



Deskstudie biologische bestrijding van invasieve exotische oever- en wateronkruiden in Nederland

C. Kempenaar, A.C. Franke en L.A.P. Lotz

© 2008 Wageningen, Plant Research International B.V.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Address : 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

Samenvatting	5
1. Inleiding: doel, aanpak en leeswijzer	6
2. Algemene informatie biologische bestrijding van onkruiden	7
2.1 Biologische onkruidbestrijding	7
2.2 Afweegkader voor perspectievolle biologische bestrijding van oever- en wateronkruiden	8
3. Soortspecieke informatie biologische bestrijding belangrijke wateronkruiden in Nederland	9
i. <i>Impatiens glandulifera</i> / <i>Impatiens capensis</i>	9
ii. <i>Fallopia japonica</i>	10
iii. <i>Mimulus guttatus</i>	11
iv. <i>Crassula helmsii</i>	11
v. <i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	11
vi. <i>Ludwigia grandiflora</i> / <i>Ludwigia peploides</i>	12
vii. <i>Myriophyllum aquaticum</i>	12
viii. <i>Cabomba caroliniana</i>	13
ix. <i>Egeria densa</i>	14
x. <i>Lagarosiphon major</i>	14
xi. <i>Myriophyllum heterophyllum</i>	14
4. Twee relevante casussen nader belicht	17
4.1 Biologische bestrijding met <i>Ctenopharyngodon idella</i> (graskarper)	17
4.2 Biologische bestrijding van <i>Eichhornia crassipes</i> (waterhyacint)	18
5. Conclusies en aanbevelingen	20
6. Referenties	23

Samenvatting

Biologische bestrijding lijkt voor enkele lastig te bestrijden exotische invasieve oever- en wateronkruiden een duurzamere optie voor effectieve beheersing dan de huidige mechanische. In dit rapport wordt een overzicht gegeven van biologische onkruidbestrijding in het algemeen, en ontwikkelingen op het gebied van biologische bestrijding van elf belangrijke exotische oever- en wateronkruiden in Nederland in het bijzonder. De gepresenteerde informatie betreft vooral onderzoek- en praktijkresultaten over selectieve biologische bestrijding van deze soorten in het buitenland.

In het rapport worden vervolgens vijf tot acht oever- en wateronkruiden geprioriteerd: *Impatiens glandulifera*, *Fallopia japonica*, *Crassula helmsii*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Myriophyllum aquaticum*, en mogelijk iets minder urgent, *Ludwigia grandiflora*, *Cabomba caroliniana* en *Egeria densa*. Er wordt een afweegkader opgesteld en er worden aanbevelingen gedaan voor het eventueel opzetten van ontwikkeltrajecten van biologische bestrijding van oever- en wateronkruiden. Belangrijke criteria zijn de omvang van het onkruidprobleem, selectiviteit en effectiviteit van de biologische bestrijder en indien de bestrijder van elders komt, deze zich kan aanpassen aan de Nederlandse situatie en zelf niet tot plaag wordt. Ook wordt informatie over aselectieve bestrijding van wateronkruiden met graskarper gepresenteerd. Opmerkelijk is dat de graskarper enkele decennia lang in Nederland is uitgezet, maar dat er geen wetenschappelijke evaluatie heeft plaatsgevonden van de effectiviteit en neveneffecten.

Gegeven het lange traject om een biologische bestrijding te ontwikkelen is aansluiting bij lopend onderzoek buiten Nederland gewenst om binnen afzienbare termijn (enkele jaren) biologische bestrijding in Nederland in de praktijk toe te passen.

Op basis van deze deskstudie komen we tot de volgende kennisvragen die relevant zijn voor een vervolgetraject voor biologische bestrijding van oever- en wateronkruiden:

1. Is een ontwikkeltraject van selectieve biologisch bestrijding voor één of meerdere van de geprioriteerde onkruiden wetenschappelijk gezien gerechtvaardigd. Wat zijn dan de kosten en baten?
2. Kunnen gegevens uit het buitenland, en met name omliggende landen, over biologische bestrijding doorvertaald worden naar de Nederlandse situatie? Welke kaders en protocollen m.b.t. inschatten van veiligheid voor niet-doelwit planten, effectiviteit en aangepastheid aan Nederlands milieu kunnen hierbij het beste toegepast worden?
3. Verdient aselectieve biologische bestrijding aandacht op basis van nieuwe ervaringen? Wat zijn de ervaringen met het gebruik van graskarpers als aselectieve bestrijder van wateronkruiden in de Nederlandse wateren in de afgelopen decennia? Wat is de effectiviteit van de graskarper als biologische bestrijder? Wat zijn negatieve ecologische gevolgen van het uitzetten van graskarpers? Hoe kunnen die negatieve gevolgen vermeden worden?

Daar de ontwikkeling van biologische bestrijding een grote inspanning vergt, is het van belang dat er breed draagvlak is bij belanghebbenden (Rijks- en provinciale overheden, waterschappen, kennisinstellingen, natuurorganisaties, etc.). Het wordt daarom aanbevolen de inhoud van dit rapport te bespreken met stakeholders alvorens specifieke trajecten ontwikkeld worden. Tevens is een aanbeveling zo veel en goed mogelijk aansluiting te zoeken bij trajecten die al in het buitenland lopen en relevant zijn voor de Nederlandse situatie.

1. Inleiding: doel, aanpak en leeswijzer

Dit rapport is geschreven in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid (LNV) als deel van het BeleidsOndersteunend (BO) onderzoekthema Schadelijke invasieve exoten voor planten in de groene ruimte (BO-06-001-016). De Nederlandse overheid ontwikkelt beleid om schade door invasieve exoten aan biodiversiteit, landschap en gebruiksdoelen in de groene ruimte te voorkomen. Invasieve oever- en waterplanten worden o.a. vaak in en langs watergangen aangetroffen, waar ze schade toebrengen aan de biodiversiteit en de waterhuishouding, als ook de waterafvoerfunctie en de onderhoudskosten van watergangen ongunstig beïnvloeden.

Bestrijding van oever- en waterplanten met chemische middelen heeft vaak ongewenste milieueffecten en wordt daarom niet meer of alleen nog in uitzonderlijke situaties toegepast in Nederland. Deze vorm van bestrijding is voor de lange termijn dan ook een weinig duurzaam alternatief. Mechanische bestrijding van wateronkruiden wordt wel vaak toegepast, maar dit vergt grote uitvoeringstechnische en financiële inspanningen. Mechanische methoden werken daarnaast zelden selectief en versnellen soms verspreiding of vermeerdering van het wateronkruid. Biologische bestrijding van invasieve exotische waterplanten zou een aanvullend duurzaam alternatief kunnen zijn.

Het doel van dit rapport is een overzicht te geven van mogelijkheden van biologische bestrijding van belangrijke oever- en wateronkruiden in Nederland. Er is hoofdzakelijk via literatuuronderzoek bestudeerd welke organismen in het buitenland op deze soorten voorkomen en perspectief lijken te bieden bij bestrijding van deze onkruiden in Nederland. Deze informatie met de synthese, conclusies en aanbevelingen worden aangeboden aan LNV en andere belanghebbenden om te gebruiken bij verdere idee- en beleidvorming over beheersing van invasieve wateronkruiden in Nederland via biologische bestrijding.

Dit onderzoek richt zich door middel van een literatuuronderzoek op 11 invasieve soorten die in Nederland een uitbreidend probleem vormen. De lijst van te evalueren water- en oeveronkruiden is aangeleverd door de Plantenziektenkundige Dienst van het Ministerie van LNV. Engelstalige en Nederlandstalige literatuur over biologische bestrijding van water- en oeverplanten is verzameld met behulp de databases van 'CAB Abstracts', 'Biological Abstracts' en de zoekmachine 'Google'. Literatuur is gezocht met behulp van de Nederlandse, Engelse en wetenschappelijke namen van de relevante invasieve onkruidsoorten in combinatie met woorden zoals 'bestrijding', 'biological control', 'biocontrol' of 'review'. Literatuurlijsten van de gevonden publicaties zijn onderzocht op relevante literatuurverwijzingen. Er is vooral gezocht op algemene achtergrondinformatie over het voorkomen en de biologie en ecologie van de invasieve soorten, informatie over mogelijke kandidaten voor biologische bestrijding en eventueel de ervaringen die reeds opgedaan zijn elders ter wereld met de biologische bestrijding van deze soorten. Informatie over niet-biologische bestrijdingsmethodes van deze onkruiden is genegeerd.

De opbouw van het rapport is als volgt. In Hoofdstuk 2 worden criteria voorgesteld voor het zoeken naar geschikte organismen voor biologische bestrijding van water- en oeveronkruiden. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de resultaten van de literatuurstudie. In Hoofdstuk 4 wordt extra aandacht besteed aan de biologische bestrijding van waterplanten met behulp van de graskarper (*Ctenopharyngodon idella*), omdat hier relatief veel onderzoek naar gedaan is en er in Nederland praktijkervaring mee is, en omdat de graskarper een weinig specifieke planteneter is die relevant kan zijn voor de aselectieve bestrijding van meerdere waterplanten. In dit hoofdstuk wordt eveneens de ervaring met de biologische bestrijding van de waterhyacint (*Eichhornia crassipes*) beschreven, omdat dit een van de bekendste voorbeelden is van succesvolle biologische bestrijding van een zeer schadelijke, invasieve waterplant. In Hoofdstuk 5 onder conclusies en aanbevelingen wordt het perspectief van biologische bestrijding van oever- en wateronkruiden in Nederland samengevat, worden kennisvragen benoemd en worden aanbevelingen gedaan over nadere invulling van de ontwikkeling van biologische bestrijding.

2. Biologische bestrijding van onkruiden

2.1 Biologische onkruidbestrijding

Het gericht bestrijden van schadelijke planten door middel van biologische bestrijding is vooral bekend geworden door de positieve resultaten die behaald zijn met bestrijding van *Opuntia ficus-indica*. Deze vijgcactus koloniseerde vanuit Mexico na introductie in diverse nieuwe gebieden/continenten (vooral Australië) grote oppervlakten land. Bestrijding bleek vervolgens mogelijk door introductie van andere exoten in deze gebieden/continenten, zoals de mot *Cactoblastis cactorum*. Rupsen van deze mot voeden zich ten koste van de vijgcactus, waardoor de groei en verspreiding van vijgcactus substantieel verminderde en 'binnen de perken' werd gebracht.

