

Das Gemeine Kreuzkraut (*Senecio vulgaris* L.): Problemunkraut und Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung

H. MÜLLER-SCHÄRER, G. S. WYSS

Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, CH-8820 Wädenswil

ZUSAMMENFASSUNG

Das Gemeine Kreuzkraut, *Senecio vulgaris* L., ist eine der 4 Unkrautarten, welche für detaillierte Untersuchungen im Rahmen der neuen COST Aktion "Biologische Bekämpfung von Unkräutern in Intensivkulturen" ausgewählt worden ist. Diese Wahl beruht auf Kriterien der ökonomischen Bedeutung, sowie der Eignung als Modellpflanze zum Studium der Grundprinzipien von biologischen Regulierungsmechanismen. Das Kreuzkraut hat sich vor allem in gärtnerischen Kulturen zu einem wichtigen Problemunkraut entwickelt, einerseits infolge seiner vorteilhaften biologischen Eigenschaften wie kurzer Vegetationszeit, hohem Samenpotential, guter Windverbreitung und rascher Keimung über das ganze Jahr, und andererseits der schnellen Resistenzbildung gegenüber s-Triazin Herbiziden und der teilweisen Unempfindlichkeit gegenüber Phenylharnstoff Herbiziden wegen.

Die biologische Bekämpfungsstrategie beruht auf dem Einsatz der in Zentral-Europa natürlich vorkommenden autözischen, mikrozyklischen Rostpilzart *Puccinia lagenophorae* Cooke. Zur Steigerung der Effizienz des Rostpilzes sollen unter anderem die künstliche Inokulierung im Frühjahr, und Kombinationen mit nekrotrophen Pilzen und niedrigen Konzentrationen von Herbiziden untersucht werden. Der zeitliche Ablauf des vor kurzem begonnenen Projektes wird kurz dargestellt und diskutiert.

Stichwörter: Biologische Bekämpfung, *Senecio vulgaris*, *Puccinia lagenophorae*, Gartenbau, Obstbau

SUMMARY

Groundsel (Senecio vulgaris L.): problem weed and possibilities for its biological control

Groundsel, *Senecio vulgaris*, is one of four weed species selected for detailed studies in the framework of the new COST action "Biological Control of Weeds in Crops". Groundsel was selected because of its economic importance and its suitability for biological control, and to serve as model species to study underlying principles of biological control. Groundsel is mainly a problem weed in horticultural crops, due to its favorable biological attributes like short generation time, large-scale seed production, long-range seed dispersal and rapid germination throughout the year, but also because of its rapid formation of s-triazine resistant populations and partial unsensitivity to phenylurea herbicides.

The biological control strategy is based on the use of the half-cyclic, autoecious rust fungus, *Puccinia lagenophorae* Cooke, which naturally occurs throughout Central Europe. Artificial inoculation in early spring and combinations with necrotrophic fungi and low dosage applications of herbicides will be studied, amongst others, to increase the efficiency of the rust. The procedure of the project, which recently has been started, is briefly outlined and discussed.

Key words: biological control, *Senecio vulgaris*, *Puccinia lagenophorae*, horticulture, fruit-growing

I BIOLOGISCHE UNKRAUTBEKÄMPFUNG IN EUROPA

Methoden der biologischen Unkrautbekämpfung

Während der vergangenen vier Jahrzehnte konzentrierte sich die Unkrautforschung hauptsächlich auf Herbizide und ihre Anwendung (NORRIS, 1992). Dies führte teilweise zur Vernachlässigung erprobter Anbaupraktiken

und einer beinahe totalen Abhängigkeit der europäischen Landwirtschaft von Herbiziden. Obwohl während dieser Periode die Erträge beträchtlich gesteigert wurden, führten die im Laufe der Zeit mit der Herbizidanwendung verbundenen Nachteile, wie Problemunkräuter und Umweltbelastungen dazu, daß die Regierungen vieler Länder gezwungen waren, die Anwendung von Herbiziden einzuschränken. Praxisreife, alternative Methoden der Unkrautbekämpfung in Intensivkulturen stehen bisher im allgemeinen jedoch nicht zur Verfügung.

