

Introductie van uitheemse soorten als bestrijders van plagen: ecologische risico-analyse

ANTOON LOOMANS

LOOMANS, A. J. M., 2000. INTRODUCTION OF EXOTIC BIOLOGICAL CONTROL AGENTS: EVALUATING ENVIRONMENTAL RISKS. – *ENT. BER., AMST.* 60 (6): 118-130.

Abstract: A survey is presented of imports of insects, economically harmful and beneficial, into The Netherlands since 1900. Except by own force (fly-ins, immigrants), arthropods usually have been introduced by man, either by accident or intentionally. So far problems have come up from herbivorous insects and mites invading forests, orchards and greenhouses. Biological control, by means of the deliberate introduction of exotic natural enemies, has resulted in a successful and durable control of several pests. Beneficial insects and mites that have been introduced for scientific and commercial use in Europe have caused no noticeable environmental risks so far, but these have not been evaluated properly yet. The potential direct or indirect ecological effects of the introduction of exotic biological control agents and the lines of research and regulations to avoid possible negative effects in the future, are discussed.

Keywords: environmental risks, introductions, beneficials, biological control, exotics.

Laboratorium voor Entomologie, Wageningen Universiteit, Postbus 8031, 6708 KR Wageningen (e-mail: antoon.loomans@users.ento.wau.nl).

Inleiding

Als gevolg van het huidige intensieve internationale handelsverkeer zijn introducties en herintroducties van insectensoorten aan de orde van de dag. Met het vervoer van mensen, goederen, plantaardige en dierlijke producten, komen vaak, al of niet opzettelijk, diverse organismen mee die zich in het nieuwe gebied weten te vestigen en daar voor problemen zorgen. Stond men hierbij oorspronkelijk vaak alleen stil wanneer van directe economische schade sprake was, gedurende de laatste tijd is men ook meer bezorgd over de ecologische gevolgen van deze introducties. Introductie van niet-inheemse soorten wordt, samen met verarming en vernietiging van de habitat, gezien als een belangrijke bedreiging voor de biologische diversiteit (Wilcove et al., 1998; Foin et al., 1998). Het maatschappelijk belang van het behoud van de biologische diversiteit, de zorg om het verdwijnen en zeldzamer worden van inheemse soorten en levensvormen, heeft reeds geleid tot een reeks van initiatieven en onderzoek (Van Nieuwerkerken & Van Loon, 1995). Het opstellen van lijsten met wettelijk beschermde soorten, het samenstel-

len van zogenaamde rode lijsten (Barendregt et al., 1997) en het herintroduceren van in Nederland uitgestorven soorten (dit themanummer), vormen een afspiegeling van deze bezorgdheid.

Biologische bestrijding, het introduceren van natuurlijke vijanden ter beheersing van plaagorganismen, heeft in de afgelopen 100 jaar in belangrijke mate bijgedragen aan een meer rationeel gebruik van bestrijdingsmiddelen en een milieuvriendelijke teelt van voedselgewassen. De laatste jaren is echter in toenemende mate bezorgdheid ontstaan over de mogelijke risico's van introductie van met name uitheemse bestrijders: effecten op niet-doelsoorten, inclusief bedreigde en zeldzame soorten en andere, inheemse natuurlijke vijanden en daarmee een mogelijke verarming van de biodiversiteit (Howarth, 1991; Hokkanen & Lynch, 1995; Simberloff & Stiling, 1996; Haynes & Lockwood, 1997). Zowel binnen de milieubeweging, de natuurbescherming als in landbouwkundige kringen bestaat veel behoefte aan meer inzicht in deze gevolgen. In deze bijdrage wordt verder ingegaan op de import van plaaginsecten en introductie van biologische bestrijders en de eventuele risico's

die daaraan verbonden zijn. Daarna wordt besproken welke aspecten bij toekomstige introducties onderzoeksprioriteit moeten krijgen om eventuele risico's te beperken.

Introducties van plagen

Bij het verplaatsen van geleedpotige organismen (insecten en mijten) speelt de mens een cruciale rol: massale verhuizingen en met name het verslepen van plantmateriaal door de eeuwen heen hebben in belangrijke mate bijgedragen aan introductie en vestiging van deze organismen buiten hun areaal van oorsprong. Globaal kunnen we drie stromen van import, introductie en vestiging van insecten en mijten in verschillende perioden onderscheiden:

1. Periode voor 1492: Sedert de opkomst van de landbouw (graangewassen, veldgewassen), zijn insecten massaal met de mens en gewassen mee naar Europa gekomen (voornamelijk over land).
2. Periode 1492-1973: Met de migratie (vooral per schip) van grote bevolkingsgroepen, zijn ook hun huisdieren en gewassen vanuit Europa naar andere continenten verslept. In Noord-Amerika, Australië, Nieuw-Zeeland, Zuid-Afrika, Zuid-Amerika is het overgrote deel van de ingevoerde plagen van oorsprong Europees. Door veranderingen in productiewijze van kleinschaligheid naar groot opgezette monoculturen en daarmee gepaard gaande toepassing van bestrijdingsmiddelen op grote schaal, is ook het aantal inheemse insectensoorten toegenomen dat tot een plaag kan uitgroeien. In de laatste 100 jaar is de chemische en klassieke biologische bestrijding tot ontwikkeling gekomen.
3. Periode 1973-heden: Vooral gedurende de laatste 25 jaar treedt met de ontwikkeling van moderne transportmiddelen (vliegtuigen) in versneld tempo een homogenisering op van soorten over de gehele wereld. Door een toenemende welvaart en daaraan gekoppelde stroom van mensen en goederen, is het aantal introducties in een stroomversnelling terechtgekomen. Veel

gewassen zijn vanuit andere werelddelen naar Europa getransporteerd en hier in cultuur gebracht. Door de mogelijkheid om de teelt of vermeerdering van planten en gewassen in een klimaatgestuurde omgeving te laten plaatsvinden, krijgen ook plagen afkomstig uit de tropen en subtropen de mogelijkheid zich in gebieden te vestigen waar ze van nature niet zouden kunnen overleven (kassen en hun voorlopers de orangerieën; tropische tuinen en dierentuinen). De biologische en geïntegreerde bestrijding van plaagorganismen in kassen komt tot ontwikkeling en bloei.