In de 20^e eeuw is biologische bestrijding van onkruiden verder ontwikkeld op basis van diverse succesvolle en mislukte trajecten. Vooral organisaties als CABI en CSIRO hebben een grote bijdrage geleverd aan de kennis en ontwikkelingen. Biologische onkruidbestrijding wordt gedefinieerd als de inzet van levende organismen op een bepaalde locatie om daar de populatiedichtheid van één onkruidsoort of van de onkruidflora beneden de schadedrempel te brengen. Locatie kan een afgebakend terrein of watergang zijn, maar ook een uitgestrekt continent. De bestrijding kan soortspecifiek of aselectief zijn, afhankelijk van het organisme dat ingezet wordt. Bepaalde polyfage organismen maken geen of nauwelijks onderscheid tussen plantensoorten als zij zich voeden, en dus is het effect aselectief, terwijl in het voorbeeld van de *Opuntia* de mot selectief op de cactus voorkomt, en daarmee het effect selectief is. Wapshere *et al.* (1989) geven een goed overzicht van principes en strategieën binnen biologische onkruidbestrijding. Meer recent zijn deze strategieën aan de orde geweest bij de najaarsbijeenkomst 2003 van de KNPV (2004). De proefschriften van De Jong (1988), Frantzen (1994) en Kempenaar (1995) geven een overzicht van drie case studies naar de mogelijkheden van biologische onkruidbestrijding in Nederland.

Er zijn drie hoofdgroepen van biologische-bestrijdingorganismen: herbivore insecten (zie *Opuntia*-voorbeeld), plant-pathogene micro-organismen (o.a. schimmels) en herbivore macro-organismen (o.a. vissen en vogels). De biologische bestrijders kunnen inheems of exotisch zijn in het gebied waar ze ingezet worden. Als exoten toegepast worden is er een veel uitgebreidere risico-evaluatie nodig. Bij de wijze van deze biologische onkruidbestrijders, wordt onderscheid gemaakt tussen inoculatieve en inundatieve toepassingen:

1. Bij een inoculatieve benadering wordt eenmalig de biologische bestrijder uitgezet op een deel van het terrein, en de biologische bestrijder verspreidt zich dan op eigen kracht naar de te bestrijden onkruiden. Het duurt dan meestal enige tijd tot dat het effect zichtbaar wordt. Deze aanpak wordt ook wel de klassieke aanpak genoemd. Het voorgenoemde *Opuntia*-voorbeeld is een voorbeeld van een klassieke benadering met een insect dat na introductie goed zijn weg kan vinden naar zijn waardplanten. Als eenmalige introductie onvoldoende is, kan de introductie een aantal keren in de tijd herhaald worden. Dit wordt een augmentatieve benadering genoemd (zie o.a. Frantzen, 1994).

2. Bij een inundatieve benadering worden in principe alle onkruidplanten in contact gebracht met de biologische bestrijder. De biologische bestrijder wordt dan eerst via massa-productie vermeerderd en onder optimale omstandigheden uitgebracht. Deze aanpak is vooral bekend geworden vanuit onderzoek en praktijktoepassingen waarbij pathogene schimmels ingezet werden ter bestrijding van onkruiden. De aanpak wordt ook wel mycoherbicide-toepassing genoemd n.a.v. de successen met bestrijding van het onkruid *Aeschynomene virginica* L. in rijst in de VS met de schimmel *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc. f. sp. *aeschynomene* (zie o.a. Kempenaar, 1995).

2.2 Afweegkader voor perspectievolle biologische bestrijding van oever- en wateronkruiden

De kans dat een ontwikkeltraject van biologische bestrijding tot een bruikbare methode in de praktijk leidt, is op voorhand moeilijk in te schatten. In het verleden zijn diverse trajecten ingezet die uiteindelijk niet geleid hebben tot succesvolle toepassingen voor de praktijk. Echter, er zijn echter ook voorbeelden dat met biologische bestrijding juist zeer effectieve oplossingen zijn bereikt voor specifieke onkruidproblemen. Achteraf valt meestal goed te verklaren waarom een bepaald organisme wel of niet geschikt bleek te zijn als biologische onkruidbestrijder. Belangrijke succesfactoren hebben te maken met biologie, techniek, wet- en regelgeving en commercialiseerbaarheid (Kempenaar & Scheepens, 1999). Het blijft moeilijk vooraf in te schatten met voldoende zekerheid of een organisme bruikbaar zal zijn als biologische bestrijder, zeker als het een exoot betreft. Een ontwikkeltraject vereist in het algemeen een belangrijke financiële inspanning met veel experimenteel werk. Positief is wel dat Julien (2008) aantoonde dat biologische onkruidbestrijding een belangrijke bijdrage leverde aan de beheersing van waterhyacint wereldwijd. Enkele voorbeelden hiervan komen terug in Hoofdstukken 3 en 4.

Om de ontwikkeling van een selectieve biologische bestrijdingmethode op te pakken moet duidelijk zijn dat het onkruid een op zichzelf staand probleem is en dat er geen goede bestrijdingmethode voor beschikbaar is dan wel dat de beschikbare bestrijdingmethode te veel ongewenste neveneffecten heeft op mens en/of milieu. M.a.w., bestrijding van die ene onkruidsoort moet een zinvolle investering zijn. Als dit daadwerkelijk het geval is, kan met screening van potentiële kandidaten voor biologische bestrijding van het betreffende onkruid begonnen worden. Van deze kandidaten dient men minimaal het volgende te weten te komen voor met grootschalig veldonderzoek begonnen kan worden:

1. Is er voldoende veiligheid voor niet-doelwit planten?
2. Geeft gebruik voldoende effectiviteit van bestrijding onder gecontroleerde omstandigheden?
3. Wat zijn effecten van condities in het toepassingsgebied op de effectiviteit?

Bovenstaande vragen hebben vooral te maken met het inschatten of biologische en technische factoren niet beperkend zullen zijn om het organisme te ontwikkelen tot een biologische bestrijdingmethode. Doorgaans worden deze vragen stapsgewijs beantwoord: eerst literatuuronderzoek, dan experimenten met enkele organismen onder gecontroleerde omstandigheden (soms in quarantaine) en dan pas veldexperimenten. Als voorbeeld kan hier het onderzoeksprogramma aan biologische bestrijding van *Fallopia japonica* op <http://www.cabi.org/japaneseknotweedalliance> dienen. Belangrijk is verder dat er geen juridische of commerciële beperkingen zijn.

Afweegcriteria bij bovenstaande vragen zijn over het algemeen niet absoluut en dienen per situatie bepaald te worden. In algemene zin kan gesteld worden dat alle drie de vragen zondermeer positief beantwoord moeten kunnen worden. Wel zal er altijd nuancering bij zijn, bijvoorbeeld voor een inoculatieve toepassing is het van belang dat de biologische bestrijder een ongunstige periode (bijv. winter) kan overleven, maar voor een commerciële inundatieve toepassing is dit juist een nadeel. Verder dient meegenomen te worden in de afwegingen de omvang van het onkruidprobleem, kosten en neveneffecten van alternatieve bestrijdingmethoden en het gewenste bestrijdingniveau.

3. Soortspecifieke informatie biologische bestrijding van belangrijke wateronkruiden in Nederland

Tabel 1 omvat een lijst met invasieve, exotische waterplanten waarvan de perspectieven voor biologische bestrijding geïnventariseerd worden in deze studie. Deze lijst is aangeleverd door de Plantenziektenkundige Dienst van het Ministerie LNV. Deze lijst omvat uitbreidende invasieve soorten in Nederland. *Elodea canadensis* (brede waterpest) en *Elodea nuttallii* (kleine waterpest) zijn niet in de lijst van tabel 1 opgenomen, omdat deze soorten reeds lange tijd in Nederlandse wateren aanwezig zijn en zich niet verder uitbreiden. *E. canadensis* is zelfs zeldzaam geworden in Nederland. Voor een meer gedetailleerde lijst van exotische waterplanten in Nederland, zie de website van de Werkgroep Ecologisch Waterbeheer (<http://www.wew.nu/>). Tabel 2 aan het eind van dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de resultaten van de literatuurstudie zoals die gepresenteerd wordt in dit hoofdstuk.

Tabel 1: Latijnse en Nederlandse namen van enkele invasieve oever- en waterplanten in Nederland.

No.	Latijnse naam	Nederlandse naam
Oeverplanten		
i.	<i>Impatiens glandulifera</i> / <i>Impatient capensis</i>	Reuzenbalsemien / Oranje springzaad
ii.	<i>Fallopia japonica</i>	Japanse Duizendknoop
iii.	<i>Mimulus guttatus</i>	Gele maskerbloem
Drijvende waterplanten		
iv.	<i>Crassula helmsii</i>	Watercrassula
v.	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Grote waternavel
vi.	<i>Ludwigia grandiflora</i> / <i>Ludwigia peploides</i>	Waterteunisbloem / Kleine waterteunisbloem
vii.	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Parelvederkruid
Onderwaterplanten		
viii.	<i>Cabomba caroliniana</i>	Waterwaaier
ix.	<i>Egeria densa</i>	Egeria
x.	<i>Lagarosiphon major</i>	Verspreidbladige waterpest
xi.	<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	Ongelijkbladig vederkruid

i. *Impatiens glandulifera* / *Impatient capensis*

Impatiens glandulifera en *I. capensis* behoren tot de familie van de Balsaminaceae. *I. glandulifera* komt oorspronkelijk uit de Himalaya regio. *I. glandulifera* groeit voornamelijk langs oevers, is wijdverbreid in Europa, de V.S., Canada en Nieuw Zeeland en is een voornamelijk invasieve soort (Beerling & Perrins, 1993; Beerling, 1994; Clements *et al.*, 2008). *I. glandulifera* vormt een bedreiging voor de lokale vegetatie en biodiversiteit in Europa (Hulme & Bremner, 2005). Huidige bestrijdingsmethoden van *I. glandulifera* zijn vooral chemisch en mechanische verwijdering, maar deze methodes zijn inefficiënt en / of kostbaar (Tanner *et al.*, 2008). Totale verwijdering van het onkruid uit een gebied is in het algemeen geen realistische optie. Stroomopwaartse populaties dienen eerst bestreden te worden, omdat het zaad van de planten zich stroomafwaarts verspreidt (Clements *et al.*, 2008).