Biologische Unkrautbekämpfung - der gezielte Einsatz von phytophagen Arthropoden und Phytopathogenen zur Reduzierung der Unkrautdichte unter die ökonomische Schadensschwelle (SCHROEDER, 1992) - wurde bisher mit beachtlichen Erfolgen gegen Unkräuter auf Weideflächen und in aquatischen Habitaten angewandt (JULIEN, 1991).

a) die klassische Methode (inokulativ): Die Bekämpfung solcher meist eingeschleppter Arten wurde vorwiegend durch die Einfuhr und Freilassung der aus dem ursprünglichen Herkunftsgebiet dieser Unkrautarten stammenden Antagonisten praktiziert, d.h. mittels der sog. "klassischen" oder inokulativen Methode.

b) die Bioherbizid-Methode (inundativ): In neuerer Zeit wurden pilzliche Phytopathogene zu Mykoherbiziden entwickelt, registriert und in den Markt eingeführt. Sie können inundativ, ähnlich einem synthetischen Herbizid, und zusammen mit anderen Pflanzenschutzmitteln angewandt werden und sind hauptsächlich für die Unkrautbekämpfung in landwirtschaftlichen Kulturen entwickelt worden (CHARUDATTAN und DELOACH, 1988, CHARUDATTAN, 1991).

c) Erhaltung und Förderung von Antagonisten: Die Regulierung einheimischer Unkräuter durch Erhaltung und Förderung der einheimischen Antagonisten fand in der Vergangenheit wenig Beachtung (SCHROEDER, 1992). Das Interesse an dieser dritten Strategie hat jedoch im Umfeld der "Integrierten Produktion" und landwirtschaftlichen Extensivierung in jüngster Zeit stark zugenommen. Der geplanten biologischen Regulierung des Gemeinen Kreuzkrautes, *Senecio vulgaris* L. (Asteraceae), liegt vorwiegend diese Strategie zugrunde (vgl. unten).

Die biologische Unkrautbekämpfung ist umweltschonend und hat sich, wegen ihrer Sicherheit, Wirksamkeit und Kosteneffizienz, einen sehr guten Ruf erworben. Biologische Regulierungsmassnahmen sollten nicht als "Alternative" zu den herkömmlichen Bekämpfungsmethoden aufgefasst werden, sondern als übergeordnete Strategie in integrierten Pflanzenschutzprogrammen, der die anderen Methoden untergeordnet werden sollten.

Stand der biologischen Unkrautbekämpfung in Europa

Bisher haben europäische Wissenschaftler hauptsächlich Projekte mit dem Ziel durchgeführt, Unkräuter europäischen Ursprungs in ihren Einschleppungsgebieten biologisch zu kontrollieren. Die bedeutendsten auf diesem Gebiet tätigen Institute und Organisationen sind das International Institute of Biological Control (IIBC) in England und der Schweiz, die europäischen Institute der Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) und des United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service (USDA-ARS) in Frankreich, und die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ) in der Schweiz.

Nebst dem Einsatz von Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) gegen Wasserunkräuter (VAN ZON, 1977) gibt es nur wenige Projekte mit dem Ziel, die potentielle Anwendung biologischer Bekämpfung gegen einheimische Unkräuter zu studieren. Beispiele sind zurzeit die Bekämpfung von *Ambrosia artemisiifolia* (IGRC und MACELJSKI, 1993, KOVALEV, 1986), *Acroptilon repens* (KOVALEV et al., 1973) und von *Orobanchen*-Arten (LEKIC, 1974). Das Interesse hat in den letzten Jahren jedoch zugenommen. Die biologische Bekämpfung des Adlerfarns (*Pteridium aquilinum*) in Grossbritannien ist vor kurzem nach der klassischen Methode in Angriff genommen worden (FOWLER et al., 1991, FOWLER et al., 1989, LAWTON, 1990) und mehrere Projekte zur biologischen Bekämpfung eingeschleppter Unkräuter in nicht-landwirtschaftlichen Habitaten sind in Bearbeitung (HOLDEN et al., 1992). Bezüglich der inundativen Methode konzentrierte sich die Forschung bisher auf die mögliche Verwendung einheimischer Pilze, vor allem wegen ungeklärter Probleme bei der Einfuhr von gebietsfremden Kontrollorganismen. In den Niederlanden wurde 1991 ein Antrag für die Registrierung eines Mykoherbizides (*Chondrostereum purpureum*) für die Bekämpfung von *Prunus*-Arten in Forsten gestellt (SCHEEPENS und HOOGERBRUGGE, 1988, J. FRANTZEN, pers. Mitteilung). Eine Anzahl weiterer Projekte wird an der Long Ashton Research Station, Bristol, England bearbeitet (GREAVES, 1993).