Als de wereld een dorp is, dan is Nederland het centrale marktplein: Nederlandse veilingen zijn belangrijke centra van de internationale handel in land- en tuinbouwproducten, waar dagelijks tientallen miljoenen bloemen en planten worden geveild (omzet in 1997 f 6,3 miljard) en die door exporteurs en groothandelaren wereldwijd worden vervoerd. Daarmee gaat een continu transport van insecten gepaard. De laatste 15 jaar is bovendien in de Nederlandse land- en tuinbouw geleidelijk de trend ontstaan dat primaire productie (bulkgoederen) vanwege hoge productiekosten (arbeid, energie) en milieu-eisen elders in de wereld plaats vindt (subtropen en tropen, Middellandse-Zeegebied). In beginsel kunnen ongewenste, uitheemse plaaginsecten langs verschillende kanalen Nederland en Europa binnenkomen, ieder met verschillende kansen en risico's van vestiging:

1. met producten voor de versmarkt: deze eindproducten (zoals snijbloemen, groenten en fruit), bestemd voor directe verkoop, hebben een korte productbehandeling om de termijn tussen oogst en aankoop door de consument zo kort mogelijk te maken;
2. met vermeerderingsmateriaal: plantaardige producten zoals stekmateriaal, moederplanten en potplanten, die elders in de wereld worden opgekweekt en daarna voor een aantal maanden of zelfs jaren in onze kassen verder geteeld of vermeerderd tot het moment van verkoop;
3. met verpakkingsmaterialen;
4. als voorraadinsecten in tropische produc-

- ten (meel, graanproducten, peulvruchten, etc.);
5. uit kweken voor onderwijskundige (dierentuinen, vlindertuinen) en wetenschappelijke doeleinden, uit tuinen of hobbykweken;
 6. op eigen kracht vanuit hun areaal elders in Europa of (tijdelijke) uitbreiding van dit areaal naar ons land.

Import, introductie, vestiging en plaagontwikkeling

Eerst een nadere begripsomschrijving: onder import wordt hier verstaan het (beheerst) binnenbrengen van een organisme in een land, onder introductie dat het geïmporteerde organisme buiten of in de kas wordt aangetroffen maar zich daar (nog) niet voortplant en onder vestiging dat een levensvatbare populatie zich zonder toevoer van buitenaf kan handhaven en ontwikkelen gedurende meerdere generaties en seizoenen. Óf een soort zich daadwerkelijk heeft gevestigd óf dat sprake is van een continue opeenvolging van introducties die de populatie in stand houdt, is soms onduidelijk. Een organisme wordt tot plaag wanneer er sprake is van een negatief economisch of ecologisch effect (zie Williamson, 1996). Een biologische invasie, de uitbreiding, vestiging en ruimtelijke uitbarsting van een uitheemse soort in een voorheen onbezet gebied (habitat of niche), is een bijzondere vorm van plaagontwikkeling (zie Elton, 1958; Williamson,

1996; Ehler, 1998; en vele anderen). Welke soorten als inheems en welke als uitheems moeten worden beschouwd, is enigszins arbitrair, want deel van een continu proces en daardoor in sterke mate bepaald door de periode van vestiging. Het is vooral het resultaat van reeds genoemde menselijke activiteiten en (periodieke) klimatologische veranderingen (Porter et al., 1991; Harrington & Woiwod, 1995; Kozar, 1997; Menzel & Fabian, 1999). Insecten die zich voor 1900 hier hebben gevestigd, worden nu in het algemeen als inheems beschouwd.

Ondanks importinspecties (fig. 1) en fyto-sanitaire bedrijfscontroles door plantenziektenkundige diensten, komen jaarlijks veel potentiële plaagorganismen Europa binnen. Importpartijen waarin quarantaineorganismen zijn aangetroffen worden na onderschepping teruggestuurd, vernietigd of door middel van een zwaar chemisch bestrijdingsprogramma uitgeroeid. Vestiging is echter op termijn niet altijd te voorkomen: globaal kan worden gesteld dat bij deze continue instroom van ongenode gasten, zich per jaar één nieuwe plaagsoort in Nederland weet te vestigen, in Hawaii zijn dit er echter 20! Als een plaag eenmaal is gevestigd, blijkt uitroeien (bijna) onmogelijk en gaat met hoge kosten gepaard. De (tot nu toe geslaagde) uitroeiingscampagnes tegen *Thrips palmi* Karny illustreren deze problematiek. Van de andere kant betekent onschadelijkheid, economisch of ecologisch, van een

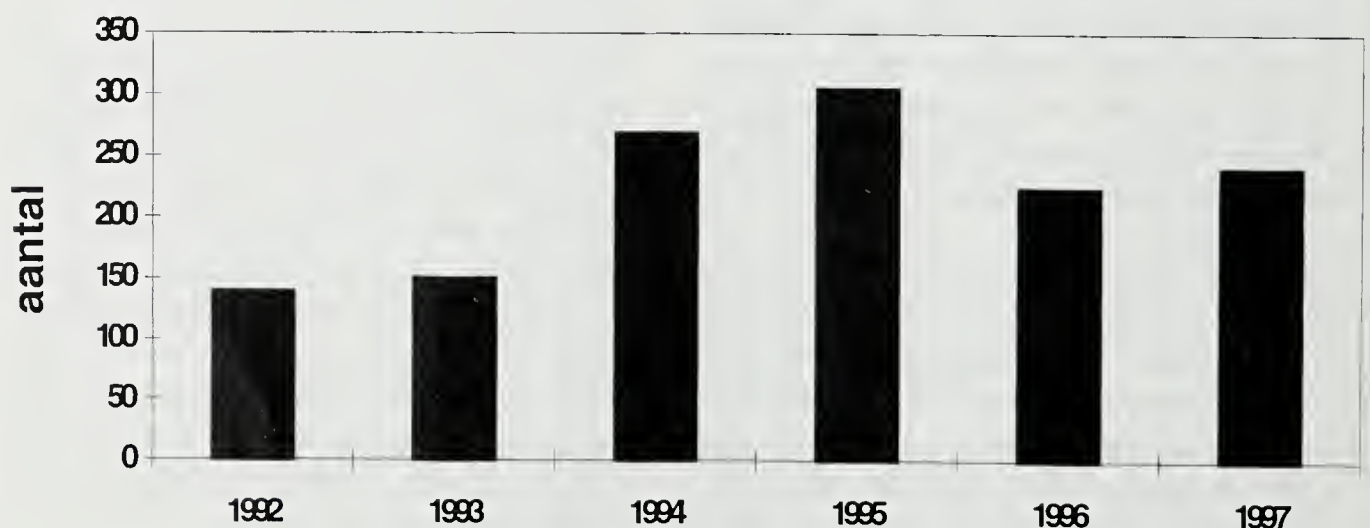


Fig. 1. Overzicht van het aantal onderscheppingen van insecten en mijten bij importinspecties van tuinbouwproducten in Nederland (Plant Protection Service, 1992-1997).

soort in het gebied van oorsprong geen garantie voor veiligheid in een ander gebied en bovendien wordt de import niet belemmerd van niet-quarantainewaardige organismen. Voor deze uitheemse organismen wordt alleen een bestrijdingsadvies gegeven. De economische invloed hiervan wordt weliswaar geringer geacht, maar de ecologische gevolgen daarvan kunnen aanzienlijk zijn. Vermoedelijk is het aantal onderscheppingen slechts het topje van de ijsberg. Een groot aantal binnengekomen soorten blijft onopgemerkt vanwege hun grootte, hebben weinig uitgesproken effecten op land- en tuinbouw of worden uitgeroeid als gevolg van het gebruik van (breedwerkende) pesticiden. Bovendien hebben niet alle vestigingen negatieve effecten. Vestiging van per ongeluk geïntroduceerde, uitheemse predatoren is in Nederland slechts van enkele gevallen bekend: zo vormen tropische mieren in toenemende mate een probleem voor de bestrijding van plaaginsecten in kassen.