De mogelijkheden voor biologische bestrijding van *I. glandulifera* in Europa worden sinds april 2006 onderzocht door CAB International wetenschappers in het Verenigd Koninkrijk (<http://www.cabi.org/home.asp>). In dit project heeft een inventarisatie plaatsgevonden van geleedpotige herbivoren en schimmelziekten die op *I. glandulifera* voorkomen in het gebied waar de soort inheems is. Deze inventarisatie heeft een aantal kandidaten opgeleverd die mogelijk als biologische bestrijders ingezet kunnen worden (Tanner *et al.*, 2008). De schimmelziekten *Phoma exigua* en *Puccinia* cf. *argentata* zijn geïdentificeerd als interessante kandidaten

voor de biologische bestrijding. Diverse varianten van deze schimmelziekten verschillen in pathogeniteit en het is goed mogelijk dat meer agressieve varianten geïdentificeerd zullen worden gedurende dit project. Ook de meeldauwsoorten *Plasmopara obducens* en *Sphaerotheca balsaminae* kunnen ernstige ziekteverschijnselen opwekken bij *I. glandulifera*. Echter, deze ziekteverwekkers zijn niet specifiek voor *I. glandulifera* en bovendien lastig te cultiveren en te bewaren. Onder de geleedpotigen is alleen de trips *Taeniothrips major* geïdentificeerd als mogelijke biologische bestrijder. De gast specificiteit van deze trips dient echter verder onderzocht te worden om onbedoelde effecten van de trips op andere plantensoorten te voorkomen.

Op *I. glandulifera* in West Europa is een virus aangetroffen dat de bovengrondse groei van *I. glandulifera* kan verminderen (Kollmann *et al.*, 2007). De symptomen die het virus veroorzaakt lijken op die van Tabaco Rattle Virus, maar dit is niet bevestigd in een ELISA-test. Het virus lijkt echter niet soortspecifiek te zijn en de kansen dat dit virus kan bijdragen aan de biologische bestrijding van *I. glandulifera* worden laag ingeschat (Kollmann *et al.*, 2007). Diverse andere dan de trips geleedpotigen behorende tot de Heminoptera, Coleoptera, Diptera en de Lepidoptera zijn aangetroffen op het blad van *I. glandulifera* in het Verenigd Koninkrijk, maar de mogelijkheden om deze in te zetten als biologische bestrijders zijn verder niet onderzocht (Beerling & Perrins, 1993).

I. capensis is inheems in Noord Amerika en veroorzaakt minder problemen als invasieve soort in Europa dan *I. glandulifera*. Diverse schimmelziekten behorende tot het in het Verenigd Koninkrijk voorkomende genus *Puccinia* worden geassocieerd met *I. capensis* in het Verenigd Koninkrijk: *Puccinia argentata*, *P. impatientis*, *P. recondite* en *P. rubigo-vera impatientis* (Tanner *et al.*, 2008). *P. argentata* is ook genoemd als een schimmel met goede kansen om op te treden als biologische bestrijder van *I. glandulifera* (Tanner *et al.*, 2008). Geen informatie over andere mogelijke biologische bestrijders van *I. capensis* is gevonden. Waarschijnlijk is de geringe verspreiding van *I. capensis* in het wild in Europa een belangrijke verklaring waarom er relatief weinig onderzoek gedaan is naar de bestrijding van deze plant.

ii. *Fallopia japonica*

Fallopia japonica (Polygonaceae) is inheems in Japan, noordoost China en Taiwan. *F. japonica* wordt soms ook *Polygonum cuspidatum* genoemd in Japan en Noord Amerika en de agressieve kloon die in Europa voorkomt wordt ook wel *Reynoutria japonica* genoemd (Bailey, 1994; Sheppard *et al.*, 2006). In de Verenigde Staten en Engeland wordt melding gemaakt van hybridisatie tussen *F. japonica* en andere geïntroduceerde verwanten (Green, 2003; Weston *et al.*, 2005). *Fallopia japonica* groeit in groepen op voedselrijke vochtige bodems, bijvoorbeeld langs beken, op rivieroeveren en in verstoorde gebieden, (Hathaway, 2000). De plant is een invasieve soort in Europa en Noord Amerika (Beerling, 1994; Weston *et al.*, 2005). *Fallopia japonica* komt algemeen voor in Nederland, en kan plaatselijk sterk woekeren en de lokale vegetatie verdringen. De soort wordt echter gezien als één van de belangrijkste invasieve soorten van het Verenigd Koninkrijk (Kurose *et al.*, 2006).

Hoewel biologische bestrijding van *F. japonica* nog niet grootschalig wordt toegepast, werken diverse onderzoeksgroepen hieraan. In Japan zijn er 28 insectensoorten en 6 schimmelsoorten gevonden die hun levenscyclus op *F. japonica* volbrengen (Kidd, 2000). Als veelbelovende schimmelsoorten voor de biologische bestrijding worden *Puccinia polygoni-weyrichii* en *Puccinia polygonia-amphibii* (beiden roest schimmels) genoemd (Child *et al.*, 1992). Sinds 2000 onderzoeken CABI wetenschappers en partners in het Verenigd Koninkrijk de mogelijkheden van biologische bestrijding van *F. japonica* (<http://www.cabi.org/japaneseknotweedalliance/>). Deze 'Japanese Knotweed Alliance' heeft uit een groot aantal mogelijke kandidaten voor biologische bestrijding uit Japan de Heminoptera *Aphalara itadori* en de schimmel *Mycosphaerella polygoni-cuspidati* (leafspot fungus) (Kurose *et al.*, 2006) geïdentificeerd als veelbelovende en soortspecifieke bestrijders van *F. japonica*. Mogelijkerwijs wordt *Aphalara itadori* in de zomer van 2009 ingezet in het veld in het Verenigd Koninkrijk als bestrijder van *F. japonica*. In China is onderzoek gedaan naar de Coleoptera *Gallerucida bifasciata* (Wang *et al.*, 2008). Deze blad etende natuurlijke

vijand van *F. japonica* in Azië heeft een sterke voorkeur voor *F. japonica*, maar consumeert ook bladeren van andere plantensoorten die algemeen voorkomen in Europa, zoals *Persicaria perfoliata* en *Polygonum multiflorum*. De onderzoekers concluderen dan ook dat additionele gastheer specificiteit en risico analyses gedaan moeten worden voordat *G. bifaciata* ingezet kan worden als biologische bestrijder. Ook in de Verenigde Staten en Japan lopen programma's met als doel het ontwikkelen van een effectieve biologische bestrijding van *Fallopia* soorten (Grevstad *et al.*, 2007; Nakamura *et al.*, 2008). Japanse onderzoekers hebben een nader te identificeren schimmelsoort gevonden die specifiek ziekteverwekkend voor *F. japonica* lijkt te zijn.

iii. *Mimulus guttatus*

Mimulus guttatus (Scrophulariaceae) komt van oorsprong voor in de westelijke delen van Noord Amerika. De soort is verwilderd vanuit tuinen en ingeburgerd in west en midden Europa en komt voor op zonnige plekken met voedselrijke, natte bodems (Tokarska-Guzik & Dajdok, 2007). De soort komt in Nederland zeldzaam voor in het rivierengebied (<http://wilde-planten.nl/gele%20maskerbloem.htm>) en wordt gezien als een invasieve, maar niet problematische plant. Er is geen informatie gevonden over de mogelijkheden voor biologische bestrijding van *M. guttatus* of programma's die deze mogelijkheden onderzoeken. De graskarper vindt deze soort erg onsmakelijk (Edwards, 1975).

iv. *Crassula helmsii*

Crassula helmsii (Crassulaceae) komt oorspronkelijk uit Nieuw Zeeland en Australië en is een sterk uitbreidende, woekerende exoot in Nederland, andere delen van Europa en Noord Amerika (Dawson & Warman, 1987; Brouwer & den Hartog, 1996; OEPP/EPPO, 2007). *C. helmsii* groeit als een dichte mat vanaf de oever het water in. De soort is niet kritisch ten aanzien van zijn milieu en komt voor in stilstaand en langzaam stromend water dat zoet of brak is, en kan schaduw, vorst en mechanische schade goed doorstaan (Dawson & Warman, 1987; Denys & Packet, 2004; OEPP/EPPO, 2007). De soort lijkt zich in Europa alleen vegetatief voort te planten.

Er zijn momenteel weinig opties voor de biologische bestrijding van *C. helmsii* beschikbaar. De graskarper (*Ctenopharyngodon idella*) eet *C. helmsii*, maar prefereert andere algemene waterplanten (Dawson & Warman, 1987). Voor zover ons bekend zijn er tot dusverre geen organismen geïdentificeerd die in de nabije toekomst als geschikte biologische bestrijder van *C. helmsii* kunnen fungeren.

v. *Hydrocotyle ranunculoides*

Hydrocotyle ranunculoides (Umbelliferae) komt oorspronkelijk uit Noord Amerika. *H. ranunculoides* kan lokaal ernstige verstoringen van waterwegen geven en komt o.a. voor in West en Zuid Europa en Australië (Baas & Duistermaat, 1998; Newman & Dawson, 1999; OEPP/EPPO, 2006). De soort groeit vooral goed in nutriëntenrijk, langzaam stromend water.

Als mogelijke biologische bestrijder van *H. ranunculoides* biedt de Coleoptera *Listronotus elongatus* (*Curculionidae*) perspectieven (Cordo *et al.*, 1982; Newman, 2006). In Argentinië voedt deze kever zich in het veld bijna uitsluitend met *H. ranunculoides*. De vraatschade die deze kevers aanbrengen biedt tevens kansen voor ziekteverwekkers om *H. ranunculoides* te infecteren. De mogelijkheden om deze kever en mogelijk andere natuurlijke vijanden in te zetten tegen *H. ranunculoides* in Europa worden onderzocht door CABI en het Centre for Aquatic Plant Management (CAPM) in het Verenigd Koninkrijk (Sheppard *et al.*, 2006). Andere insecten behorende tot de groep van de Diptera and Lepidoptera voeden zich ook met *H. ranunculoides* en er zijn enkele ziekteverwekkers geïdentificeerd op *H. ranunculoides*, maar deze organismen dienen verder getest te worden om hun mogelijke bijdrage aan de biologische bestrijding te beoordelen (Newman, 2006).

vi. *Ludwigia grandiflora* / *Ludwigia peploides*

Ludwigia grandiflora en *L. peploides* (Onagraceae) komen van oorsprong uit Latijns Amerika en ook de Verenigde Staten heeft een al dan niet inheemse populaties van *L. grandiflora* en *L. peploides*. *L. grandiflora* staat ook wel bekend als *Ludwigia uruguayensis*. *L. grandiflora* is in diverse delen van West-Europa, inclusief Nederland, een uitbreidende plaag. De plant komt voor in langzaamstromend en stilstaand water in kanalen, vijvers en poelen en kan deze wateren in korte tijd geheel dichtgroeien, vooral in nutriëntenrijk water. De soort kan ook drooggevallen oevers en vochtige weilanden koloniseren. *L. peploides* heeft een vergelijkbaar biotoop als *L. grandiflora*, maar is minder algemeen verspreid in Europa (Rejmánková, 1992; Luijten & Odé, 2007). *L. peploides* is pas in 2007 voor het eerst in Nederland aangetroffen (Luijten & Odé, 2007).

