van Europa voor. De soort bloeit van juli tot in de herfst en heeft een maximale hoogte van 50 cm. Een individuele plant kan tot 200 zaden produceren. De net geproduceerde zaden zijn niet tot directe kieming in staat (dormant). Optimale temperatuur voor de kieming is 25 °C overdag en 12°C ‘s nachts. Zaden kunnen een jaar of zeven overleven in de bodem.
Groei vanuit wortelstokken vindt plaats vanaf dagtemperaturen van 15 °C en heeft een optimum bij 25 °C. Hoe dieper de wortelstokken begraven zijn, hoe minder stengel en rhizoomgewicht ze produceren in een groeiseizoen. Stokken op een diepte van 20 cm produceren aanzienlijk minder gewicht.
De lengte van de wortelstokken bepaalt het aantal geproduceerde stengels, het stengel en wortelgewicht aan het einde van een groeiseizoen. Mechanische bestrijding waarbij wortelstokken in kleine stukken ‘geknipt’ worden, moet de rhizomen kleiner knippen dan 2,5 cm om effectief te zijn. Rhizomen die op een diepte van 14 cm of meer begraven liggen hebben een vertraagde groei ten opzichte van ondieper gelegen worteldelen. Er zijn geen studies gevonden waarin naar de effectiviteit van mechanische bestrijding of concurrerende gewassen werd gekeken. Deze gegevens zijn echter wel van belang om tot een goede bestrijding te kunnen komen voor teelten waarin geen chemische middelen zijn toegestaan of gewenst.
Chemisch kan bestrijding met een mengsel van metam-mitron, fenmedifan, ethofumesaat, dual gold, frontier, goltix of safari in bieten effectief zijn. De soort is ook gevoelig voor glyfosaat.

Moerasandoorn

Er is zeer weinig informatie over Moerasandoorn beschikbaar. De soort bloeit in juli en augustus. Verspreiding van zaad vindt hoofdzakelijk plaats via water. De zaden zijn niet van licht afhankelijk voor de kieming. De groei van de wortels wordt sterk beïnvloedt door de vochtigheid van de bodem. Bij droogte wordt de groei sterk geremd en wordt er minder in ondergrondse groei geïnvesteerd. Effecten van mechanische bestrijding zijn niet onderzocht. Moerasandoorn kon in een Zweedse studie goed bestreden worden met een mengsel van hetzij MCPA met dichlorprop-P of met tribenuron-methyl.

Voornaamste gaten in kennis

- Optimaal tijdstip en diepte van mechanische bestrijding van akkerdistel.
- Effect van mechanische bestrijding op akkerkers, veenwortel, akkermunt, moerasandoorn en knolcyperus onder veldomstandigheden.
- Incomplete informatie over de levenscyclus van akkermunt en moerasandoorn onder Nederlandse omstandigheden.

Referenties

AMOR RL & HARRIS RV (1974)
Distribution and seed production of Cirsium arvense (L.) Scop. in Victoria, Australia. *Weed Research* 14, 317-323.

AMOR RL & HARRIS RV (1975)
Seedling establishment and vegetative spread of *Cirsium arvense* (L.) Scop, in Victoria, Australia *Weed Research* 15, 407-411.

AMOR RL & HARRIS RV (1977)
Control of *Cirsium arvense* (L) Scop, by herbicides and mowing. *Weed Research* 17, 303-309.

ANG BN, KOK LT, HOLTZMAN GI & WOLFF DD (1994)
Canada thistle (*Cirsium arvense*) response to simulated insect defoliation and plant competition. *Weed Science* 42, 403-410.

ANONIMOUS (2007a)
Akkerkers(ETI BioInformatics, Global Biodiversity Information Facility.

ANONIMOUS (2007b)
Amaranthus retroflexus(Soortenbank.

ANONIMOUS (2007c)
Mentha arvensis(Soortenbank.nl.

ANONIMOUS (2007d)
Polygonum amphibium(

ANONIMOUS (2007e)
Rorippa sylvestris (L.) Bess. creeping yellowcress(USDA.