Wat is nu de kans dat een uitheemse soort zich vestigt? Veelal wordt hierbij de zogenaamde "ten's rule" (Williamson, 1996) gehanteerd: ruwweg 10% van de soorten die wordt geïntroduceerd weet zich te vestigen en ruwweg 10% daarvan groeit uit tot een plaag (met ieder een marge van 5-20%). Dit is aardig in overeenstemming met een analyse van 1000 case studies (exclusief biologische insectenbestrijding) (Van Lenteren, 1997) waaruit blijkt dat 3-7 % van de onopzettelijke en 1-2 % van de opzettelijke introducties (herbivoren) zich tot plaag ontwikkelt. Dit resulteert soms in grote verschuivingen in de soortensamenstelling in het gewas en 8% van de nieuwkomers veroorzaakt zelfs lokaal uitsterven van andere soorten. Toch is het succes waarmee het aantal geïntroduceerde soorten in Europa zich vestigt klein in vergelijking met andere werelddelen. Het aandeel geïntroduceerde en gevestigde soorten in de totale fauna van de Verenigde Staten is 2,5% (2500 van de 100.000 soorten). Voor bepaalde deelgebieden is dit echter veel hoger: 33,5% in Hawaï en 7,9% in Florida (Frank & McCoy, 1995). In Nederland is het aantal uitheemse organismen dat zich in Nederland heeft gevestigd onge-

veer 0,4-0,5% (85 van ongeveer 20.000 soorten) (Joenje et al., 1987). Meer dan de helft daarvan komt alleen in speciale klimaatsomstandigheden voor zoals kassen, gebouwen en opslagplaatsen. Risico's voor het mediterrane gebied zijn vanwege gunstiger klimatologische omstandigheden groter, meer plagen kunnen zich buiten ontwikkelen en handhaven. In Italië bijvoorbeeld hebben gedurende de laatste 50 jaar 115 nieuwe uitheemse organismen zich als plaag gevestigd (Pellizzari & Dalla Montà, 1997). Er zijn een aantal uitzonderingen op genoemde "ten's rule", en de introductie van biologische bestrijders is daar een van.

Behalve demografische eigenschappen van een soort en haar dispersiviteit, spelen kenmerken van het milieu en (de onvoorspelbaarheid van) hun onderlinge relaties een belangrijke rol bij succesvolle vestiging (Lodge, 1993). De flexibiliteit (opportunisme) van een soort, de mogelijkheid om zich snel in een nieuwe situatie aan te passen, is van belang voor succesvolle vestiging en plaagontwikkeling (Mound & Teulon, 1995). De genetische variatie binnen een populatie waarop selectie plaats vindt, ecologisch (bijv. nieuwe waardplanten) of fysiologisch (bijv. het gebruik van pesticiden), en de mogelijkheid zich daaraan aan te passen, bepaalt in belangrijke mate het succes van een soort in een nieuwe omgeving. Toch verschillen deze factoren in principe vaak niet van niet-invasieve soorten: de capaciteit om zich in een nieuw gebied te vestigen en uit te breiden blijkt niet specifiek een intrinsiek kenmerk te zijn van een invasieve soort (Mound & Teulon, 1995; zie dit themanummer). Invasies zijn meer de geografische expressie van ecologische reacties van een soort op hun nieuwe leefomgeving (Hengeveld, 1992; Williamson, 1996).

Biologische bestrijding: de opzettelijke introductie van insecten

Wanneer pesticiden faalden (trips, vlinders, witte vlieg, etc.) was biologische bestrijding vaak het laatste redmiddel. Gedurende de afgelopen 30 jaar echter is biologische bestrij-

Tabel 1. Overzicht van diverse taxa en typen van macrobiologische bestrijders in Europa; in = inheems, uit = uitheems, in/uit = beiden (inclusief gebruik van verschillende biotypen) (naar Van Lenteren, 1997)

	Families	Genera	Soorten	in	uit	in/uit
Acari	2	6	11	4	4	3
Thysanoptera	2	2	3	3		
Diptera	3	3	5	4	1	
Neuroptera	2	2	3	1	1	1
Coleoptera	1	11	11	3	8	
Heteroptera	3	4	10	8	2	
Hymenoptera	9	31	53	24	28	1
Totaal	22	59	96	47	44	5

ding een volwaardige vorm van bestrijding geworden en heeft zij geleid tot een sterke afname in pesticidengebruik. Met name de bestrijding van plagen van groentegewassen in kassen vindt voor het overgrote deel op biologische wijze plaats. Het biedt een duurzaam, relatief veilig en economisch alternatief voor chemische bestrijding. In principe kunnen drie verschillende vormen van biologische bestrijding worden onderscheiden (Van Lenteren, 1990):

1. De *klassieke inoculatieve vorm*: door introductie van een (uitheemse) natuurlijke vijand uit het oorsprongsgebied van de plaag wordt een bestrijding van een uitheemse (of inheemse) plaag of invasieve soort nagestreefd op de lange termijn. Deze vindt vooral plaats in open gebieden, in de bosbouw en boomgaarden. Loslatingen zijn vaak beperkt in omvang, al verhoogt het aantal loslatingen en organismen de kans op succes (Greathead, 1976; Beirne, 1985). Eenmaal gevestigd wordt het geïntroduceerde organisme zelf onderdeel van het natuurlijke vijandencomplex en houdt de plaag permanent op een laag niveau. Een voorbeeld van deze vorm van biologische bestrijding in Nederland is de bestrijding van de appelbloedluis *Eriosma lanigerum* (Hausman) met de sluipwesp *Aphelinus mali* (Haldemann) beiden afkomstig uit het oosten van de Verenigde Staten (Clausen, 1978). Het succes van bestrijding wisselt in ons land per seizoen en is afhankelijk van de temperatuur in het voorseizoen.

2. De *seizoensgebonden inoculatieve vorm*: een of meer malen per seizoen wordt door introductie van een natuurlijke vijand (inheems

of uitheems) een (inheemse of uitheemse) plaag bestreden gedurende meerdere generaties van de plaag en/of het groeiseizoen van het gewas. Vestiging en bestrijding wordt nagestreefd op korte termijn en moet per groeiseizoen of jaar worden hehaald. Deze methode is gedurende de laatste 30 jaar met succes ontwikkeld en toegepast in de glastuinbouw (veelal monoculturen met een gestuurd klimaat) (fig. 1; tabel 1).