Diverse Coleoptera soorten zijn geïdentificeerd als mogelijke biologische bestrijders van *L. grandiflora* en *L. peploides*. In Argentinië zijn op basis van laboratorium- en veldproeven de volgende keversoorten geïdentificeerd als mogelijk biologische bestrijders van *L. peploides*: *Lysathia flavipes*, *Auleutis bosqi*, *Onychylis* sp. nr. *nitrirostris*, *Tyloderma* spp. A en B, en *Ochetina bruchi* (Cordo *et al.*, 1981; Cordo & DeLoach, 1982b.a). *Tyloderma* spp. A en B, en *Auleutis bosqi* leken zich in Argentinië specifiek met *L. peploides* bladeren te voeden, terwijl *Lysathia flavipes* bijna uitsluitend *L. peploides* en *Myriophyllum aquaticum* (een andere invasieve waterplant, zie hieronder) consumeerde. De andere keversoorten hadden een minder specifiek dieet. Voor zover ons bekend is geen van deze soorten daadwerkelijk uitgezet als biologische bestrijder.

Verwant aan *Lysathia flavipes* is de soort *Lysathia ludoviciana* die in het Zuid Oosten van de Verenigde Staten in veldproeven in potentie een geschikte biologische bestrijder van *L. grandiflora* bleek te zijn (McGregor *et al.*, 1996). Onder gecontroleerde omstandigheden in de aanwezigheid van *Lysathia ludoviciana* nam de biomassa van *L. grandiflora* met bijna 90% af tussen begin juli en eind september. *Lysathia ludoviciana* volwassen kevers en larven komen in de Verenigde Staten van nature voor op *Myriophyllum aquaticum* en *L. peploides* (Campbell & Clark, 1983), die beiden invasieve waterplanten in Nederland zijn. We hebben geen informatie gevonden over studies naar de mogelijkheden om een van deze potentiële biologische bestrijders van *Ludwigia* spp. in te zetten in Europa. *Lysathia* n.sp. is overigens met redelijk succes uitgezet in Zuid Afrika als biologische bestrijder van *Myriophyllum aquaticum* (Cilliers, 1999). Zie hieronder.

vii *Myriophyllum aquaticum*

Myriophyllum aquaticum (Haloragaceae) komt oorspronkelijk uit de Amazone rivier van Latijns Amerika en is tegenwoordig wereldwijd verspreid (Sheppard *et al.*, 2006). *M. aquaticum* is in het verleden ook wel *Myriophyllum brasiliense* genoemd. *M. aquaticum* is een dominante invasieve soort in Europa. *M. aquaticum* kan zowel boven als onder de waterspiegel groeien. Ongeveer 30% van de plant biomassa groeit boven de waterspiegel.

In Zuid Afrika is de Coleoptera *Lysathia* n.sp. (soortnaam onbekend, uit Brazilië afkomstig) ingezet als een gast-specifieke kever voor de bestrijding van *M. aquaticum* (Cilliers, 1999). Deze kever brengt vraatschade toe aan de plantendelen die boven de waterspiegel uitsteken. *Lysathia* n.sp. is op vijf locaties in Zuid Afrika losgelaten en de gevolgen hiervan op de populatie van *M. aquaticum* is 3 jaar lang gevolgd. *Lysathia* n.sp. had een relatief korte levenscyclus van 23-36 dagen waardoor de populaties zich 's zomers snel konden opbouwen en stevige vraatschade konden aanbrengen op het merendeel van de plantendelen boven de waterspiegel. *Lysathia* n.sp. was in staat winters met enige vorst en overstromingen te overleven, maar het aandeel aangevreten planten nam in deze periodes af. *Lysathia* n.sp. vertraagde de groei van *M. aquaticum*, maar beschadigde planten konden zich vaak herstellen binnen 6 weken. De neiging van *Lysathia* n.sp. om te migreren wanneer veel planten aangevreten zijn naar gebieden waar meer ongeschonden plantmateriaal voorradig is, droeg bij aan het herstel van *M. aquaticum*. Het areaal dat *M. aquaticum* bedekte, nam af van

50% naar 20% van het wateroppervlakte in 3 jaar (Cilliers *et al.*, 2003). De studie in Zuid Afrika concludeerde dat *Lysathia* n.sp. een veelbelovende biologische bestrijder van *M. aquaticum* is, maar een tweede bestrijder is mogelijk noodzakelijk om *M. aquaticum* beter onder controle te houden. *Lysathia* n.sp. voedt zich overigens niet met de in Europa inheemse soort *Myriophyllum spicatum*. Het is niet bekend of andere inheemse *Myriophyllum* species in Europa gegeten worden door *Lysathia* n.sp.

Mogelijke alternatieve biologische bestrijders zijn de in Zuid Afrika inheemse Coleoptera *Listronotus marginicollis* en de bacteriële ziekteverwekker *Xanthomonas campestris* (Cilliers, 1999). De mogelijkheden om *Listronotus marginicollis* in te zetten van biologische bestrijder van *M. aquaticum* zijn verder onderzocht (Oberholzer *et al.*, 2007). Deze kever brengt vraatschade toe aan de plantendelen boven de waterspiegel, terwijl de larven zich een weg naar beneden vreten via de stengel en ook onder de waterspiegel schade toebrengen. Uit een serie van laboratorium proeven gecombineerd met literatuuronderzoek is geconcludeerd dat de kever *L. marginicollis* voor Zuid Afrikaanse omstandigheden een veilige en effectieve bestrijder van *M. aquaticum* lijkt te zijn (Oberholzer *et al.*, 2007).

De pathogene oomyceet *Pythium carolinianum* kan wortelrot veroorzaken en zo de groei van *M. aquaticum* met ruwweg 50% vertragen (Bernhardt & Duniway, 1984). De specificiteit van deze schimmel die in het zuiden van de Verenigde Staten geïsoleerd is, is niet onderzocht. Bovendien bleek de isolatie en zoospore productie van deze schimmel problematisch te zijn. Andere Coleoptera die op *M. aquaticum* voorkomen en schade kunnen toebrengen zijn *Lysathia ludoviciana* uit het zuiden van de Verenigde Staten (Habeck & Wilkerson, 1980), *Lasythia flavipes* uit Argentinië (Cordo & DeLoach, 1982a), en *Ochetina bruchi* uit Argentinië (Cordo *et al.*, 1981). *M. aquaticum* is weinig geliefd bij de graskarper als voedselbron (Cassani & Caton, 1983).

viii. *Cabomba caroliniana*

Cabomba caroliniana (Cabombaceae) is een waterplant die oorspronkelijk uit Zuid Amerika komt, maar die wereldwijd een belangrijk invasieve soort geworden is. *C. caroliniana* is tevens een populaire aquariumplant. De soort komt voor in stilstaand water in diverse klimatologische zones variërend van de tropen (Australië, Latijns Amerika) tot aan koude gematigde streken (Canada) (Schooler *et al.*, 2006; Wilson *et al.*, 2007a). In Nederland komt de soort in Nieuw-Loosdrecht, Zuid Limburg en in Drenthe voor en kan terplekke sloten dichtgroeien (Werkgroep Ecologisch Waterbeheer, <http://www.wew.nu/>) (van Valkenburg & Pot, 2008).

Vanuit Australië (CSIRO Entomology) en de Verenigde Staten (USDA-ARS South American Biological Control Laboratory) wordt onderzoek gedaan naar de biologische bestrijding van *C. caroliniana* (Schooler *et al.*, 2006; Schooler & Julien, 2008). In het oorspronkelijke leefgebied van *C. caroliniana* (Argentinië) zijn de Coleoptera *Hydrotimetes natans* (een stengelborende kever) en de Lepidoptera *Paracles* spp. en *Paraponix* spp. (beiden watermotten) geïdentificeerd als kandidaten voor de biologische bestrijding van *C. caroliniana*. Volwassen kevers van *Hydrotimetes natans* brengen schade toe aan de toppen van de planten, terwijl de larven ook de stengels aanvreten. Deze soort lijkt uitsluitend schade toe te brengen aan *C. caroliniana* en niet aan verwante waterplanten (CSIRO Australië, <http://www.csiro.au/science/ps2ku.html>) en is daarom een interessante kandidaat voor biologische bestrijding. *Paracles* spp. echter bleek in laboratorium experimenten in de Verenigde Staten qua voedselvoorkeur weinig specifiek te zijn en naast *C. caroliniana* ook diverse inheemse planten te beschadigen.

Verder is de Chinese graskarper (*Ctenopharyngodon idella*) met succes ingezet als biologische bestrijder van *C. caroliniana* in Florida en Arkansas, ogenschijnlijk zonder negatieve effecten voor inheemse vissoorten (Mackey & Swarbric, 1997).

ix. *Egeria densa*

Egeria densa (Hydrocharitaceae) staat ook wel bekend als *Anacharis densa*, *Elodea densa* en als *Philotria densa*. *E. densa* komt oorspronkelijk uit Zuid Amerika, maar heeft zich wijd verspreid in Europa, Azië, Australië en Noord Amerika. In Nederland kan *E. densa* lokaal woekarend voorkomen, maar verdwijnt daarna vaak weer snel (Werkgroep Ecologisch Waterbeheer, <http://www.wew.nu/>). De soort lijkt wel in voorkomen toe te nemen in Nederland.

Onderzoek naar de biologische bestrijding van *E. densa* heeft zich gericht op de graskarper en *Fusarium* sp. isolaten. Volwassen graskarpers beschouwen *E. densa* als een tamelijk smakelijke plant wat mogelijkheden biedt om graskarpers in te zetten als biologische bestrijders. In Brazilië zijn een groot aantal verschillende *Fusarium* sp. isolaten getest op het vermogen ziekte te verwekken bij *E. densa*. In dit onderzoek zijn 8 interessante *Fusarium* isolaten gevonden, waarvan *Fusarium graminearum* de meest geschikte soort bleek te zijn qua ziekteverwekking en hanteerbaarheid (Barreto *et al.*, 2000). *E. densa* ontwikkelt chlorosis en necrosis en sterft af als het wordt blootgesteld aan *Fusarium graminearum*. Echter, *Fusarium graminearum* is vooral effectief als biologische bestrijder bij temperaturen van 25 °C en hoger, en is lijkt dus weinig geschikt voor Nederlandse omstandigheden (Borges Neto *et al.*, 2005). Het toevoegen van adjuvanten, zoals gemalen rijst, aan een *Fusarium graminearum* oplossing kan de effectiviteit als bioherbicide verbeteren (Borges Neto & Pitelli, 2004).