ANONIMOUS (2007f)
Rorippa sylvestris (L.) Besser(INRA-Dijon.

BÄRRING UU (1986)
Rorippa sylvestris: a new troublesome weed in Swedish forest nurseries. *Scandinavian journal of forest research* 1, 265-269.

BENDIXEN LE & NANDIHALLI UB (1987)
World-wide distribution of purple and yellow nutsedge (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). *Weed Technology* 1, 61-65.

BEST EPH (1982)
The aquatic macrophytes of Lake Vechten. Species composition, spatial distribution and production. *Hydrobiologia* 95, 65-77.

BEST EPH & DASSEN JHA (1987)
A seasonal study of growth characteristics and the levels of carbohydrates and proteins in *Elodea nuttallii*, *Polygonum amphibium* and *Phragmites australis*. *Aquatic Botany* 28, 353-372.

BISCHOF F (1969)
Contribution on the distribution, biology and control of water smartweed (*Polygonum amphibium* L.). , Hohenheim, Hohenheim

BLANCH A (2007)
The Eco-puller, Mechanical weed control. Vol. 2007 (

BLEEKER WW & HURKA HH (2001)
Introgressive hybridization in Rorippa (Brassicaceae): gene flow and its consequences in natural and anthropogenic habitats. *Molecular Ecology* 10, 2013-2022.

BLEEKER WW & MATTHIES AA (2005)
Hybrid zones between invasive *Rorippa austriaca* and native *R. sylvestris* (Brassicaceae) in Germany: ploidy levels and patterns of fitness in the field. *Heredity* 94, 664-670.

BÖHM H & VERSCHWELE A (2004)
Control of Rumex spp. and Cirsium arvense in organic farming. In: *Landbauforschung Volkenröde*. Vol. 273 (39-48.

BOSTOCK SJ (1978)
Seed germination strategies of five perennial weeds. *Oecologia* 36, 113-126.
BOSTOCK SJ & BENTON RA (1979)
The reproductive strategies of five perennial compositae. *Journal of Ecology* 67, 91-107.
BÖSTROM U & FOGELFORS H (2002)
Long-term effects of herbicide-application strategies on weeds and yield in spring sown cereals. *Weed Science* 50, 196-203.
BOURDÔT GW (1996)
Interference between pasture plants and thistles- a review. *Plant Protection Quarterly* 11, 265-270.
BRÄNDEL MM (2006)
Effect of temperatures on dormancy and germination in three species in the *Lamiaceae* occurring in northern wetlands. *Wetlands ecology and management* 14, 11-28.
CARTER MMF & GRACE JJB (1990)
Relationships between flooding tolerance, life history, and short-term competitive performance in three species of Polygonum. *American Journal of Botany* 77, 381-387.
CHANCELLOR RRJ (1977)
A preliminary survey of arable weeds in Britain. *Weed Research* 17, 283-287.
COSTA J & APPLEBY AP (1976)
Response of two yellow nutsedge varieties to three herbicides. *Weed Science* 24, 54-58.
DAUGOVISH OO, DOWNER JJ, FABER BB & MCGIFFEN MM (2007)
Weed survival in yard waste mulch. *Weed Technology* 21, 59-65.
DEFELICE MS (2002)
Yellow nutsedge *Cyperus esculentus* L.- snack food of the Gods. *Weed Technology* 16, 901-907.
DERSCHEID LA, NASH RL & WICKS GA (1961)
Thistle control with cultivation, cropping and chemicals. *Weeds* 9, 90-102.
DERSCHEID LA & SCHULTZ RE (1960)
Achene development of Canada thistle and perennial sowthistle. *Weeds* 8, 55-62.
DONALD WW (1990)
Management and control of Canada thistle (*Cirsium arvense*). *Reviews of Weed Science* 5, 193-250.
DONALD WW (1994)
The biology of Canada thistle (Cirsium arvense). *Reviews of Weed Science* 6, 77-101.
DONALD WW (2000)
A degree-day model of *Cirsium arvense* shoot emergence from adventitious root buds in spring. *Weed Science* 48, 333-341.
EDWARDS GR, BOURDÔT GW & CRAWLEY MJ (2000)
Influence of herbivory, competition and soil fertility on the abundance of *Cirsium arvense* in acid grassland. *Journal of Applied Ecology* 37, 321-334.
FRAISSÉ TT, MULLER EE & DECAMPS OO (1997) Evaluation of spontaneous species for the revegetation of reservoir margins. *Ambio* 26, 375-381.
GARNOCK JONES PPJ (1978)
Rorippa (Cruciferae, Arabidae) in New Zealand. *New Zealand journal of botany* 16, 119-122.
GEERTSEMA W & SPRANGERS (2002a)
Plant distribution patterns related to species characteristics and spatial and temporal habitat heterogeneity in a network of ditch banks. *Plant ecology* 162, 91-108.
GEERTSEMA WW & SPRANGERS JJTCM (2002b)
Plant distribution patterns related to species characteristics and spatial and temporal habitat heterogeneity in a network of ditch banks. *Plant ecology* 162, 91-108.
GLEMNITZ M, RADICS L & MACKENSEN K (2007)
weed management in organic farming in the new EU member states and the acceding countries-status quo and main limitations. In: Proceedings 2007 3rd QLIF Congress: Improving sustainability in organic and low input food production systems., University of Hohenheim, Germany.