3. De *inundatieve vorm*: bestrijders worden massaal gekweekt en periodiek massaal (als een biopesticide of "vloedgolf") losgelaten meestal ter bestrijding van soorten met een generatie per jaar in eenjarige gewassen. In dit geval wordt onmiddellijke bestrijding nagestreefd, geen vestiging van het los te laten organisme in het gewas. Het meest bekende voorbeeld is het massaal loslaten van eiparasieten (*Trichogramma* spp., 100.000-300.000 per ha.) ter bestrijding van vlinderplagen of toepassing van insectenbestrijdende aaltjes (productie ca. 100 miljard per week; Ravensberg, 1998). In Nederland wordt deze methode in kassen (*Trichogramma*) of vollegrond (aaltjes) toegepast.

Jaarlijks worden in Europa tientallen miljarden inheemse en uitheemse biologische bestrijders gekweekt (Ravensberg, 1998) en volgens beide laatstgenoemde methoden uitgezet ter bestrijding van bijvoorbeeld belangrijke kasplagen als spint, witte vlieg en trips. Zo worden wereldwijd ter bestrijding van witte vlieg jaarlijks massaal uitheemse sluipwespen zoals *Encarsia formosa* Gahan (2,5-3 miljard) en *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich (~1 miljard) (Hymenoptera: Aphelini-

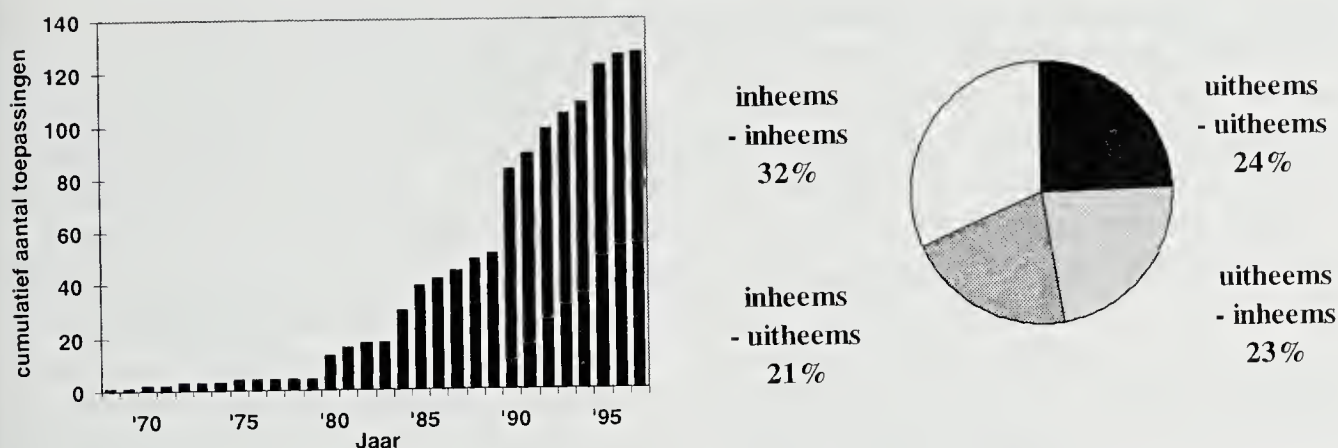


Fig. 2. Overzicht van het cumulatief aantal toepassingen van biologische bestrijders in Europa (links) en de verdeling van combinatiemogelijkheden (naar oorsprong van de bestrijder en plaag) van verschillende toepassingen (rechts), gedurende de laatste 30 jaar (1968-1997: naar Van Lenteren, 1997).

dae) en de predator *Macrolophus caliginosus* Wagner (Heteroptera: Miridae) (~1 miljard) uitgezet (informatie Koppert, 1998). Tachtig procent hiervan wordt losgelaten op een oppervlak van ongeveer 8000 ha kassen in Europa (Van Lenteren, 1995). Kijken we naar de dagelijkse praktijk van biologische bestrijding in Europa en het gebruik van inheemse en uitheemse organismen, dan is de verhouding inheems-uitheems ongeveer fifty-fifty (fig. 2). De meeste commercieel beschikbare organismen zijn niet inheems voor Nederland (tabel 2). Uitheemse organismen zijn veelal afkomstig uit de tropen en subtropen of uit het West-Palaearctisch gebied (veelal het Middellandse-Zeegebied).

Ofschoon de risico's van geïntroduceerde, uitheemse natuurlijke vijanden binnen landen en tuinbouwsystemen nihil zijn, is het tot op heden niet duidelijk óf en wát voor effecten zij daarbuiten veroorzaken (Hokkanen & Lynch, 1995). In het verleden werd tot het gebruik van uitheemse organismen bij biologische bestrijding overgegaan wanneer inheemse bestrijders (en pesticiden) de plaag niet onder controle konden houden. De slaagkans van het inzetten van natuurlijke vijanden ter bestrijding van insecten als doelorganisme volgens de klassieke methode is veel lager (30-40%) dan bij onkruiden (65%) (Van Lenteren, 1992; Williamson, 1996). Dit verschil is voor een belangrijk deel terug te voeren op de nauwgezetheid waarmee studies tijdens de voorselectie worden verricht, al kan het percentage suc-

cesvolle introducties van insectenbestrijders toenemen tot 60-80% als organismen in grotere aantallen of vaker worden geïntroduceerd (Beirne, 1985). Een natuurlijke vijand van een plaag werd met name getest op diens efficiëntie om het plaagorganisme te bestrijden, slechts in zeer beperkte mate op eventuele effecten op niet-doelsoorten. Concurrentie met inheemse bestrijders was daarbij geen maatstaf voor selectie, tenzij de effecten negatief waren voor andere bestrijders (zoals hyperparasitisme). Uitbreiding van het gastheerspectrum naar andere, nauw verwante organismen werd niet meegenomen of zelfs als positief gezien (Starý et al., 1988) omdat een bestrijder zich bij lage prooidichtheden kan handhaven op alternatieve gastheren. Bij biologische bestrijding van onkruiden wordt gastheerspecificiteit daarentegen als een zwaarwegend criterium gezien: een ingevoerde, uitheemse herbivoor mag onder geen beding een bedreiging vormen voor onze landbouwgewassen. Naar effecten op natuurlijke ecosystemen werd echter ook hier niet of nauwelijks gekeken.