Een studie naar de mogelijkheden om het wateronkruid *Hydrilla verticillata* te bestrijden met de Coleoptera *Bagous affinis* uit Pakistan toonde aan dat deze kever ook flinke vraatschade kan aanbrengen aan *E. densa* (Buckingham & Bennett, 1998). Het is dus mogelijk dat deze kever ook ingezet kan worden als biologische bestrijder van *E. densa* in Europa. *H. verticillata* is een inheemse soort in noordwest Europa en bij de inzet van *Bagous affinis* als bestrijder van *E. densa* kan dus ook schade toegebracht worden aan *H. verticillata*. *H. verticillata* wordt overigens als een ongewenste plant in Nederland beschouwd en zal onder de verbodsplanten van het Convenant Waterplanten vallen.

x. *Lagarosiphon major*

Lagarosiphon major (Hydrocharitaceae) komt oorspronkelijk uit zuidelijk Afrika. De plant is in Nederland op beperkte schaal aangetroffen in Drenthe en enkele locaties in Noord Brabant (van Valkenburg & Pot, 2008), maar vormt een groter probleem op de Britse eilanden en heeft daar de tevens invasieve waterpest (*Elodea canadensis* en *E. nuttallii*) vaak verdrongen (Caffrey & Acevedo, 2008). *Lagarosiphon major* komt ook elders voor in Europa (Italië, Frankrijk, Zwitserland) en op grotere schaal in Nieuw Zeeland. *L. major* kan een serieuze bedreiging voor de inheemse biodiversiteit vormen zoals in Ierland het geval is (Caffrey & Acevedo, 2008). *Lagarosiphon major* groeit in langzaamstromend en stilstaand water tot 3 m diep. De opties voor biologische bestrijding van *L. major* zijn minimaal tot dusverre. De graskarper eet *L. major*, maar vindt het een weinig smakelijke plant (Chisholm, 2008).

xi. *Myriophyllum heterophyllum*

Myriophyllum heterophyllum (Haloragaceae) komt oorspronkelijk in een groot deel van Noord Amerika voor. De soort is invasief in Europa en komt lokaal woekarend voor in Nederland en lijkt zich verder uit te breiden.

Voor zover ons bekend lopen er geen onderzoeksprogramma's naar de biologische bestrijding van *M. heterophyllum*. De van oorsprong Eurazische Coleoptera *Eubrychius velutus* heeft zijn spectrum aan gastheren in Europa uitgebreid met de invasieve plant *M. heterophyllum* (Newman *et al.*, 2006). De ontwikkelingssnelheid en overlevingskansen voor deze waterkever zijn op *M. heterophyllum* gelijk aan die op de oorspronkelijke gastheren *M. spicatum* en *M. verticillatum*. *Eubrychius velutus* biedt dus mogelijkheden als biologische bestrijder van *M. heterophyllum*, maar de effectiviteit van deze kever als biologische bestrijder

dient verder onderzocht te worden. Een voordeel van het gebruik van een inheemse soort als biologische bestrijder is dat het risico op onbedoelde verstoringen van het milieu relatief klein is. *Eubrychius velutus* is echter niet selectief tussen *Myriophyllum* species en kan dus ook schade toebrengen aan de inheemse *Myriophyllum spicatum* en *M. verticillatum*.

Tabel 2: Samenvatting van het literatuuronderzoek naar de perspectieven van biologische bestrijding van enkele invasieve onkruiden in Nederland.

No.	Species	Urgentie van de bestrijding in Nederland ¹	Onderzoek gaande naar biologische bestrijding binnen Europa? Door wie?	Veelbelovende kandidaten voor biologische bestrijding geïdentificeerd (in Europa of elders)? Welke?	Biologische bestrijding toegepast in het veld? Welke?
i.	<i>Impatiens glandulifera</i>	Urgent	Ja, CABI	Ja, <i>Phoma enigma</i> , <i>Puccinia</i> cf. <i>argentata</i> , <i>Taeniothrips major</i>	Nee
	<i>Impatiens capensis</i>	Weinig urgent	Nee	Nee	
ii.	<i>Fallopia japonica</i>	Urgent	Ja, CABI	Ja, <i>Aphalara itadori</i> , <i>Mycosphaerella polygoni-cuspidati</i>	Eventueel met <i>Aphalara itadori</i> vanaf 2009 in Groot Brittannië
iii.	<i>Mimulus guttatus</i>	Weinig urgent	Nee	Nee	Nee
iv.	<i>Crassula helmsii</i>	Urgent	Nee	Nee	Nee
v.	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Urgent	Ja, CABI / CAPM	Ja, <i>Listronotus elongatus</i>	Nee
vi.	<i>Ludwigia grandiflora</i>	Matig urgent	Nee	Ja, <i>Lysathia flavipes</i> , <i>Lysathia ludoviciana</i>	Nee
	<i>Ludwigia peploides</i>	Weinig urgent	Nee	Ja, <i>Tyloderma</i> spp. A en B, <i>Auleutis bosqi</i> , <i>Lysathia flavipes</i>	Nee
vii.	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Urgent	Nee	Ja, <i>Lysathia</i> n.sp., <i>Listronotus marginicollis</i> , <i>Xanthomonas campestris</i>	Ja, positieve ervaring met <i>Lysathia</i> n.sp. in Zuid Afrika
viii.	<i>Cabomba caroliniana</i>	Matig urgent	Nee	Ja, <i>Hydrotimeetes natans</i> , <i>Ctenopharyngodon idella</i> (graskarper)	Ja, succesvolle bestrijding met <i>Ctenopharyngodon idella</i> in de V.S.
ix.	<i>Egeria densa</i>	Weinig urgent	Nee	Ja, <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Ctenopharyngodon idella</i> (graskarper)	Nee
x.	<i>Lagarosiphon major</i>	Matig urgent	Nee	Nee	Nee
xi.	<i>Myriophyllum heterophyllum</i>	Matig urgent	Nee	Ja, <i>Eubrychius velutus</i>	Nee

¹ Op basis van Werkgroep Ecologisch Waterbeheer (www.wew.nu) en expert judgement.

4. Twee relevante casussen nader belicht

4.1 Biologische bestrijding met *Ctenopharyngodon idella* (graskarper)

Graskarpers zijn wereldwijd ingezet als biologische bestrijders van waterplanten. De graskarper is inheems in de Amoer rivier en enkele andere grote rivieren in Siberië en China, maar is weinig eisend qua leefmilieu en klimaat. De graskarper heeft een relatief kort spijsverteringskanaal waardoor de spijsvertering bijzonder inefficiënt verloopt. Ongeveer 50% van het voedsel passeert het spijsverteringskanaal zonder verteerd te worden. Graskarpers moeten daarom grote hoeveelheden plantmateriaal eten om in hun energiebehoefte te voldoen. Graskarpers kunnen bij geschikte temperaturen (> 20 °C) dagelijks meer dan hun eigen lichaamsgewicht aan plantmateriaal consumeren en kunnen daarom als biologische bestrijders van aquatische onkruiden optreden (Edwards, 1975; Pierce, 1983). Graskarpers zijn goed in staat om koude winters in gematigde streken te overleven, maar reproductie in deze streken is zeer beperkt. In Nederland is geen reproductie waargenomen. De vissen zijn in gematigde streken vooral 's zomers effectief als onkruidbestrijder wanneer de watertemperatuur boven de 20 °C komt (Pine *et al.*, 1990).

Hert uitzetten van graskarpers voor de biologische bestrijding van waterplanten kent diverse nadelen. In het verleden is het risico van het ongecontroleerd vermeederen van populaties graskarpers vaak genoemd. Dit risico kan echter uitgesloten worden door enkel onvruchtbare, triploïde graskarpers uit te zetten die sinds de jaren 80 van de vorige eeuw beschikbaar zijn. Ook de gewone, diploïde graskarpers lijken zich overigens niet voort te planten in de natuur in Nederland.

Een ander nadeel van de graskarper als biologische bestrijder is dat het een weinig selectieve herbivoor is die zowel inheemse als invasieve planten eet. De graskarper heeft in het algemeen een voorkeur voor zachte waterplanten. De mate van selectiviteit is temperatuur afhankelijk. Bij hogere temperaturen (25 °C) zijn de vissen minder selectief dan bij lagere temperaturen (14 °C) (Edwards, 1975). Grote, volwassen graskarpers zijn in de regel minder selectief dan kleine, jonge vissen. Graskarpers zijn veelvuldig uitgezet in de Verenigde Staten en bleken in staat te zijn een vegetatie van waterplanten onderwater volledig te vernietigen (Bonar *et al.*, 2002). Het gebruik van graskarpers is daarom omstreden indien volledige verwijdering van de vegetatie onderwater ongewenst is.

De graskarper is echter ook diverse keren met succes ingezet tegen wateronkruiden zonder aantoonbare negatieve gevolgen voor de waterkwaliteit of het waterleven (Pierce, 1983; Fowler, 1985; Mackey & Swarbric, 1997). De hoeveelheid uitgezette vissen (kg vis per ha) is belangrijk voor de efficiëntie en de gevolgen voor niet-doelwit organismen van de biologische bestrijding met graskarpers. Een hoge dichtheid aan vissen verhoogt het risico op een volledige vernietiging van de onderwater vegetatie. Een lage dichtheid zorg ervoor dat de graskarpers slechts de meest smakelijke, zachte waterplanten eet. De ideale dichtheid aan vissen wordt o.a. bepaald door de watertemperatuur, de plantensoorten en staat waarin de vegetatie verkeert, de grootte van de graskarpers en de mate van bestrijding die gewenst is (Fowler, 1985). Het vooraf correct inschatten van de juiste dichtheid aan vissen kan dus nogal lastig zijn.

Vanwege de weinig selectieve eetgewoontes van de graskarper zijn de mogelijkheden om deze vis in Nederland te gebruiken als biologische bestrijder van onderwater planten beperkt tot afgesloten watersystemen, zoals bassins, vijvers e.d. Dit is in het verleden ook regelmatig gebeurd in Nederland, maar een evaluatie van de praktijkervaringen met de graskarper ontbreekt. Van de wateronkruiden waarvan de mogelijkheden voor biologische bestrijding hierboven beschreven zijn, biedt de graskarper perspectieven om ingezet te worden tegen *Cabomba caroliniana* en *Egeria densa* (Mackey & Swarbric, 1997). Van *Lagarosiphon major*, *Myriophyllum aquaticum* en *Crassula helmsii* is bekend dat deze planten weinig geliefd zijn als voedsel voor de graskarper (Cassani & Caton, 1983; Dawson & Warman, 1987; Pine & Anderson, 1991; Chisholm, 2008). Van de overige soorten in Tabel 1 is niet bekend of ze al dan niet geliefd zijn als voedsel bij de graskarper.