Mitglieder der Arbeitsgruppe "Biologische Unkrautbekämpfung" der Europäischen Gesellschaft für Herbologie (EWRS) haben wiederholt auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Aktivitäten im Bereich der biologischen Unkrautbekämpfung zu koordinieren und zu intensivieren (SCHROEDER et al., 1993). Vor kurzem konnte, durch die Initiative der Schweiz, ein neues europäisches Forschungsprojekt "Biologische Bekämpfung von

Unkräutern in Intensivkulturen", gestartet werden (MÜLLER-SCHÄRER, 1993). Ziel der Forschungsaktion ist es, entsprechende Programme wissenschaftlicher Forschung und ihres Austausches zu fördern und europäische Institutionen zusammenzuführen. Das Studium der Grundprinzipien biologischer Unkrautbekämpfung, besonders Untersuchungen zur Populationsdynamik von Kontrollorganismen und ihrer Wirtspflanzen, sind dabei von besonderer Bedeutung. Es gilt, ein in Europa allgemeingültiges Protokoll für die biologische Unkrautbekämpfung zu erarbeiten, das die Lösung von potentiellen Interessenskonflikten, die Durchführung der Forschung, die Produktion und die Kommerzialisierung von Bioherbiziden, die Einfuhr von Kontrollorganismen nach Europa und deren Freilassung und Ansiedlung in den verschiedenen Ländern regelt. Vier in Europa ökonomisch bedeutende Unkrautarten, deren biologische Bekämpfung möglich erscheint, wurden für detaillierte Untersuchungen während der Initialphase der Aktion ausgewählt (MÜLLER-SCHÄRER, 1993, SCHROEDER et al., 1993). Es sind dies:

1. *Amaranthus*-Arten (*A. retroflexus* L., *A. hybridus* L., *A. cruentus* L. und *A. bouchi* Thell) (Amaranthaceae),
2. *Chenopodium album* L. (Chenopodiaceae),
3. *Convolvulus* spp. (*C. arvensis* L. und *C. (Calystegia) sepium* L.) (Convolvulaceae) und
4. *Senecio vulgaris* L. (Asteraceae).

Folgende europäische Partnerländer haben bereits ihre Teilnahme an dieser Aktion zugesichert: Belgien, Dänemark, Italien, Niederlande, Schweiz, Spanien, Ungarn und das Vereinigte Königreich. Für die geplante Fünfjahresperiode ist ein Gesamtbudget von 10 Mio ECU vorgesehen.