Ecologische effecten van biologische bestrijders

Bestrijders blijven niet alleen op de plaats waar ze worden losgelaten: uitgezette organismen verlaten de plek van loslaten en andere organismen komen naar binnen. Veiligheid na introductie van niet-inheemse biologische be-

strijders, ofschoon hoog ten opzichte van pesticiden, kan nooit a priori 100% worden gegarandeerd. Bij biologische bestrijding heeft elke vermelde combinatie van plaag en natuurlijke vijand, uitheems en inheems (fig. 2) en elke toepassingsvorm potentiële neven-effecten (Williamson, 1996; Van Lenteren, 1997):

1. *Directe ('verticale') effecten*: de vijand kan zich richten op een nuttig organisme of op een zeldzame, beschermde soort waardoor de niet-doelsoort in dichtheid afneemt of verdrongen wordt. Zo zouden weinig gespecialiseerde sluipwespen (*Trichogramma* spp.) die in het open veld in grote aantallen worden uitgezet tegen een breed scala van plaagrupsen, van nature voorkomende vlindersoorten kunnen parasiteren. Hetzelfde geldt voor weinig gespecialiseerde roofwantssoorten of lieveheersbeestjes, die worden uitgezet voor de beheersing van respectievelijk trips- en bladluisplagen in kassen, maar die mogelijk kunnen gaan concurreren met inheemse, verwante soorten. Of voor bepaalde parasieten van witte vlieg, die alleen mannelijke nakomelingen produceren op reeds door een soortgenoot of een niet verwante soort geparasiteerde gastheren (inheems of uitheems): obligate respectievelijk facultatieve hyperparasieten. Laatstgenoemde parasieten zouden niet alleen een bedreiging kunnen zijn voor de huidige succesvolle biologische bestrijding met *Encarsia formosa*, maar ook inheemse soorten kunnen verdringen. Ook kan de natuurlijke vijand zelf een plaag worden: zo vormen per ongeluk geïntroduceerde, tropische en ook inheemse mierensoorten in toenemende mate een probleem (plaag) bij de biologische bestrijding van plagen in kassen.

2. *Indirecte ('horizontale') effecten*: een afname van niet-doelsoorten, c.q. inheemse natuurlijke vijanden als gevolg van een plaag of loslaten van de bestrijder. Bijvoorbeeld als gevolg van parasitering, predatie, ziekte of voedselgebrek of als gevolg van competitie met inheemse natuurlijke vijanden of veranderingen in de leefomgeving. Zo zou een introductie van sluipwespen niet alleen plaagrupsen kunnen decimeren, maar ook kunnen resulteren in

een afname van inheemse sluipwesp- en zelfs vogelpopulaties.

De mate waarin ecologische effecten kunnen optreden, zal behalve van het aantal en de origine van de geïntroduceerde organismen, voor iedere combinatie ook afhankelijk zijn van het klimaat en de habitat waar deze in terecht komen. Tevens spelen biologische karakteristieken een rol, met name de dieetkeuze (monofaag, oligofaag, polyfaag) van zowel de plaag als bestrijder (zie Samways, 1988). In de klassieke biologische bestrijding is het zelfs noodzakelijk dat zij zich vestigen en verspreiden in het gebied waar ook de plaag voorkomt: factoren als aanpassing aan het klimaat en de soort, synchronisatie naar seizoen en de gastheer zijn daarbij belangrijk (Van Lenteren, 1992). Met name deze vorm van biologische bestrijding heeft dan ook veel aandacht gekregen wat betreft mogelijk ongewenste neveneffecten op niet-doelsoorten (Howarth, 1991; Haynes & Lockwood, 1997). Bij toepassing van biologische producten voor inundatieve of seizoensgebonden vorm van biologische bestrijding is verspreiding en vestiging alleen op het loslaatpunt belangrijk en zijn ook technische selectiecriteria, zoals de mogelijkheid tot massakweek, van belang (Van Lenteren, 1992). Veelal worden natuurlijke vijanden ingezet, afkomstig uit een warmer klimaat, die geen diapauze vertonen en die specifiek zijn voor een bepaalde gastheer of nauw verwante groep van gastheren. Vaak echter worden ook oligofage of polyfage predatoren losgelaten, zoals roofmijten (*Amblyseius* spp.) tegen kasspint en/of trips, gaasvlieglarven (*Chrysoperla carnea* (Stephens)), galmuglarven (*Aphidoletes aphidimyza* (Ron-dani)) en lieveheersbeestjes (*Harmonia axyridis* Pallas) tegen diverse bladluizen, parasieten (*Trichogramma* spp.) tegen vlindereieren (Noctuidae), etcetera (Van Lenteren, 1997). Óf massale loslatingen echter ook een - tijdelijke - bedreiging kunnen vormen voor de inheemse fauna hangt mede af tot hoever en in welke mate een soort zich tot buiten het toepassingsgebied kan verspreiden, een geschikte habitat kan vinden en zich daar (tijdelijk) kan vestigen op inheemse, niet-doelsoortorganis-

Tabel 2. Voorbeelden van de belangrijkste combinatievormen van inheemse (I: Europa; i: Nederland) en uitheemse (e) biologische bestrijders (inclusief hun diverse biotypen) en plaagorganismen, in Nederlandse kassen (Van Lenteren, 1997; <http://www.koppert.nl>), situatie september 1998.

Biologische bestrijder	herkomst	plaagorganisme	herkomst
Parasitoiden			
Aphelinidae			
<i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman	i	aardappeltopluis, boterbloemluis	i
<i>Encarsia formosa</i> Gahan	e	kaswittevlieg, tabakswittevlieg	e
<i>Eretmocerus eremicus</i> Rose & Zolnerowich	e	kaswittevlieg, tabakswittevlieg	e
Braconidae			
<i>Aphidius colemani</i> Viereck	e	perzikbladluis, katoenluis	i
<i>Aphidius ervi</i> Haliday	i	aardappeltopluis, boterbloemluis	i
<i>Dacnusa sibirica</i> Telenga	i	mineervliegen	i-e
<i>Opius pallipes</i> Wesmael	i	mineervliegen	i-e
Eulophidae			
<i>Diglyphus isaea</i> Walker	i	mineervliegen	i-e
Trichogrammatidae			
<i>Trichogramma brassicae</i> Bezdenko	I	vlindereieren (Noctuidae): kooluil; groente-uil; gamma-uil turkse mot	i e
Encyrtidae			
<i>Leptomastix dactylopii</i> Howard	e	citruswolluis	e
<i>Anagyrus pseudococci</i> (Girault)	I	citruswolluis	e
Predatoren			
Diptera			
<i>Aphidoletes aphidimyza</i> (Rondani)	i	bladluizen	i
<i>Feltiella acarisuga</i> (Vallot)	e	spintmijten	i-e
Neuroptera			
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)	I-e	bladluizen wittevlieg, trips, vlindereieren	i i-e
Coleoptera			
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i> Mulsant	e	wolluizen	e
<i>Harmonia axyridis</i> Pallas	e	bladluizen	i-e
<i>Hippodamia convergens</i> Guerin-Meneville	e	bladluizen	i-e
Heteroptera			
<i>Orius laevigatus</i> (Fieber)	I	tabakstrips - Californische trips	i-e
<i>Orius insidiosus</i> (Say)	e	tabakstrips - Californische trips	i-e
<i>Orius majusculus</i> (Reuter)	i	tabakstrips - Californische trips	i-e
<i>Macrolophus caliginosus</i> Wagner	I	kaswittevlieg, tabakswittevlieg bladluizen, spintmijten, vlindereieren, tripsen, mineervliegjarven	e i-e
<i>Podisus maculiventris</i> (Say)	e	rupsen en keverlarven	i
Acarina - Phytoseiidae			
<i>Phytoseiulus persimilis</i> Athias-Henriot	e	kasspintmijt	i
<i>Amblyseius californicus</i> (McGregor)	I-e	tabakstrips - Californische trips	i-e
<i>Amblyseius cucumeris</i> (Oudemans)	i-e	tabakstrips - Californische trips	i-e
<i>Amblyseius cucumeris</i> (non-diapause)	e	tabakstrips - Californische trips	i-e
<i>Amblyseius degenerans</i> Berlese	I-e	tabakstrips - Californische trips	i-e
Acarina - Laelapidae			
<i>Hypoaspis aculeifer</i> (Canestrini) /	I	varenrouwmuggen,	i
<i>Hypoaspis miles</i> (Berlese)	I	springstaarten, tripspoppen, aaltjes; bollenmijten (lelie)	i-e e