4.2 Biologische bestrijding van *Eichhornia crassipes* (waterhyacint)

Een van de bekendste en meest aansprekende voorbeelden van succesvolle biologische bestrijding van een wateronkruid is die van *Eichhornia crassipes*, de waterhyacint. *Eichhornia crassipes* is een drijvende waterplant die oorspronkelijk in het Amazone bassin van Latijns Amerika voorkomt, maar zich al sinds het einde van de 19^{de} eeuw verspreid heeft over de tropische en subtropische gebieden op aarde (Center, 1994). *Eichhornia crassipes* blokkeert waterwegen en kan zoveel licht opvangen dat de planten onderwater afsterven waardoor ook het zuurstofniveau in het water en de daarvan afhankelijke vispopulaties achteruitgaan. Niet-biologische bestrijdingsmethodes zijn beschikbaar, maar worden als onpraktisch of te duur beschouwd. *Eichhornia crassipes* groeit vaak op ontoegankelijk plekken en in landen waar de hulpbronnen ontbreken om grootschalige chemische of fysieke bestrijdingsprogramma's op te zetten. Biologische bestrijding van *E. crassipes* is dus in de meeste gevallen de voornaamste bestrijdingsmethode en wordt ook beschouwd als de meest duurzame bestrijdingsmethode (Cilliers *et al.*, 2003).

De belangrijkste biologische bestrijders van *E. crassipes* zijn twee kevers, *Neochetina bruchi* en *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera), en in mindere mate een mot *Niphograptus* spp. (Lepidoptera) uit Latijns Amerika (Julien, 2001). Daarnaast zijn enkele schimmels en diverse andere geleedpotigen geïdentificeerd als mogelijk biologische bestrijders van *E. crassipes* (Center, 1994; Charudattan, 2001; Evans & Reeder, 2001; Cilliers *et al.*, 2003). In totaal zijn in 34 landen in Afrika, Australië, Azië and Noord en Latijns Amerika biologische bestrijders tegen *E. crassipes* ingezet (Julien, 2001). In een beperkt aantal landen is de effectiviteit van de biologische bestrijding daadwerkelijk onderzocht en gepubliceerd. Er is veel gepubliceerd over de biologische bestrijding van *E. crassipes* in het Victoria meer in Afrika.

Op het hoogtepunt van *E. crassipes* in het Victoria meer bedekte de plant ongeveer 20 duizend hectares van het wateroppervlakte (Albright *et al.*, 2004), waardoor het transport over water, de visserij en de unieke biodiversiteit van het meer bedreigd werden (Wilson *et al.*, 2007b). De grootschalige bestrijding van *E. crassipes* heeft pas succes gehad toen biologische bestrijdingsmethodes beschikbaar kwamen (Julien *et al.*, 2008). In het Victoria meer zijn vanaf 1995 de kevers *N. bruchi* en *N. eichhorniae* uitgezet in verschillende delen van het meer. Pas 2-3 jaar later leken de effecten van deze uitzettingen zichtbaar te zijn in de *E. crassipes* populaties. Deze tijdspanne heeft waarschijnlijk te maken met het enigszins beperkte reproductieve vermogen van *N. bruchi* en *N. eichhorniae* (Center, 1994). Vanaf 1999 begon de populatie *E. crassipes* snel af te nemen en de populatie is nadien gestabiliseerd op een niveau equivalent aan 5-10% van het maximale oppervlakte dat *E. crassipes* bereikt heeft (Albright *et al.*, 2004). *E. crassipes* kan dus nog steeds lokaal problemen geven. De onvolledige controle van *E. crassipes* heeft overigens als voordeel dat de biologische bestrijders zich in de resterende onkruidpopulaties kunnen handhaven en een nieuwe epidemie van het onkruid kunnen voorkomen. De sterke afname van *E. crassipes* in het Victoria meer was niet alleen het directe gevolg van de vraatschade van de kevers. De schade die de kevers toebrachten aan *E. crassipes* had een verminderde groei en een grotere gevoeligheid voor ziektes en verstoringen door wind en golven tot gevolg (Julien *et al.*, 2008). De dichte matten van verzwakte *E. crassipes* werden door wind en golven uiteen geslagen, waardoor de individuele planten het meer uitspoelden of zonken. Onstuimige weersomstandigheden door een sterk El Niño effect in 1997-1998 hebben de populaties *E. crassipes* waarschijnlijk extra schade toegebracht. Zodoende is er een wetenschappelijke discussie ontstaan over de vraag of uitzonderlijke weersomstandigheden dan wel biologische bestrijding verantwoordelijk is geweest voor de sterke afname van *E. crassipes* in het Victoria meer (Albright *et al.*, 2004; Williams *et al.*, 2007; Wilson *et al.*, 2007a). Het feit dat de *E. crassipes* populaties zich sinds de ineenstorting van de populaties niet meer hersteld hebben suggereert dat biologische bestrijding in ieder geval een belangrijke bijdrage aan de afname van *E. crassipes* heeft geleverd. Biologische bestrijders zijn immers, in tegenstelling tot eenmalige uitzonderlijke weersomstandigheden, beter in staat onkruidpopulaties langere tijd op een laag niveau te houden (Wilson *et al.*, 2007a).

Ook elders is de biologische bestrijding van *E. crassipes* met *Neochetina* spp. in het algemeen effectief geweest (Julien, 2001). Volledige controle van *E. crassipes* in grotere gebieden kan echter niet bereikt worden met biologische bestrijding en net zo min met andere bestrijdingstechnieken (Julien *et al.*, 2008)(Charudattan, 2001; Evans & Reeder, 2001).

De ervaringen met de biologische bestrijding van *E. crassipes* toont aan dat de biologische bestrijding van wateronkruiden erg effectief kan zijn, maar dat de kans op een volledige verwijdering van een onkruid uit een groter gebied met biologische bestrijding klein is. In het algemeen is een biologische bestrijder meestal niet de enige factor die zorgt voor de afname van een onkruidpopulatie. Zoals in het geval van *E. crassipes* verhoogt de schade die biologische bestrijders aanbrengen aan de onkruidplanten vaak de gevoeligheid van deze planten voor biotische en abiotische stress, inclusief andere onkruidbestrijdingsmethodes, wat leidt tot een verhoogde onkruidmortaliteit. Biologische bestrijders kunnen daarom ook effectief gebruikt worden in een geïntegreerd onkruidbestrijdingprogramma. Terwijl het identificeren en testen van kandidaten die ingezet kunnen worden als biologische bestrijders een langdurig en kostbaar proces kan zijn, is het gebruik van biologische bestrijders vaak relatief goedkoop en makkelijk in te zetten in ontwikkelingslanden. Ervaringen met *E. crassipes* tonen ook aan dat biologische bestrijders een langdurige onderdrukking van een onkruidpopulatie kunnen geven zonder nieuwe inspanningen. Andere methodes zorgen voor een eenmalige bestrijding van de onkruidpopulatie, waarna de bestrijding vaak herhaalt moet worden om te voorkomen dat de onkruidpopulatie zich herstelt. De totale verwijdering van een invasieve onkruidpopulatie in een groter gebied is immers bijna altijd onmogelijk. Het kan echter meerdere jaren duren voordat biologische bestrijding een duidelijke effect heeft op een onkruidpopulatie en biologische bestrijding biedt dus meestal geen snelle oplossing voor een onkruidprobleem. Dit is in tegenstelling met bijvoorbeeld chemische of mechanische onkruidbestrijding.

Hoofdstuk 5. Conclusies en aanbevelingen

De bestrijding van wateronkruiden is in het algemeen lastig. Chemische bestrijding van wateronkruiden levert meestal een grote milieubelasting op, omdat de chemische stoffen in water zich makkelijk verspreiden en daar ongewenst zijn. Mechanische bestrijding is niet-selectief en duur, en dient, net als chemische bestrijding, in de meeste gevallen regelmatig herhaald te worden. Mechanische bestrijding werkt fragmentatie en daardoor vegetatieve vermeerdering van sommige wateronkruiden in de hand, waardoor er juist meer verspreiding optreedt. Biologische bestrijding biedt mogelijkheden voor een ecologisch en economisch duurzamere bestrijding van wateronkruiden. De casus waterhyacint toont dat duidelijk aan. Echter, de ontwikkeling van een goede, selectieve biologische bestrijder is vaak een langdurig proces. Een aselectieve bestrijder van wateronkruiden, zoals de graskarper, biedt ook mogelijkheden onder bepaalde omstandigheden, zoals nader bediscussieerd in Hoofdstuk 4.

Voorafgaand aan het ontwikkelen van selectieve biologische bestrijding dient vastgesteld te worden of het onkruid een dermate groot probleem is dat een specifiek ontwikkeltraject gerechtvaardigd is. In tabel 2 in Hoofdstuk 3 van dit rapport geven we aan dat 5 van de 11 geselecteerde oever- en wateronkruiden een hoge urgentie van bestrijding hebben. Dit zijn *Impatiens glandulifera*, *Fallopia japonica*, *Crassula helmsii*, *Hydrocotyle ranunculoides* en *Myriophyllum aquaticum*. Deze soorten staan hieronder van links naar rechts afgebeeld, waarbij twee oeverplantsoorten (links) en drie drijvende waterplantsoorten (rechts). Vervolgstappen zouden op één of meerdere van deze soorten gericht kunnen worden. Nog drie soorten worden minimaal als matig urgent beoordeeld: *Ludwigia grandiflora*, *Cabomba caroliniana* en *Egeria densa*.



Selectieve biologische bestrijding

Vooraf inschatten of een ontwikkeltraject van selectieve biologische bestrijding van deze of andere oever- en wateronkruiden succesvol zal zijn, is geen eenvoudige zaak. Echter, op basis van ervaringen met diverse ontwikkeltrajecten uit het verleden kan gesteld worden dat succesvolle biologische bestrijders de volgende biologische eigenschappen hebben:

1. Selectiviteit ten opzichte van het te bestrijden onkruid,
2. Voldoende effectiviteit via herbivorie of pathogeniteit,
3. Aangepast aan de omstandigheden in het toepassingsgebied.