II *SENECIO VULGARIS*: PROBLEMUNKRAUT, MODELLPFLANZE UND EIGNUNG FÜR BIOLOGISCHE BEKÄMPFUNG

Biologie und Verbreitung

Das Kreuzkraut wird meist als eine vorwiegend autogame (kleistogame), kurzlebige Annuelle beschrieben (STOWE und HOLT, 1988), mit Kreuzbestäubungsraten von weniger als 1% (HULL, 1974, aber vgl. CAMPBELL, 1976). Das Kreuzkraut gilt als ursprünglich südeuropäische Pflanze, ist heute jedoch, mit wenigen Ausnahmen, über die ganze Welt verbreitet (HESS et al., 1972) und erreicht in den gemäßigten Zonen bis zu 5 Generationen im Jahr (HANF, 1990, HARPER, 1977). Standorte sind vor allem nährstoffreiche, anthropogen gestörte Habitate. Die kurze Generationszeit, verbunden mit hohem Samenpotential, rascher Keimung nach einer Bodenbearbeitung über das ganze Jahr, sowie guter Flugfähigkeit des Samens für Windverbreitung sind Eigenschaften für eine erfolgreiche und schnelle Besiedlung neuer Habitate (BAKER, 1974). Das Kreuzkraut ist daher vor allem in gärtnerischen Kulturen, wo mehrere Bodenbearbeitungen pro Jahr vorgenommen werden, zu einem wichtigen Unkraut geworden. Mit dem Einsatz synthetischer Herbizide sind die Unkrautpopulationen schnell zurückgegangen, mit dem Aufkommen herbizidresistenter Populationen akzentuierte sich jedoch das Problem: Das Kreuzkraut war die erste Pflanzenart, bei der Herbizidresistenz - bereits in den späten 1960er Jahren - gegen s-Triazine nachgewiesen worden ist (RYAN, 1970). Solche Populationen sind nun häufig und weit verbreitet, vor allem in Europa und Nordamerika (HOLT und LEBARON, 1990). Die Fitnesskosten für Herbizidresistenz sind beträchtlich und eingehend untersucht worden (CHODOVA und MIKULKA, 1992, HOLT und MCCLOSKEY, 1991, MCCLOSKEY et al., 1991). Solche Fitnesskosten könnten sich möglicherweise ebenfalls in einer reduzierten Resistenzreaktion, resp. erhöhter Empfindlichkeit gegenüber Pathogenen äussern. Die Hypothese einer negativen Kreuzresistenz zwischen s-Triazin- und Pathogen-Resistenz soll daher geprüft werden (vgl. unten). Resistente Populationen zeigen zudem oft eine reduzierte genetische Variation (PUTWAIN et al., 1982), was gemäss BURDON und MARSHALL (1981) die biologischen Bekämpfung erleichtern soll.

Als Ausgangspunkt der seit 1986 ungewöhnlich deutlichen Ausbreitung des Kreuzkrautes in Bayern erachtet KEES (1988) ebenfalls vor allem gärtnerische Kulturen, in denen durch langjährige Simazinanwendung die Resistenzbildung ausgelöst wurde. Daneben spielt auch der oben erwähnte Windtransport eine wesentliche Rolle.

Ökonomische Bedeutung

Das Kreuzkraut ist vor allem in annualen Kulturen wie im Zierpflanzenbau, in Erdbeerertragsanlagen und in einigen Gemüsekulturen (z.B. Karotten, Sellerie, und Liliaceen-Kulturen) ein Problemunkraut geworden (KEES, 1991; Tab. 1) Verantwortlich für die Probleme in diesen Kulturen ist nebst der s-Triazinresistenz u.a. auch die teilweise reduzierte Empfindlichkeit als Asteraceenart gegenüber Phenylharnstoffen (MÜLLER und FRAHM, 1980). In Nordamerikanischen Container-Kulturen gilt das Kreuzkraut als dritt wichtigste Unkrautart (CROSS und SKROCH, 1992). Als Hauptinfestationsquelle wird vor allem die sehr grosse Samenproduktion auf den ungenutzten Habitaten zwischen den Stellflächen erachtet (ALDRICH, 1984). Ökonomische Schäden entstehen im Gemüsebau durch Konkurrenzwirkung (PAUL und AYRES, 1987) und Ernteerschwernisse, in Container-Kulturen zudem wegen ästhetischer Aspekte. Da konventionelle Herbizide meist nicht genügend selektiv wirken (KEES, 1988), müssen hier Kreuzkrautpopulationen oft durch arbeitsintensives Handjäten entfernt werden.

Extrem hohe Dichten erreicht das Kreuzkraut jedoch auch in einigen perennen Kulturen wie Baumschulen und Obstanlagen. Nachdem 1981 erstmals in ostschweizer Obstanlagen Triazin-resistente Kreuzkrautpopulationen nachgewiesen worden waren (STALDER und POTTER, 1982), war das Kreuzkraut 1984 (aufgrund einer ausgedehnten Feldstudie im deutschschweizer Obstbau) bereits die am häufigsten vorkommende resistente

Tab. 1: Vorkommen des Gemeinen Kreuzkrautes, *Senecio vulgaris*, als Problemunkraut in Obst-, Wein- und Gartenbaukulturen der Schweiz (basierend auf Meldungen von Produzenten auf einen Aufruf in landwirtschaftlichen Fachzeitschriften)