GOOCH SMS (1963)
The occurrence of weed seeds in samples tested by the official seed testing station 1960-1. *The Journal of the National Institute of Agricultural Botany* 9, 353-371.
GRAGLIA E, MELANDER B & JENSEN DF (2006)
Mechanical and cultural strategies to control *Cirsium arvense* in organic arable cropping systems. *Weed Research* 46, 304-312.
GROENENDAEL JM & HABEKOTTÉ B (1988)
Cyperus esculentus L.- biology, population dynamics, and possibilities to control this neophyte. *Zeitschrift fuer Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Sonderheft* 11, 61-69.
GUSTAVSSON A-MD (1997)
Growth and regenerative capacity of plants of *Cirsium arvense*. *Weed Research* 37, 229-236.
HAGGAR RJ, OSWALD AK & RICHARDSON WG (1986)
A review of the impact and control of creeping thistle (*Cirsium arvense* L.) in grassland. *Crop Protection* 5, 73-76.
HAKANSSON S (2003)
Weeds and weed management on arable land. An ecological approach. CABI publishing, Cambridge, UK.
HALLGREN -E & NILSSON -H (1991)
Control of unlacerated and lacerated *Polygonum amphibium* with Roundup (glyphosate). A greenhouse experiment. In: Proceedings 1991 Swedish Crop Protection Conference Weeds and weed control, Sweden, 289-296.
HAMDOUN AM (1970a)
The anatomy of subterranean structures of *Cirsium arvense* (L.) Scop. *Weed Research* 10, 284-287.
HAMDOUN AM (1970b)
The effects of different levels of nitrogen upon Cirsium arvense (L.) Scop. plants grown from seeds and root fragments. *Weed Research* 10, 121-125.
HAMDOUN AM (1972)
Regenerative capacity of root fragements of Cirsium arvense (L.) Scop. *Weed Research* 12, 128-136.
HEIMANN B & CUSSANS GW (1996)
The importance of seeds and sexual reproduction in the population biology of Cirsium arvense- a literature review. *Weed Research* 36, 493-503.
HETWERR U & GEROWITT B (2004)
An investigation of genetic variation in *Cirsium arvense* field patches. *Weed Research* 44, 289-297.
HODGSON JM (1964)
Variation in ecotypes of Canada thistle. *Weeds* 12, 167-171.
HOLM RE & MILLER MR (1972)
Weed seed germination responses to chemical and physical treatments. *Weed Science* 20, 150-153.
HOLT JJS (1994)
Genetic variation in life history traits in yellow nutsedge (Cyperus esculentus) from California. *Weed Science* 42, 378-384.
HORAK MJ & HOLT JJS (1986)
Isozyme variability and breeding systems in populations of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). *Weed Science* 34, 538-543.
HYVÖNEN T, KETOJA E & SALONEN J (2003)
Changes in the abundance of weeds in spring cereal fields in England. *Weed Research* 43, 348-356.
HYVÖNEN T & SALONEN J (2002)
Weed species diversity and community composition in cropping practives at two intensity levels- a six year experiment. *Plant ecology* 154, 73-81.
IVANY JA (1997)
Effect of rhizome depth in soil on emergence and growth of field mint (*Mentha arvensis*). *Weed Technology* 11, 149-151.
JANSEN LL (1971)
Morphology and photoperiodic responses of yellow nutsedge. *Weed Science* 19, 210-219.