Hoofdstuk 3 biedt per geprioriteerde onkruidsoort informatie om potentiële kandidaten voor selectieve biologische bestrijding van belangrijke oever- en wateronkruiden te selecteren. In Europa lopen er relevante onderzoeksprogramma's naar de biologische bestrijding van *Impatiens glandulifera*, *Fallopia japonica* en *Hydrocotyle ranunculoides*. Het CABI in het Verenigd Koninkrijk is betrokken bij al deze projecten. Onderzoek vanuit het CABI kan gebruikt worden om onderbouwde keuzes voor de Nederlandse situatie te maken, omdat we met vergelijkbaar klimaat en vaak ook vergelijkbare flora en fauna te maken hebben. Soms is zelfs informatie over effectiviteit onder veldomstandigheden beschikbaar. Het is zondermeer een voordeel als reeds in een buurland de biologische bestrijder als een potentiële kandidaat geïdentificeerd en getest is (zie hiervoor per soort informatie in Tabel 2). Dit kan als een aanvullend selectiecriteria voor biologische bestrijders meegenomen worden. De biologische bestrijding van *Myriophyllum aquaticum* wordt niet onderzocht in Europa, maar in Zuid Afrika zijn goede resultaten behaald met de biologische bestrijding in het veld en de mogelijkheden die alternatieve biologische bestrijders van *Myriophyllum aquaticum* bieden worden onderzocht onder gecontroleerde omstandigheden. Uiteraard zijn de ecologische condities in Zuid Afrika erg verschillend van die in Nederland en het is de vraag of vergelijkbare resultaten in Nederland gehaald kunnen worden. Het deel van Zuid Afrika waar de biologische bestrijding van

Myriophyllum aquaticum in het veld getest is, kent overigens een gematigd klimaat waar winters met vorst en natte periodes algemeen zijn. Er lopen geen onderzoeksprogramma's naar de biologische bestrijding van *Crassula helmsii* in Europa of elders en er zijn ook geen geschikte kandidaten voor de biologische bestrijding van *Crassula helmsii* geïdentificeerd tot dusverre.

Verder is van belang dat de biologische bestrijder handelbaar is, d.w.z. vermenigvuldiging, opslag en toediening tegen acceptabele kosten. Hierover ontbreekt meestal bruikbare informatie. Het is een voordeel als de biologische bestrijder een inheemse soort is, omdat dan waarschijnlijk een minder uitgebreid onderzoek naar niet-doelwit planten nodig zal zijn. Het is ook een voordeel als de biologische bestrijder relatief gemakkelijk te vermeerderen is. Ook dit kan als selectiecriteria voor biologische bestrijders meegenomen worden.

Contact met de groepen die onderzoek doen naar de biologische bestrijding van relevante onkruiden is noodzakelijk om een goede inschatting te kunnen maken welke programma's goede perspectieven bieden voor de Nederlandse situatie. Gegeven het lange traject om een biologische bestrijding te ontwikkelen is aansluiting bij lopend onderzoek buiten Nederland een aanbeveling om binnen afzienbare termijn (enkele jaren) biologische bestrijding in Nederland in de praktijk toe te passen. Een volledig ontwikkelingstraject van een biologische bestrijder van begin af aan duurt makkelijk meer dan 10 jaar.

De tweede stap, als er draagvlak is voor een specifiek ontwikkeltraject, is inzicht verkrijgen in de selectiviteit en effectiviteit van de biologische bestrijder in Nederland. Experimentele data verzamelen over deze bestrijders onder Nederlandse omstandigheden is daarbij noodzakelijk.

Aselectieve biologische bestrijding

Naast selectieve biologische bestrijding blijft aselectieve biologische bestrijding van waterplanten een mogelijkheid. De graskarper is in de afgelopen 25 jaar vaak ingezet als aselectieve biologische bestrijder in Nederland. Bekend is dat de graskarper perspectieven biedt om ingezet te worden tegen *Cabomba caroliniana* en *Egeria densa*. Er is geen grondige evaluatie gedaan van de praktijkervaringen met de graskarper. Ook een vergelijking tussen de voor- en nadelen van de bestrijding met de graskarper en andere aselectieve bestrijdingsmethodes zoals mechanische verwijdering of het lichtdicht afdekken van watergangen. Het is daarom lonend om de voor- en nadelen van inzet van de graskarper in Nederland wetenschappelijk te evalueren op basis van ervaringen van de afgelopen 20 jaar. De graskarper is weinig geschikt voor het bestrijden van oeverplanten. Van de invasieve wateronkruiden die een urgent probleem vormen in Nederland, is bekend dat *Myriophyllum aquaticum* en *Crassula helmsii* weinig geliefd zijn als voedsel bij de graskarper, terwijl er geen informatie beschikbaar is over de smakelijkheid van *Hydrocotyle ranunculoides* voor de graskarper.

Kennisvragen en vervolgstappen

Op basis van deze deskstudie komen we tot de volgende vragen van belang voor een vervolgetraject gericht op biologische bestrijding van oever- en wateronkruiden:

1. Is een ontwikkeltraject van selectieve biologisch bestrijding voor één of meerdere van de geprioriteerde onkruiden gerechtvaardigd. Wat zijn dan de kosten en baten?
2. Kunnen gegevens uit het buitenland over biologische bestrijding vertaald worden naar de Nederlandse situatie? Welke kaders en protocollen m.b.t. inschatten van veiligheid voor niet-doelwit planten, effectiviteit en aangepastheid aan Nederlands milieu kunnen hierbij het beste toegepast worden?
3. Verdient aselectieve biologische bestrijding aandacht op basis van nieuwe ervaringen? Wat zijn de ervaringen met het gebruik van graskarpers als aselectieve bestrijder van wateronkruiden in de Nederlandse wateren in de afgelopen decennia? Wat is de effectiviteit van de graskarper als biologische bestrijder? Wat zijn mogelijke negatieve ecologische gevolgen van het uitzetten van graskarpers? Hoe kunnen die negatieve gevolgen vermeden worden?

Daar de ontwikkeling van biologische bestrijding een grote inspanning vergt, is het van belang dat er breed draagvlak voor is bij belanghebbenden (Rijks- en provinciale overheden, waterschappen, kennisinstellingen, natuurorganisaties, etc.). De inhoud van dit rapport dient besproken te worden met deze stakeholders alvorens

specifieke trajecten ontwikkeld worden. Het is bovendien ook een aanbeveling dat zo veel en goed mogelijk aangesloten wordt bij trajecten die al in het buitenland lopen en relevant zijn voor de Nederlandse situatie.

Hoofdstuk 6. Referenties

- ALBRIGHT TP, MOORHOUSE TG & McNABB J (2004) The rise and fall of water hyacinth in Lake Victoria and the Kagera River Basin, 1989-2001. *J. Aquat. Plant Manage.* 42, 73-84.
- BAAS WJ & DUISTERMAAT LH (1998) De opmars van grote waternavel (*Hydrocotyle ranuculooides* L.f.) in Nederland, 1996-1998. *Gorteria* 24, 77-82.
- BAILEY JP (1994) Reproductive biology and fertility of *Fallopia japonica* (Japanese knotweed) and its hybrids in the British isles. In: *Ecology and management of invasive riverside plants* (eds LC de Waal, LE Child, PM Wade & JH Brock), 141-158. John Wiley & Sons, Chichester.
- BARRETO R, CHARUDATTAN R, POMELLA A & HANADA R (2000) Biological control of neotropical weeds with fungi. *Crop Protection* 19, 697-703.
- BEERLING D (1994) Predicting the response of the introduced species *Fallopia japonica* and *Impatiens glandulifera* to global climate change. In: *Ecology and management of invasive riverside plants* (eds LC de Waal, LE Child, PM Wade & JH Brock), 135-139. John Wiley & Sons, Chichester.
- BEERLING DJ & PERRINS JM (1993) *Impatiens glandulifera* Royle (*Impatiens roylei* Walp.). *Journal of Ecology* 81, 367-382.
- BERNHARDT EA & DUNIWAY JM (1984) Root and stem rot of parrotfeather (*Myriophyllum brasiliense*) caused by *Pythium carolinianum*. *Plant Disease* 68, 999-1003.
- BONAR SA, BOLDING B & DIVENS M (2002) Effects of triploid grass carp on aquatic plants, water quality, and public satisfaction in Washington State. *North American Journal of Fisheries Management* 22, 96-105.
- BORGES NETO CR, GORGATI CQ & TITELLI RA (2005) Influence of the photoperiod and temperature on the intensity of disease caused by *Fusarium graminearum* in *Egeria densa* and *E. najas*. *Planta Daninha* 23, 449-456.
- BORGES NETO CR & PITELLI RA (2004) Adjuvants and herbicides and the infectivity of *Fusarium graminearum*, a potential biocontrol agent of *Egeria densa* and *Egeria najas*. *Planta Daninha* 22, 77-83.
- BROUWER E & DEN HARTOG C (1996) *Crassula helmsii* (Kirk) Cockayne, een adventief op droogvallende, zandige oevers. *Gorteria* 22, 149-152.
- BUCKINGHAM GR & BENNETT CA (1998) Host range studies with *Bagous affinis* (Coleoptera: Curculionidae), an Indian weevil that feeds on hydrilla tubers. *Environ. Entomol.* 27, 469-476.
- CAFFREY J & ACEVEDO S (2008) Management of the invasive *Lagarisiphon major* (curly leaved waterweed) in Lough Corrib, Ireland. In: *Proceedings 2008 5th International Weed Science Congress, Vancouver, Canada*, 323-324.
- CAMPBELL JM & CLARK WJ (1983) Observations on host selection by *Lysathia ludoviciana* (Chrysomelidae), a beetle with potential for biological control of certain aquatic weeds. *Texas Journal of Science* 35, 165-167.
- CASSANI JR & CATON WE (1983) Feeding behaviour of yearling and older hybrid grass carp. *Journal of Fish Biology* 22, 35-41.
- CENTER TD (1994) Biological control of weeds: waterhyacinth and waterlettuce. In: *Pest management in the subtropics. Biological control - a Florida perspective* Vol. 1 (eds D Rosen, FD Bennett & JL Capinera), 481-521. Intercept Limited, Hants, UK.
- CHARUDATTAN R (2001) Biological control of water hyacinth by using pathogens: opportunities, challenges, and recent developments. In: *Biological and integrated control of water hyacinth, Eichhornia crassipes* (eds MH Julien, MP Hill, TD Center & D Jianqing), 21-28. ACIAR Proceedings 102, Canberra.
- CHILD LE, DE WAAL LC & WADE PM (1992) Control and management of *Reynoutria* species (knotweed). *Aspects of applied Biology* 29, 295-307.
- CHISHOLM WP (2008) Review of aquatic weed control methods in New Zealand. <http://www.chisholm.co.nz/Documents/087Chisholm.pdf>, Aquatic Weed Control Ltd.
- CILLIERS CJ (1999) *Lysathia* n.sp. (Coleoptera: Chrysomelidae), a host-specific beetle for the control of the aquatic weed *Myriophyllum aquaticum* (Haloragaceae) in South Africa. *Hydrobiologia* 415, 271-276.
- CILLIERS CJ, HILL MP, OGWANG JA & AJUONU O (2003) Aquatic weeds in Africa and their control. In: *Biological control in IPM systems in Africa* (eds P Neuenschwander, C Borgemeister & J Langewald), 161-178. CABI Publishing, Oxon, UK.
- CLEMENTS DR, FEENSTRA KR, JONES K & STANFORTH R (2008) The biology of invasive alien plants in Canada. 9. *Impatiens glandulifera* Royle. *Can. J. Plant Sci.* 88, 403-417.