Table 1: Occurrence of common groundsel, *Senecio vulgaris*, as a problem weed in Swiss Fruit-Growing, Viticulture and Horticulture (based on reports of farmers to a call in Swiss agricultural journals)

Perennierende Kulturen	Anzahl Betriebe (N)	Pflanzenschutzbehandlungen/Jahr ¹⁾			Rostbefall [N (%) der Betriebe]	<i>Senecio</i> /m ² (\bar{x} der Standorte)
		Herbizide	Fungizide	Insektizide		
Obstbau						
Junganlagen	6	1-2	10-12	5-6	2 (33)	4-204 ²⁾
ab 5. Standjahr	3	3-4	10-12	5-6	3 (100)	5-26
Weinbau						
ohne Begrünung	4	1-2	10-12	1-2	3 (75)	6-54
Baumschulen						
Freiland	3	1-2	0-9	1-2	3 (100)	2-50
Zierpflanzenbau						
Container (Buchs, Rosen)	2	1-2	0-9	1-9	0 (0)	5-10
Freiland	1	1-2	1-2	3-4	1 (100)	32
Annuelle Kulturen						
Gemüsebau						
Freiland						
-mit Netz/Folien (Karotten, Lauch)	2	1-2	5-6	5-6	2 (100)	1-107
-ohne Netz/Folien (Karotten, Lauch, Sellerie, Zwiebeln)	6	1-2	3-4	3-4	3 (50)	1-25
Gewächshaus						
-Erdbeersackkultur	1	1-2	1-2	0	1 (100)	60
Total	28				18 (64)	

1) resp. im Gemüsebau pro Kultur

2) basierend auf 4 Auszählungen/Standort

Unkrautart (STALDER et al., 1985). Heutige Bekämpfungsmassnahmen im Obstbau umfassen meist die kombinierte Anwendung eines Blatt- und Residualherbizides im Frühjahr, oft gefolgt von einer weiteren Blattbehandlung nach der Ernte (D. Gut, pers. Mitteilung). Aufgrund der Resistenz gegenüber den Residualherbiziden bilden sich jedoch auch hier oft Kreuzkraut-Reinbestände mit beachtlichen Dichten (Tab. 1).

Wir führten 1993 eine vorbereitende Feldstudie in 28 Schweizerischen Obst-, Wein- und Gartenbaubetrieben durch, die sich auf Meldungen von Problemstandorten mit Gemeinem Kreuzkraut stützt (Tab. 1). Ziel dieser Studie war ein erstes Inventar der relativen Häufigkeit und Verbreitung des Kreuzkrautes in diesen Spezialkulturen und der mit ihm assoziierten Pathogenen (vgl. unten). Weiter sollte eine Übersicht über die Intensität der jeweils praktizierten Pflanzenschutzmassnahmen gewonnen werden, um das Umfeld für eine mögliche biologische Bekämpfung abzuklären. Die Aufnahmen wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten zwischen Mai und September 1993 durchgeführt, weshalb kein direkter Vergleich der Kreuzkrautdichten und des Vorkommens des Rostpilzes zwischen den einzelnen Kulturen möglich ist. Das relativ stetige Vorkommen des Rostpilzes in ca. zwei Drittel der Betriebe (ermittelt durch einen einzelnen Besuch) belegt, trotz der z.T. beträchtlichen Anzahl von Pflanzenschutzbehandlungen (insbesondere von Fungiziden) (Tab. 1), die weite Verbreitung und die Eignung des Rostpilzes als biologischer Kontrollorganismus bezüglich der Umweltbedingungen in den untersuchten Kulturen. Trotz der begrenzten Anzahl der Aufnahmen dürfte das tatsächliche Auftreten der Problemstandorte ungefähr dem dargestellten Spektrum entsprechen.

Insbesondere im Obstbau erwähnen immer mehr Produzenten, dass sie vor der Ernte eine weitere Herbizidbehandlung gegen das Kreuzkraut vornehmen müssen (K. Rennhard, H. Helfstein, pers. Mitteilung). Der Einfluss der Kreuzkrautdichte auf das Wachstum und den Ernteertrag ist, im Gegensatz zu den annuellen Kulturen, im Obstbau jedoch noch nicht untersucht worden. Diesbezügliche Versuche sind jedoch geplant.