men en in hoeverre natuurlijke evenwichten eenzijdig worden veranderd. Ofschoon indirecte aanwijzingen er op duiden dat dit niet in sterke mate optreedt, is de reikwijdte van massale loslatingen nog veelal onbekend.

De grootschalige import van lieveheersbeestjes uit de Verenigde Staten, *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville, met miljoenen weggevangen uit hun overwinteringsplaatsen, is een bijzonder geval. Bedoeld als goedkoop "biologisch correctiemiddel" tegen bladluisplassen in kassen, worden zij soms ook, zonder succes, door diverse Nederlandse gemeenten (bijvoorbeeld Tilburg, Eindhoven, Den Bosch, Breda, Maastricht, Buren, Amsterdam) ingezet ter bestrijding van bladluizen op laanbomen (informatie Henk Stigter, Plantenziektenkundige Dienst - Wageningen). Vaak alleen om publicitaire redenen maken dergelijke campagnes misbruik van het positieve imago van "het lieveheersbeestje" voor het grote publiek. Behalve ethische bezwaren tegen deze vorm van verzamelen (roofbouw) én uitzetten, is het ook een van de weinige voorbeelden van het inzetten van biologische bestrijders waarbij deze biologische bestrijder zonder enige toets op effectiviteit en specificiteit, op parasieten, ziekten of andere "verontreinigingen", direct in een nieuwe omgeving worden losgelaten.

Tot nu toe zijn ruim honderd soorten natuurlijke vijanden in Europa uitgezet (tabel 1), in Nederland ongeveer de helft (tabel 2), ogenschijnlijk zonder ernstige gevolgen voor natuur en milieu. Nadelige effecten zijn elders in de wereld wel bekend na het uitzetten van slangen, padden en roofslakken, die hun vraatactiviteiten niet beperkten tot het beoogde plaagorganisme. Risico's voor inheemse soorten buiten de kas zijn in de Nederlandse situatie vanwege de grote temperatuurverschillen en het geringe aanbod van geschikte gastheren, waarschijnlijk beperkt: de mogelijkheden om in ons klimaat te overleven en te overwinteren zijn voor deze soorten zeer gering. Risico's met betrekking tot de introductie van natuurlijke vijanden in het klimatologisch gunstiger Middellandse-Zeegebied zijn mogelijk groter: plaag en bestrijder kunnen zich in

open terrein verspreiden en vestigen. Sommige natuurlijke vijanden, in het verleden volgens de klassieke methode uitgezet tegen een bepaalde plaag, weten zich op inheemse soorten te handhaven en zijn zelfs de dominante soort geworden. Een voorbeeld is de sluipwesp *Lysiphlebus testaceipes* Cresson, die ook diverse Europese bladluisoorten parasiteert (Starý et al., 1988). Een ander, *Encarsia pergandiella* Howard, die niet alleen kaswittevlies, maar ook andere witte-vliegsoorten buiten de kas parasiteert en inheemse sluipwespsoorten heeft verdrongen (Viggiani, 1994). Voorbeelden elders in de wereld wijzen erop dat name uitheemse, polyfage predatoren (bijv. lieveheersbeestjes zoals *Harmonia axyridis*) afkomstig uit een vergelijkbaar klimaat als waar zij worden uitgezet, zich sterk kunnen uitbreiden en de dominante soort kunnen worden (Hoebeker & Wheeler, 1996; McCorquodale, 1998). Deze zouden bij voorkeur hier niet moeten worden ingevoerd of kritisch worden bekeken wanneer zij in inundatieve programma's worden gebruikt.

Risico-analyse van biologische bestrijders

Aan de toename in belangstelling en toepassingen van biologische bestrijding als volwaardige, goedkope vorm van beheersing van plagen in land- en tuinbouw en van invasieve soorten in natuurlijke gebieden, kleven mogelijke risico's en daarmee de kans dat er fouten gemaakt zullen worden:

1. Steeds meer soorten en grotere aantallen natuurlijke vijanden worden ingevoerd voor klassieke biologische bestrijding, ook door personen, instanties of landen met een geringe ervaring.
2. Europa (en Nederland in het bijzonder) is een belangrijk exporteur geworden van natuurlijke vijanden in de vorm van biologische producten, met name voor toepassingen in kassen wereldwijd. Jaarlijks worden vele miljarden insecten en mijten in Nederland gekweekt en in Europa of daarbuiten verkocht en losgelaten. Als gevolg van de toename van de handel in commercieel beschikbare natuurlijke vijanden ver-

anderen de aard en controle van toepassingen. In de slipstream van het succes worden allerlei producten en vormen van natuurlijke en biologische middelen bereikbaar (via postorder, Internet of tuincentrum) voor de ongeoefende gebruiker of voor lokale experimenten op kleine schaal (individu, gemeente). Het uitzetten van biologische bestrijders uit opportunistische motieven (commercieel of publicitair), is helaas geen uitzondering.

Maatregelen

Landelijke overheden hebben de moeilijke taak om een juist beleid uit te stippelen en regelgeving te ontwikkelen: enerzijds is er een sterk toegenomen vraag naar ecologisch veilige vormen van plaagbeheersing, anderzijds is er een toegenomen bezorgdheid om natuur en milieu, het in stand houden van de eigen biodiversiteit en beschermen van bedreigde inheemse soorten. Internationaal zijn er diverse afspraken en regels om de import en vestiging van schadelijke insecten te beperken aan de hand van quarantainelijsten (Smith et al., 1997). Inspecties kunnen deze introducties echter slechts ten dele verhinderen en wereldwijd neemt het aantal dan ook sterk toe. De regelgeving voor de invoer en uitvoer van natuurlijke vijanden loopt nu per land uiteen van geen tot een zeer strikte. De Wereldvoedselorganisatie (FAO) heeft enkele jaren geleden een gedragscode opgesteld voor een internationale harmonisatie en regulering van de invoer en het loslaten van biologische bestrijders (FAO, 1996). Steeds meer landen, met name in de tropen, stellen echter ook paal en perk aan de uitvoer van inheemse soorten, inclusief mogelijke biologische bestrijders.