JENSEN K & GUTEKUNST K (2003)
Effects of litter on establishment of grassland plant species: the role of seed size and successional status. *Basic and Applied Ecology* 4, 579-587.
JOHNSON WC (2007)
An integrated system of summer solarization and fallow tillage for Cyperus esculentus and nematode management in the southeastern coastal plain. *Crop Protection* 26, 1660-1666.
JUSTICE OL (1941)
A study of dormancy in seeds of *Polygonum*. *Cornell University Agricultural Experimental Station Memoirs* 235, 1-43.
KADIR JB & CHARUDATTAN (2000)
Field efficacy of *Dactylaria higginsii* as a bioherbicide for the control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Weed Technology* 14, 1-6.
KAY QON (1985)
Hermaphrodites and Subhermaphrodites in a Reputedly Dioecious Plant, *Cirsium arvense* (L.) Scop. *The New Phytologist* 100, 457-472.
KEELEY PPE & THULLEN RRJ (1993)
Technical bulletin. Weeds in Cotton: their biology, ecology and control. Vol. 1810 (ed. Do Agriculture), 35. Agricultural Research Service.
KNEIFELOVÁ M & MIKULKA J (2004)
Vegetative reproduction of perennial weeds. *Acta fytotchnica et zootechnica* 7, 129-132.
KOSTER AATJ, MEER LLJVD & MUIJEN MMV (1997)
Growth and control of *Rorippa sylvestris*. *Acta Horticulturae* II 430, 677-683.
KUMAR V & IRVINE DEG (1971)
Germination of seeds of *Cirsium arvense (*L). Scop. . *Weed Research* 11, 200-203.
LALONDE RG & ROITBERG BD (1994)
Mating system, life-history, and reproduction in Canada thistle (*Crisium arvense*; Asteraceae). *American Journal of Botany* 81, 21-28.
LASWON HM, WAISTER PD & STEPHENS RJ (1974)
Patterns of emergence of several important arable weed species. *British Crop Protection Council Monograph* 9, 121-135.
LI B, SHIBUYA TT, YOGO YY & HARA TT (2004)
Effects of ramet clipping and nutrient availability on growth and biomass allocation of yellow nutsedge. *Ecological research* 19, 603-612.
LI B, SHIBUYA TT, YOGO YY, HARA TT & YOKOZAWA MM (2001)
Interclonal differences, plasticity and trade-offs of life history traits of Cyperus esculentus in relation to water availability. *Plant species biology* 16, 193-207.
LLOYD DG & MYALL AJ (1976)
Sexual dimorphism in Cirsium arvense (L.) Scop. *Annals of Botany* 40, 115-123.
LOCASCIO SJ, OLSON SM, CHASE CA *et al.* (1999)
Strawberry production with alternatives to methyl bromide fumigation. In: Proceedings 1999 Proceedings of the annual international conference of methyl bromide alteratives and emissions reductions, Fresno, California, 5-1-5-5.
LOTZ LAP, GROENEVELD RMW, VAN DER ZWEERDE W & KEMPENAAR C (2000)
Distelproblematiek in het Rivierengebied(33. Plant Research International, Wageningen.
LOTZ LLAP, GROENEVELD RRMW, HABEKOTTE BB & OENE HHV (1991)
Reduction of growth and reproduction of Cyperus esculentus by specific crops. *Weed Research* 31, 153-160.
MAGNUSSON MU, WYSE DL & SPITZMUELLER JM (1987)
Canada thistle (Cirsium arvense) propagation from stem sections. *Weed Science* 35, 637-639.
MARSHALL EJP (1985)
Weed distributions associated with cereal field edges-some preliminary observations. *Aspects of Applied Biology* 9, 49-58.