Senecio vulgaris als Modellpflanze für die biologische Bekämpfung

Das Gemeine Kreuzkraut ist eine ideale Modellpflanze für das Studium der einer biologischen Regulierung zugrunde liegenden Mechanismen, insbesondere von populationsbiologischen und populationsgenetischen Aspekten von Pflanzen-Pathogen Beziehungen. Zu erwähnen sind neben vorteilhaften biologischen Merkmalen wie kurzer Vegetationszeit, rascher Keimung und einfachen Wachstumsbedingungen auch die bereits vorhandene, detaillierte Literatur mit über 200 Publikationen seit 1970, einschliesslich mehr als 50 Publikationen über Pflanzen-Pathogen Beziehungen.

In Zentral-Europa ist *S. vulgaris* häufig von dem autözisch, mikrozyklischen Rostpilz, *Puccinia lagenophorae* Cooke (Uredinales: Hemibasidiomycetes) befallen (BURDON, 1987). Dieser Rostpilz, ursprünglich in Australien und Neuseeland auf einigen Asteraceen-Arten heimisch (WILSON und WALSHAW, 1963), wurde erstmals 1960 in Europa in Form von Aecidiosporen gefunden (MAYOR, 1962). Detaillierte Nachweise liegen aus Frankreich (MAYOR, 1962, VIENNOT-BOURGIN, 1964), England (WILSON und WALSHAW, 1963, WILSON et al., 1965), Irland (KAVANAGH, 1964), Deutschland (SCHOLLER, 1993), Griechenland (PANTIDOU, 1969, PANTIDOU und HENDERSON, 1977), Oesterreich (POELT, 1985) und der ehemaligen Tschechoslovakei (SCHOLLER, 1993) vor.

Über 30 Publikationen widmen sich dem Einfluss von Umweltfaktoren auf die Interaktion zwischen der Infektion durch *P. lagenophorae* und der Physiologie der Wirtspflanze, *S. vulgaris* (AYRES, 1984). Der Einfluss des Pilzes auf die Populationsdynamik des Kreuzkrautes ist dabei nicht untersucht worden.

Die Wirkung des Rostpilzes wird durch einen Sekundärbefall mit nekrotrophen Pilzen deutlich erhöht. Solche Sekundärinfektionen konnten künstlich mit einer Reihe von opportunistischen, nekrotrophen Organismen wie *Botrytis cinerea*, *Pythium intermedium*, *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *Cladosporium herbarum* und *Alternaria alternata* erzielt werden (HALLETT und AYRES, 1992). Die wirksame Sporenkonzentration des Rostpilzes konnte dadurch stark reduziert werden und doppelt befallene *S. vulgaris* starben rasch ab (HALLETT et al., 1990, HALLETT und AYRES, 1992). Die Kombination der Spezifität eines biotrophen Pilzes mit der Aggressivität eines unspezifischen, nekrotrophen, in den meisten Kreuzkraut-Problemsituationen bereits anwesenden Organismen, scheint für die biologische Bekämpfung daher sehr erfolgversprechend (PAUL et al., 1993). Im weiteren reagieren bereits die Keimlinge von *S. vulgaris* sehr empfindlich auf den Rostbefall. Zur Zeit der ersten Keimung im Frühjahr sind jedoch meist noch keine Sporen vorhanden. Dies ist nicht durch ungünstige Witterungsverhältnisse bedingt, sondern durch die Abwesenheit von Aecidiosporen (PAUL und AYRES, 1986). Das Potential eines frühen "knock-down" Effektes durch eine frühe Applikation des Rostpilzes auf überlebende Pflanzen oder Keimlinge könnte daher optimal ausgenutzt werden.

Aufgrund der erwähnten ökonomischen Bedeutung, sowie der Eignung als Zielunkraut für die biologische Bekämpfung und als Modellpflanze zum Studium der Grundprinzipien der biologischen Bekämpfung wurde das Gemeine Kreuzkraut für detaillierte Untersuchungen im Rahmen des erwähnten COST Projekts ausgewählt (MÜLLER-SCHÄRER, 1993, SCHROEDER et al., 1993).