Het ontwerpen van regelgeving is een onderdeel van het volwassen worden van de biologische bestrijding, maar dit moet echter niet verzanden in bureaucratische regels en normen. Bovendien werkt een strikte regelgeving voor biologische producten waarschijnlijk contraproductief voor de toepassing en ontwikkeling van nieuwe vormen van biologische plaagbestrijding: onderzoek naar nieuwe natuurlijke vijanden is kostbaar en tijdrovend,

zeker voor een relatief kleine sector van veelal kleine producenten. Voorstellen tot werkbare vormen van regelgeving zijn in discussie, binnen de Europese Unie en de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OECD). De Europese Organisatie van Plantenziektenkundige Diensten (EPPO) gebruikt de FAO-gedragscode nu als basis voor het opstellen van verdere richtlijnen. Deze hebben betrekking op import van uitheemse biologische bestrijders voor onderzoekdoel-einden, en op de invoer en toepassing volgens de klassieke vorm van biologische bestrijding en van biologische producten (EPPO/CABI, 1997). Daarnaast is een concept "positieve lijst" opgesteld (Van Lenteren, 1997): een lijst van ongeveer 50 biologische bestrijders, die, op grond van ervaringen in de praktijk en naar het oordeel van specialisten (biologen, ecologen), over een reeks van jaren in verschillende landen met succes en zonder nadelige effecten zijn toegepast en die als ecologisch veilig worden beschouwd. Een ander belangrijk aspect ter vermindering van neveneffecten door biologische bestrijders is een kwaliteitsbewaking van de biologische producten: individuen van de juiste soort, van goede kwaliteit en zonder verontreinigingen kunnen eventuele ongewenste ecologische effecten beperken.

Ecologisch onderzoek

Om een goede inschatting te kunnen maken van de directe en indirecte ecologische effecten van nieuw te introduceren bestrijders is een meer ecologisch gerichte aanpak in het onderzoek nodig. In 1998 is een Europees project (ERBIC) gestart waarin, door middel van een aantal case studies, deze effecten voor een aantal veelgebruikte biologische bestrijders (sluipwespen: *Encarsia*, *Trichogramma*; predatoren: *Orius*, lieveheersbeestjes; pathogenen) onder de loep worden genomen. Behalve laboratoriumproeven, waarin vooral gekeken wordt naar de gastheerspecificiteit en concurrentiegedrag, worden ook veldexperimenten opgezet. Daarin wordt gekeken naar de mate van verspreiding en overleving van bestrijders buiten het gebied van loslaten, naar interacties

tussen uitheemse en inheemse soorten en naar veranderingen in populatieontwikkeling. Om dit te kunnen volgen wordt naast de klassieke methoden van identificatie, gebruik gemaakt van moleculair-biologische en -genetische technieken. Op basis hiervan wordt door de projectgroep een soort ecologische effect-rapportage opgesteld, waarbij vooral de volgende punten aandacht krijgen (zie ook <http://honeybee.helsinki.fi/mmsel/erbic.htm>; Van Lente-
ren, 1997):

1. informatie over de plaag en waardplanten: taxonomische positie van de plaag, de bestrijder en van verwante inheemse taxa; geografische en klimaatgebonden verspreiding van plagen en niet-doelsoorten;
2. evaluatie van het gastheerspectrum: specificiteit (monofaag tot polyfaag);
3. evaluatie van natuurlijke vijanden (of hun biotypen) op eventuele negatieve effecten op andere bestrijders of niet-doelsoorten: competitie, hyperparasitering;
4. mogelijkheden tot verspreiding en overleving in relatie tot het klimaat en de structuur van het landschap: fragmentatie en bereikbaarheid van eventueel geschikte habitats en daarin aanwezige gastheer- of prooiorganismen in een geschikte fase of periode, zowel kwantitatief (mogelijkheden tot verspreiding, afstand tot de bron) als kwalitatief (invloed van het moment en de duur van loslaten, habitat selectie);
5. mogelijkheden tot fenotypische plasticiteit en genetische verandering: aanpassing aan het agro-ecosysteem (kas / veld) en klimaat waarin zij worden uitgezet;
6. eventuele effecten op de gezondheid van mens en dier;
7. voor- en nadelen van alternatieven: niets doen, mechanisch, chemisch, geïntegreerd of biologisch.

Conclusies

De sterke toename van niet-inheemse plagen in land- en tuinbouwsystemen en van invasieve soorten in natuurlijke gebieden, zetten zowel de succesvolle biologische en geïntegreerde plaagbestrijding als het behoud van de

eigen biologische diversiteit permanent onder druk. Het verbeteren en intensiveren van quarantaine- en inspectie-maatregelen is wenselijk, maar is door de hoge werkdruk en kosten, niet realiseerbaar. Eenmaal gevestigd zijn plagen moeilijk chemisch uit te roeien: dit is erg duur en legt een zware druk op het milieu. Biologische bestrijding is vaak een goede oplossing voor een steeds groter wordend probleem, en beslist géén paard van Troje. Uitheemse (en inheemse) plagen zullen bij voorkeur moeten worden bestreden met inheemse (c.q. Europese) natuurlijke vijanden of met eigen, specifieke uitheemse natuurlijke vijanden, waarbij het risico voor mens en omgeving gering is. Met name uitheemse, polyfaag predatoren (bijv. lieveheersbeestjes zoals *Harmonia axyridis*) afkomstig uit een vergelijkbaar klimaat als waar zij worden uitgezet, moeten bij voorkeur niet worden ingevoerd of kritisch worden bekeken wanneer zij in inundatieve programma's zullen worden gebruikt. Echter, in plaats van het opstellen van strenge regels voor invoer, moet worden gestreefd naar werkbare vormen van regelgeving voor introductie, zonder xenofobie te worden. Uiteindelijk zullen de voor- en nadelen en de alternatieven van de diverse vormen van bestrijding moeten worden afgewogen en zal op economische én ecologische grondslag de balans moeten worden opgemaakt.

Nawoord

Onderzoek door de auteur naar de ecologische effecten van geïntroduceerde biologische bestrijders is mogelijk dank zij financiële ondersteuning door de Europese Unie, project FAIR5-CT97-3489, Evaluating Environmental Risks of Biological Control Introductions into Europe (ERBIC).

Literatuur

- BARENDREGT, A., TH. HEIJERMAN, R. KLEUKERS, P. OOSTERBROEK, M. OTTENHEIM, W. VAN STEENIS, W. VAN WINGERDEN & T. ZEEGERS (EDS), 1998. Themanummer Rode Lijsten. – *Entomologische Berichten, Amsterdam* 58: 85-132.
- BEIRNE, B. P., 1985. Avoidable obstacles to colonization in classical biological control of insects. – *Canadian Journal of Zoology* 63: 743-747.