McAllister RS & Haderlie LC (1985)
Seasonal variation in Canada thistle (*Cirsium arvense*) root bud growth and root carbohydrate reserves. *Weed Science* 33, 44-49.
McIntyre GI & Hunter JH (1975)
Some effects of the nitrogen supply on growth and development of *Cirsium arvense*. *Canadian Journal of Botany* 53, 3012-3021.
McLean E (2007)
Diversity and adaptation in the genus Yellow Cress (*Rorippa*) in response to flooding(
Meinert G (1972)
Beiträge zur Verbreitung, Biologie und Bekämpfung der Ackerminze (*Mentha arvensis* L.). PhD, Universität Hohenheim (LH), Hohenheim
Melander B (2006)
Management of perennial weeds. DARCOF II, Danish research in organic food and farming systems 2000-2005(36-39.
Mitchell RS (1968)
Variation in the *Polygonum amphibium* complex and its taxonomic significance. *University of California Publications in Botany* 45, 1-54.
Mitich LW (1988)
Intriguing world of weeds- Thistles I: *Cirsium* and *Carduus*. *Weed Technology* 2, 228-229.
Mohler CL (1993)
A model of the effects of tillage on emergence of weed seedlings. *Ecological Applications* 3, 53-73.
Moore RJ (1975)
The biology of Canadian weeds. 13. *Cirsium arvense* (L.). *Canadian Journal of Plant Science* 55, 1033-1048.
Morales-Payan JP, Charudattan R & Stall WM (2005)
Fungi for biological control of weedy *Cyperaceae*, with emphasis on purple and yellow nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). *Outlooks on Pest Management* 16, 148-155.
Naber H & Rotteveel AJW (1986)
Legal measures concerning *Cyperus esculentus* L. in the Netherlands. *Mededelingen van de Faculteit voor Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent* 51, 355-357.
Nadeau LB & Van Born WH (1990)
The effects of supplement nitrogen on shoot production and root but dormancy of Canada thistle (*Cirsium arvense*) under field conditions. *Weed Science* 38, 379-384.
Németh EE & Pham TTV (1995)
Vegetative Vermehrung von vier Mentha-Arten. *Gartenbauwissenschaft* 60, 34-37.
Niederstrasser J, Struck C & Gerowitt B (2007)
Establishment of *Cirsium arvense* root fragments. In: Proceedings 2007 EWRS workshop on physical and cultural weed control, Salem, Germany, 132.
Nordmeyer HH & Hausler AA (2004)
Einfluss von Bodeneigenschaften auf die Segetalflora von Ackerflachen. *Journal of plant nutrition and soil science* 167, 328-336.
Norsworthy JJK & Meehan JJT (2005)
Wild radish-amended soil effects on yellow nutsedge (Cyperus esculentus) interference with tomato and bell pepper. *Weed Science* 53, 77-83.
Olesen JE, Askegaard M & Rasmussen IA (2005)
Learning from a long-term crop rotation. NJF report 1(1)(91-94.
Partridge JW (2001)
Persicaria amphibia (L.) Gray (*Polygonum amphibium* L.). *Journal of Ecology* 89, 487-501.
Patriquin DG, Hill NM, Baines D, Bishop M & Allen G (1986)
Observations on a mixed farm during the transition to biological husbandry. *Biological Agriculture and Horticulture* 3, 69-154.
Pekrun C & Claupein W (2004)
The effect of stubble tillage and primary tillage on population dynamics of Canada thistle (*Cirsium arvense*) in organic farming. *Journal of Plant Diseases and Protection* XIX, 483-490.

PEKRUN C & CLAUPEIN W (2006)
The implication of stubble tillage for weed population dynamics in organic farming. *Weed Research* 46, 414-423.

PETERSEN J & HURLE K (2001)
Influence of climatic conditions and plant physiology on glufosinate-ammonium efficacy. *Weed Research* 41, 31-39.