III DIE BIOLOGISCHE KONTROLLSTRATEGIE FÜR *SENECIO VULGARIS*

In diesem Projekt möchten wir, auf den bereits vorhandenen Kenntnissen über das *S. vulgaris/P. lagenophorae* Pathosystem aufbauend, die Wirkung des Rostpilzes auf *S. vulgaris* und dessen Populationsdynamik maximieren. Falls die Schädigung primär auf Konkurrenz beruht, sollte jedoch bedacht werden, dass das Ziel der biologischen Bekämpfung nicht die Wachstumshemmung des Unkrautes oder dessen Abtötung ist, sondern die Erhöhung der Erträge der Kulturpflanze. So haben PAUL und AYRES (1987) nachgewiesen, dass sogar bei hohen Unkrautdichten die Salaternte in Parzellen mit durch den Rostpilz infiziertem Kreuzkraut (auch ohne erhöhte Mortalität) 2-3 mal höher war als in der Gegenwart von nicht befallenem Kreuzkraut, offenbar als Folge der verminderten Konkurrenzkraft befallener Pflanzen. Um jedoch die Aussamung und dadurch eine weitere Verbreitung des Kreuzkrautes zu verhindern, muss die Effizienz des Rostpilzes durch zusätzliche biotische und abiotische Faktoren erhöht werden. Wir haben das Projekt daher in die folgenden 3 Schritte unterteilt (Tab. 2).

Tab. 2:	Synopsis des geplanten Projektes zur biologischen Regulierung des Gemeinen Kreuzkrautes, <i>Senecio vulgaris</i> , mit Hilfe der natürlich vorkommenden Rostpilzart, <i>Puccinia lagenophorae</i>
Table 2:	Synopsis of the planned project of the biological control of common groundsel, <i>Senecio vulgaris</i> , using the naturally occurring rust fungus <i>Puccinia lagenophorae</i>

METHODOLOGIE UND PROBLEMANALYSE (FELDSTUDIE) • Erarbeitung von Methoden (Schlüssel zur Bestimmung der Art und Ausprägung der Infektions-/Resistenz-Rost zur Bestimmung der genetischen Variabilität, sowie der von Pilzstämmen und Kreuzkrautlinien)

- Feldstudie zur Bestimmung der Häufigkeit und Verbreitung von Unkraut und natürlichen Antagonisten, Analyse der entsprechenden, zugrundeliegenden Mechanismen, Beschreibung der Problemsituation

POTENTIAL DES ROSTPILZES ALS BIOLOGISCHER KONTROLLORGANISMUS

- Beschreibung des Infektionszyklus (monozyklischer Infektionsprozess) und Untersuchungen der die Infektion beeinflussenden Faktoren (Temperatur, Luftfeuchtigkeit etc.)
- Genetik des Rost/Kreuzkraut Pathosystems, Resistenz- und Spezifitätsexperimente
- Studium der Rost-Epidemiologie (polyzyklischer Infektionsprozess) und deren Einfluss auf die Populationsbiologie des Kreuzkrautes (Bestimmung der Zeit, Anzahl und wirkungsvollen Dosierung der Inokulation, und deren Ausbreitung)

POTENTIAL VON ZUSÄTZLICHEN UMWELTFAKTOREN ZUR EFFIZIENZSTEIGERUNG DES ROSTES

- Synergistische Wirkung zwischen Rost und anderen (nekrotrophen) Pilzen
- Kompatibilität und mögliche synergistische Wirkung zwischen Pathogen und synthetischen Herbiziden
- Kompatibilität mit anderen, kulturspezifischen Pflanzenbehandlungsmaßnahmen (Pestiziden)
- Entwicklung eines Simulationsmodelles zur Beschreibung, Analyse, Voraussage und Optimierung der Interaktionen zwischen den verschiedenen "Stressfaktoren"

PRAXISVERSUCHE ZUR KREUZKRAUT-BEKÄMPFUNG

- Optimale Applikationstechnologie (einschliesslich Formulierung der Sporensuspension) und Durchführung von Praxisversuchen
-