- CLAUSEN, C. P., 1978. *Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review*: 1-545. ARS-USDA, Agricultural Handbook 480
- EHLER, L. E., 1998. Invasion biology and biological control. – *Biological Control* 13: 127-133.
- ELTON, C. S., 1958. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*: 1-180. Methuen & Co, London.
- E.P.P.O./C.A.B.I., 1997. EPPO/CABI workshop on safety and efficacy of biological control in Europe, Streatly-on-Thames, GB, 26-28 March 1996. – *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 27: 1-204.
- F.A.O., 1996. *International Standards for Phytosanitary Measures, Part 1 - Import regulations. Code of Conduct for the Import and Release of Exotic Biological Control Agents*: 1-21. Secretariat of the International Plant Protection Convention, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Publication 3.
- FOIN, T. C., S. P. D. RILEY, A. L. PAWLEY, D. R. AYRES, T. M. CARLSEN, P. J. HODUM, & P. V. SWITZER, 1998. Improving recovery planning for threatened and endangered species. Comparative analysis of recovery plans can contribute to more effective recovery planning. – *BioScience* 48: 177-184.
- FRANK, J. H. & E. D. MCCOY, 1995. Invasive adventive insects and other organisms in Florida. – *Florida Entomologist* 78: 1-15.
- GREATHEAD, D. J., 1976. A review of biological control in western and southern Europe. – *Technical Communication* 7: 1-182, CIBC-CAB, Farnham Royal, Slough.
- HARRINGTON, R. & I. P. WOIWOD, 1995. Insect crop pests and the changing climate. – *Weather* 50: 200-208.
- HAYNES, R. P. & J. A. LOCKWOOD (EDS), 1997. Special Issue: Ethical issues in biological control. – *Agriculture and Human Values* 14: 203-310.
- HENGEVELD, R., 1992. Cause and effect in natural invasions. In: *Ecological effects of genetically modified organisms* (J. Weverling & P. Schenkelaars eds): 29-43. Proceedings of a national symposium organised by the Netherlands' Ecological Society in cooperation with the provisional committee on genetic modification, Amsterdam, 19 september 1991, Netherlands Ecological Society.
- HOEBEKE, E. R. & A. G. WHEELER, JR., 1996. Adventive lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in the Canadian maritime provinces, with new eastern U.S. records of *Harmonia quadripunctata*. – *Entomological News* 107: 281-290.
- HOWARTH, F. G., 1991. Environmental impacts of classical biological control. – *Annual Review of Entomology* 36: 485-509.
- HOKKANEN, H. M. T. & J. M. LYNCH, 1995. *Biological control: benefits and risks*: 1-304. Plant and Microbial Biotechnology Research Series 4, OECD/OCDE, Paris and Cambridge University Press, Cambridge.
- JOENJE, W., K. BAKKER., & L. VLIJM, (EDS), 1987. The ecology of biological invasions. – *Proceedings of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Series C: biological and medical sciences* 90: 1-80.
- KOZAR, F., 1997. Insects in a changing world - introductory lecture. – *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 32: 129-139.
- LENTEREN, J. C. VAN, J. WOETS, P. GRIJPM, S. A. ULENBERG & O. P. J. M. MINKENBERG, 1987. Invasions of pest and beneficial insects in the Netherlands. In: *The ecology of biological invasions* (W. Joenje, K. Bakker and L. Vlijm eds): 51-58. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- LENTEREN, J. C. VAN, 1990. A century of biological control in West Europe. – *Proceedings Experimental and Applied Entomology, Netherlands Entomological Society, Amsterdam* 1: 3-12.
- LENTEREN, J. C. VAN, 1992. Insect invasions: origins and effects. In: *Ecological effects of genetically modified organisms* (J. Weverling & P. Schenkelaars eds): 59-80. Proceedings of a national symposium organised by the Netherlands' Ecological Society in cooperation with the provisional committee on genetic modification, Amsterdam, 19 september 1991, Netherlands Ecological Society.
- LENTEREN, J. C. VAN, 1995. Integrated pest management in protected crops. In: *Integrated pest management* (D. Dent, ed.): 311-343. Chapman & Hall, London.
- LENTEREN, J. C. VAN, 1997. Benefits and risks of introducing exotic macro-biological control agents into Europe. – *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 27: 15-28.
- LODGE, D. M., 1993. Biological invasions: lessons for ecology. *TREE* 8(4): 133-137.
- MCCORQUODALE, D. B., 1998. Adventive lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in eastern Nova Scotia, Canada. – *Entomological News* 109: 15-20.
- MENZEL, A. & P. FABIAN, 1999. Growing season extended in Europe. – *Nature* 397: 659.
- MOUND, L. A. & D. TEULON, 1995. Thysanoptera as phytophagous opportunists. In: *Thrips Biology and Management* (B. L. Parker, M. Skinner & T. Lewis eds): 3-20. Plenum Press, New York.
- NIEUKERKEN, E. J. VAN & A. J. VAN LOON (EDS), 1995. *Biodiversiteit in Nederland*: 1-208. Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden.
- PELLIZZARI, G. & L. DALLA MONTÀ, 1997. 1945-1995: fifty years of incidental insect pest introduction to Italy. – *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 32: 171-183.
- PLANT PROTECTION SERVICE, 1992-97. *Annual Reports, Diagnostic Centre 1992-1997*. Plant Protection Service, Wageningen.
- PORTER, J. H., M. L. PARRY & T. R. CARTER, 1991. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. – *Agriculture and Forest Meteorology* 57: 221-240.
- RAVENSBURG, W., 1998. De productie van natuurlijke vijanden: een continue uitdaging. In: *Biologische bestrijding en bestuiving in de glastuinbouw: een blik vooruit in de geschiedenis* (A. Vijverberg ed.): 39-46. Eburon, Delft.
- SAMWAYS, M. J., 1988. Classical biological control and insect conservation. – *Environmental Conservation* 15: 348, 351-354.

- SIMBERLOFF, D. & P. STILING, 1998. How risky is biological control? – *Ecology* 79: 1834-1836.
- SMITH, I. M., D. G. MCNAMARA, P. R. SCOTT, M. HOLDERNESS, & B. BURGER, 1997. *Quarantine Pests for Europe. 2nd Edition. Data sheets on quarantine pests for the European Union and for the European and Mediterranean Plant Protection Organization*: 1-1425. CAB International/EPPO, Wallingford.
- STARÝ, P., J. P. LYON & F. LECLANT, 1988. Post-colonisation host range of *Lysiphlebus testaceipes* in the Mediterranean area (Hymenoptera, Aphidiidae). – *Acta Entomologica Bohemoslava* 85: 1-11.
- VIGGIANI, G., 1994. Recent cases of interspecific competition between parasitoids of the family Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). – *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, Supplement 16: 353-359.
- WILCOVE, D. S., D. ROTHSTEIN, J. DUBOW., A. PHILLIPS, & E. LOSOS, 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. Assessing the relative importance of habitat destruction, alien species, pollution, overexploitation, and disease. – *BioScience* 48: 607-615.
- WILLIAMSON, M., 1996. *Biological Invasions*: 1-244. Chapman & Hall, London, UK.
- Geaccepteerd 5.v.1999.