PHATAK SC, CALLAWAY MB & VAVRINA CS (1987)
Biological control and its integration in weed management systems for purple and yellow nutsedge (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). *Weed Technology* 1, 84-91.

PHATAK SC, SUMNER DL, WELLS HD, BELL DK & GLAZE NC (1983)
Biological control of yellow nutsedge with the indigenous rust fungus *Puccinia canaliculata*. *Science* 219, 1446-1447.

PLEASANT JMT & SCHLATHER KJ (1994)
Incidence of weed seed in cow (*Bos* sp.) manure and its importance as a weed source for cropland. *Weed Technology* 8, 304-310.

RASMUSSEN IA & ASKEGAARD M (2004)
Crop rotation limits Canada thistle, but not couch grass or annual weeds. Vol. 2007 (Danish Research Centre for Organic Farming.

RICKERL DDH, SANCHO FFO & ANANTH SS (1994)
Vesicular-arbuscular endomycorrhizal colonization of wetland plants. *Journal of Environmental Quality* 23, 913-916.

ROBERTS HA (1981)
Seed banks in soil. *Advances in applied biology* 6, 1-55.

ROBERTS HA & CHANCELLOR RJ (1979)
Periodicity of seedling emergence and achene survival in some species of *Carduus*, *Cirsium* and *Onopordum*. *Journal of Applied Ecology* 16, 641-647.

ROSSKOPF EN, CHELLEMI DO, CHARUDATTAN R & CHANDRAMOHAN S (2000)
Alternatives to methyl bromide for weed control. *Acta Horticulturae* 532, 103-107.

ROTTEVEEL AAJW (1993)
Tien jaar knolcyperus (Cyperus esculentus L.) in Nederland. *Gorteria* 19, 65-73.

ROTTEVEEL AAJW & NABER H (1988)
Yellow nutsedge *Cyperus esculentus* L. in the Netherlands. The problem and its approach. In: Proceedings 1988 Yellow nutsedge *Cyperus esculentus* L. in the Netherlands, Wageningen.

SALISBURY E (1961)
The dormancy and longevity of buried seeds. In: *Weeds & Aliens* Vol. 43 (eds J Fisher, J Gilmour, J Huxley & D Stamp), 322-329. Collins Clear-Type Press, London.

SALISBURY EJ (1962a)
The biology of garden weeds Part I. *Journal of the Royal Horticultural Society* 87, 338-350 & 390-404.

SALISBURY EJ (1962b)
The biology of garden weeds Part II. *Journal of the Royal Horticultural Society* 87, 458-470 & 497-508.

SCHEEPENS PC & HOOGERBRUGGE A (1991)
Host specificity of Puccinia canaliculata, a potential biocontrol agent for *Cyperus esculentus*. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 97, 245-250.

SCHIMMING WK & MESSERSMITH CG (1988)
Freezing resistance of overwintering buds of four perennial weeds. *Weed Science* 36, 568-573.

SCHIPPERS P, TER BORG SJ & BOS JJ (1995)
A revision of the intraspecific taxonomy of *Cyperus esculentus* (yellow nutsedge) with an experimentally evaluated character set. *Systematic Botany* 20, 461-481.

SHELDON JC & BURROWS FM (1973)
The Dispersal Effectiveness of the Achene-Pappus Units of Selected Compositae in Steady Winds with Convection. *New Phytologist* 72, 665-675.

SINDEL BM (1991)
A review of the ecology and control of thistles in Australia. *Weed Research* 31, 189-201.