- CORDO HA & DELOACH CJ (1982a) The flea beetle, *Lysathia flavipes*, that attacks *Ludwigia* (water primrose) and *Myriophyllum* (parrotfeather) in Argentina. *The Coleopterists Bulletin* 36, 298-301.
- CORDO HA & DELOACH CJ (1982b) Notes on the weevils *Tyloderma*, *Auleutes*, and *Onychylis* that feed on *Ludwigia* and other aquatic plants in southern south America. *The Coleopterists Bulletin* 36, 291-297.
- CORDO HA, DELOACH CJ & FERRER R (1981) Biological studies on two weevils, *Ochetina bruchi* and *Onychylis cretatus*, collected from Pistia and other aquatic plants in Argentina. *Annals of the Entomological Society of America* 74, 363-368.
- CORDO HA, DELOACH CJ & FERRER R (1982) The weevils *Lixellus*, *Tanysphiroideus*, and *Cyrtobagous* that feed on *Hydrocotyle* and *Salvinia* in Argentina. *The Coleopterists Bulletin* 36, 279-286.
- DAWSON FH & WARMAN EA (1987) *Crassula helmsii* (T. Kirk) Cockayne: is it an aggressive alien aquatic plant in Britain? *Biological Conservation* 42, 247-272.
- DENYS L & PACKET J (2004) *Crassula helmsii* ook in brak water. *Dumortiera* 82, 27.
- EDWARDS DJ (1975) Takling a bite at the waterweed problem. *New Zealand Journal of Agriculture* 130, 33-36.
- EVANS H & REEDER RH (2001) Fungi associated with *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth) in the upper Amazon Basin and prospects for their use in biological control. In: *Biological and integrated control of water hyacinth, Eichhornia crassipes* (eds MH Julien, MP Hill, TD Center & D Jianqing), 62-70. ACIAR Proceedings 102, Canberra.
- Frantzen J (1994) Studies on the weed pathosystem *Cirsium arvense* - *Puccinia punctiformis*. PhD-theis 1748 Landbouwniversiteit, Wageningen.
- FOWLER MC (1985) The results of introducing grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Val., into small lakes. *Aquaculture and Fisheries Management* 16, 189-201.
- GREEN S (2003) A review of the potential for the use of bioherbicides to control forest weeds in the UK. *Forestry* 76, 285-298.
- GREVSTAD F, REARDON R, BLOSSEY B & SHAW R (2007) Developing a biological control program for invasive knotweeds (*Fallopia* spp.). In: *US Forest Service Pacific Northwest Research Station, General Technical Report* (27-29).
- HABECK DH & WILKERSON R (1980) The life cycle of *Lysathia ludoviciana* (Fall) (Coleoptera: Chrysomelidae) on parrotfeather, *Myriophyllum aquaticum* (Velloso) Verde. *The Coleopterists Bulletin* 34, 167-170.
- HATHAWAY S (2000) Surveys on the spread of Japanese knotweed *Fallopia japonica* in Swansea and strategies for its control. *Aspects of Applied Ecology* 58, 55-62.
- HULME PE & BREMNER ET (2005) Assessing the impact of *Impatiens glandulifera* on riparian habitats: partitioning diversity components following species removal. *Journal of Applied Ecology* 43, 43-50.
- de Jong MD (1988) Risk to fruit trees and native trees due to control of black cherry (*Prunus serotina*) by silverleaf fungus (*Chondrostereum purpureum*). PhD-theis 1203 Landbouwniversiteit, Wageningen.
- JULIEN M, CENTER TD, HILL M & WILSON J (2008) The role of biological control in the large-scale management of water hyacinth. In: *Proceedings 2008 5th International Weed Science Congress, Vancouver, Canada*, 322-323.
- JULIEN MH (2001) Biological and integrated control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. In: *Biological and integrated control of water hyacinth, Eichhornia crassipes* (eds MH Julien, MP Hill, TD Center & D Jianqing), 8-20. ACIAR Proceedings 102, Cranberra.
- KEMPENAAR C (1995) Studies on biological control of *Chenopodium album* by *Ascochyta caulina*. PhD-theis 1960 Landbouwniversiteit, Wageningen.
- KEMPENAAR C & SCHEEPENS PC (1999) Critical success factors of mycoherbicides. Paper on biocontrol for the Brighton Crop Protection Conference to be presented in November 1999.
- KIDD H (2000) Japanese knotweed - the world's largest female. *Pesticide Outlook* June 2000, 99-100.
- KNPV (2004) Proceeedings najaarsbijeekomst KNPV over perspectieven biologische bestrijding. *Gewasbescherming* 35: 1-68.
- KOLLMANN J, BANUELOS MJ & NIELSEN SL (2007) Effect of virus infection on growth of the invasive alien *Impatiens glandulifera*. *Preslia* 79, 33-44.
- KUROSE D, RENALS T, SHAW R et al. (2006) *Fallopia japonica*, an increasingly intractable weed problem in the UK: can fungi help cut through this Gordian knot? *Mycologist* 20, 126-129.
- LUJTEN S & ODÉ B (2007) Status en het voorkomen van een aantal belangrijke invasieve plantensoorten in Nederland, FLORON rapport 47. Stichting FLORON, Leiden.
- MACKEY AP & SWARBRIC JT (1997) The biology of Australian weeds 32. *Cabomba caroliniana* Gray. *Plant Protection Quarterly* 12, 154-165.

- McGREGOR MA, BAYNE DR, STEEGER JG, WEBBER EC & REUTEBUCH E (1996) The potential for biological control of water primrose (*Ludwigia grandiflora*) by water primrose flea beetle (*Lysathia ludoviciana*) in the Southeastern United States. *J. Aquat. Plant Manage.* 34, 74-76.
- NAKAMURA Y, YAMAGUCHI K & MIYAZAKI T (2008) Survey of indigenous fungi isolated in south Kyushu, Japan, for biocontrol agents against Japanese knotweed (*Fallopia japonica*). In: Proceedings 2008 5th International Weed Science Congress, Vancouver, Canada, 68-69.
- NEWMAN JR (2006) Floating pennywort. *CAPM Information Sheet 20. IACR-Centre for Aquatic Plant Management* www.capm.org.uk, pp. 3.
- NEWMAN JR & DAWSON FH (1999) Ecology, distribution and chemical control of *Hydrocotyle ranunculoides* in the U.K. *Hydrobiologia* 415, 295-298.
- NEWMAN RM, GROSS EM, WIMMER W & SPRICK P (2006) Life history and developmental performance of the Eurasian milfoil weevil, *Eubrychius velutus* (Coleoptera: Curculionidae). *The Coleopterists Bulletin* 60, 170-176.
- OBERHOLZER IG, MAFOKOANE DL & HILL MP (2007) The biology and laboratory host range of the weevil, *Listronotus marginicollis* (Hustache) (Coleoptera: Curculionidae), a natural enemy of the invasive aquatic weed, parrot's feather, *Myriophyllum aquaticum* (Velloso) Verde (Haloragaceae). *African Entomology* 15.
- OEPP/EPPPO (2006) Data sheets on quarantine pests, *Hydrocotyle ranunculoides*. *Bulletin OEPP/EPPPO Bulletin* 36, 3-6.
- OEPP/EPPPO (2007) Data sheets on quarantine pests - *Crassula helmsii*. *Bulletin OEPP/EPPPO Bulletin* 37, 225-229.
- PIERCE BA (1983) Grass carp status in the United States: a review. *Environmental Management* 7, 151-160.
- PINE RT & ANDERSON LWJ (1991) Plant preference of triploid grass carp. *Journal of Aquatic Plant Management* 29, 80-82.
- PINE RT, ANDERSON LWJ & HUNG SSO (1990) Control of aquatic plants in static and flowing water by yearling triploid grass carp. *J. Aquat. Plant Manage.* 28, 36-40.
- REJMÁNKOVÁ E (1992) Ecology and creeping macrophytes with special reference to *Ludwigia peploides* (H. B. K.) Raven. *Aquatic Botany* 43, 283-299.
- SCHOOLER S & JULIEN M (2008) Classical biological control of invasive aquatic plants: alligator weed and Cabomba. In: Proceedings 2008 5th International Weed Science Congress, Vancouver, Canada, 66.
- SCHOOLER S, JULIEN M & WALSH GC (2006) Predicting the response of *Cabomba caroliniana* populations to biological control agent damage. *Australian Journal of Entomology* 45, 327-330.
- SHEPPARD AW, SHAW RH & SFORZA R (2006) Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. *Weed Research* 46, 93-117.
- TANNER R, ELLISON C, SHAW R, EVANS H & GANGE A (2008) Loosing patience with *Impatiens*: are natural enemies the solution? *Outlooks on Pest Management* 19, 86-91.
- TOKARSKA-GUZIK B & DAJDOK Z (2007) NOBANIS - Invasive alien species fact sheet. *Mimulus guttatus*. In: *Online database of the north European and Baltic network on invasive alien species* 9. NOBANIS.
- VAN VALKENBURG JLCH & POT R (2008) *Lagarisiphon major* (Ridl.) Moss (Verspreidbladige waterpest) nu ook gevestigd in de groene ruimte in Nederland. *Gorteria* 33, 89-92.
- Wapshere AJ, Delfosse ES & Cullen JM (1989) Recent developments in biological control of weeds. *Crop protection* 8:227-250.
- WANG Y, DING J & ZHANG G (2008) *Gallerucida bifasciata* (Coleoptera: Chrysomelidae), a potential biological control agents for Japanese knotweed (*Fallopia japonica*). *Biocontrol Science and Technology* 18, 59-74.
- WESTON LA, BARNEY JN & DiTOMMASO A (2005) A review of the biology and ecology of three invasive perennials in New York State: Japanese knotweed (*Polygonum cuspidatum*), mugwort (*Artemisia vulgaris*) and pale swallowwort (*Vincetoxicum rossicum*). *Plant Soil* 277, 53-69.
- WILLIAMS AE, HECKY RE & DUTHIE HC (2007) Water hyacinth decline across Lake Victoria - Was it caused by climatic perturbation or biological control? A reply. *Aquatic Botany* 87, 94-96.
- WILSON CE, DARBYSHIRE SJ & JONES R (2007a) The biology of invasive alien plants in Canada. 7. *Cabomba caroliniana* A. Gray. *Can. J. Plant Sci.* 87, 615-638.
- WILSON JRU, AJUONU O, CENTER TD et al. (2007b) The decline of water hyacinth was due to biological control by *Neochetina* spp. *Aquatic Botany* 87, 90-93.