STEVENS OA (1932)
The number and weight of seeds produced by weeds. *American Journal of Botany* 19, 784-794.
STOLLER EW & SWEET RD (1987)
Biology and life cycle of purple and yellow nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). *Weed Technology* 1, 66-73.
SUMMERLIN JR, COBLE HD & YELVERTON FH (2000)
Effect of mowing on perennial sedges. *Weed Science* 48, 501-507.
TAYYAR RRI, NGUYEN JJHT & HOLT JJS (2003)
Genetic and morphological analysis of two novel nutsedge biotypes from California. *Weed Science* 51, 731-739.
TEASDALE JJR & ROSECRANCE RRC (2003)
Mechanical versus herbicidal strategies for killing a hairy vetch cover crop and controlling weeds in minimum-tillage corn production. *American Journal of Alternative Agriculture* 18, 95-102.
TENAGLIA D (2007)
Rorippa Sylvestris (L.) Bess. Creeping Yellow Cres(
THOMSEN MG, BRANDSAETER LO & FYSKE H (2004)
Temporal sensitivity of *Cirsium arvense* in relation to competition, and simulated premechanical treatment. In: Proceedings 2004 6th EWRS workshop on physical and cultural weed control, Lillehammer, Norway, 184.
THULLEN RRJ & KEELEY PPE (1987)
Influence of date of planting on the growth of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). *Weed Science* 35, 173-176.
TOOLE EH & BROWNE E (1946)
Final results of the Duvel buried seed experiment. *Journal of Agricultural Research* 72, 201-210.
TRUMBLE JT & KOK LT (1982)
Integrated pest management techniques in thistle suppression in pastures of North America. *Weed Research* 22, 345-359.
VAN ALTENA SC & MINDERHOUD JW (1972)
Viable seeds of grasses and herbis in the top layer of the Netherlands pastures. *Zeitschrift fuer Acker- und Pflanzenbau* 136, 95-109.
VAN HIMME M, STRYCKERS J & BULCKE R (1981)
Bespreking van de resultaten bereikt door het Centrum voor Onkruidonderzoek tijdens het teeltjaar 1979-1980. *Fak. van de Landbouwwetenschappen, Gent, Mededeling Nr. 34*, 181.
VAN ZEELAND MG & WEIDE RYVD (2008)
Literatuurstudie kritisch doseren MCPA en 2,4-D(51. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad.
VERSCHWELE A (2004)
Effect of crop rotation and tillage on infestation of Cirsium arvense in organic farming systems. In: Proceedings 2004 6th EWRS workshop on physical and cultural weed control, Lillehammer, Norway, 187-201.
VERSCHWELE A & ZWERGER P (2005)
Effects of organic farming on weed abundance - long-term results from a site in Northern Germany. In: Proceedings 2005 13th EWRS Symposium, Bari, Italy, 2.
WARDLE DA, NICHOLSSON KS & RAHMEAN A (1992)
Influence of pasture gras and legum swards on seedling emergence and growth of *Carduus nutans* L. and *Cirsium vulgare* L. *Weed Research* 32, 119-128.
WEBER E (2003)
Invasive plant species of the world: a reference guide to environmental weeds. CABI Publishing, Wallingford, UK.
WEVERS JDA (2003)
Onkruidbestrijding Chemische onkruidbestrijding(31. IRS, Bergen op Zoom.
WIJCHMAN G (2007)
Knolcyperus blijft komende jaren probleem: effectieve bestrijding gloort aan horizon. *Vakwerk* 81, 18-19.
WILCOCK CC (1974)
Population variation differentiation and reproductive biology of *Stachys palustris* L. *S. sylvatica* L. and *S. x ambigua* SM. *The New Phytologist* 73, 1233-1241.

WILSON RG (1979)
Germination and seedling development of Canada thistle (*Cirsium arvense*). *Weed Science* 27, 146-151.
WILSON RG & KACHMAN SD (1999)
Effect of perennial grasses on Canada thistle (*Cirsium arvense*) control. *Weed Technology* 13, 83-87.
WOLDENDORP G & BOMFORD M (2004)
Weed eradication. Strategies, timeframes and costs(Bureau of Rural Sciences, Canberra, Australia.
YANDOC CB & ROSSKOPF (2006)
Effect of selected pesticides on conidial germination and mycelial growth of Dactylaria higginsii, a potential bioherbicide for purple nutsedge (Cyperus rotundus). *Weed Technology* 20, 255-260.
YIN L, CAI Z & ZHONG W (2006)
Changes in weed community diversity of maize crops due to long-term fertilization. *Crop Protection* 25, 910-914.