Die Besonderheit und der Vorteil der biologischen im Vergleich zur chemischen Bekämpfung ist die Möglichkeit einer Langzeit-Stabilisierung der Unkrautpopulation auf einer tiefen Dichte. Der Nutzung der Unkraut-Kontrollorganismus-Umwelt-Interaktion ist daher, nach detaillierter Erarbeitung der verschiedenen Methoden und eingehender Problemanalyse, der erste Schritt unserer Untersuchung gewidmet. Dies beinhaltet die Selektion pathogener Pilzstämmen, das Studium der Epidemiologie und der Auswirkungen auf die Populationsbiologie von *S. vulgaris*. Diese Strategie vermag unter günstigen Bedingungen in perennen Kulturen mit relativ hoher Schadensschwelle möglicherweise bereits zu genügender Regulation der Kreuzkrautbestände führen.

In einem zweiten Schritt wollen wir den Einfluss des Rostpilzes durch Einbezug von zusätzlichen Umweltfaktoren erhöhen, wie durch Sekundärinfektion mit nekrotrophen Pilzen und optimaler Formulierung der Pilzsporen, und gemeinsamer Applikation mit einer niedrigen Aufwandmenge eines Herbizides (wobei sowohl die Wirkung des Rostpilzes, als auch die Blattaufnahme des Herbizides erhöht sein kann). Solche zusätzlichen "Stressfaktoren" werden in annuellen Kulturen wie Containerpflanzen, Zierpflanzen und Gemüsekulturen notwendig sein, wo eine schnelle, kurzfristige und hochgradig effiziente Wirkung verlangt wird.

In einem letzten Schritt geht es darum, die erarbeiteten biologischen Bekämpfungsmethoden in die übrigen Pflanzenschutzmassnahmen zu integrieren, resp. diese so anzupassen, dass realistische und kulturspezifische Anwendungsvorschläge gemacht werden können.

In Verbindung mit den Arbeiten, die gleichzeitig an europäischen Partnerinstituten durchgeführt werden, wird dieses Projekt Grundlegendes dazu beitragen, Möglichkeiten und Grenzen der biologischen Regulierung einer einheimischen Unkrautart mit Hilfe einer ebenfalls einheimischen Pathogenart aufzuzeigen.

DANK

Wir danken B. Graf, D. Gut und D. Schroeder für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

LITERATUR

- ALDRICH, R.J. 1984: Weed-Crop Ecology, Principles in Weed Management. -Breton Publishers, Belmont, California.
- AYRES, P.G. 1984: The interaction between environmental stress injury and biotic disease physiology. -Ann. Rev. Phytopathol. **22**, 53-75.
- BAKER, H.G. 1974: The evolution of weeds. -Ann. Rev. Ecol. Systematics **5**, 1-24.
- BURDON, J.J. 1987: Diseases and Plant Population Biology. -Cambridge University Press, Cambridge, England.
- BURDON, J.J., D.R. MARSHALL 1981: Biological control and the reproductive mode of weeds. -Journal of Applied Ecology **18**, 649-658.
- CAMPBELL, J.M., R.J. ABBOTT 1976: Variability of outcrossing frequency in *Senecio vulgaris*. -Heredity **36**(2) 267-274.
- CHARUDATTAN, R. 1991: The Mycoherbicide Approach with Plant Pathogens. -Chapman and Hall, New York.
- CHARUDATTAN, R., C.J. DELOACH JR. 1988: Management of Pathogens and Insects for Weed Control in Agroecosystems. -CRC Press, Boca Raton, Florida.
- CHODOVA, D., J. MIKULKA 1992: Comparing some biological and physiological differences of susceptible and resistant common groundsel *Senecio vulgaris* L. -Ochr. Rostl. **28**(4), 263-272.
- CROSS, G.B., W.A. SKROCH 1992: Quantification of weed seed contamination and weed development in container nurseries. -J. Environ. Hort. **10**(3), 159-161.
- FOWLER, S.V., A.N.G. HOLDEN, D. SCHROEDER 1991: The possibilities for classical biological control of weeds of industrial and amenity land in the UK using introduced herbivores or plant pathogens. In Brighton Crop Protection Conference-Weeds, **3**, 1173-1180. Brighton: BCPC.
- FOWLER, S.V., J.H. LAWTON, C.B. SPEED 1989: Biocontrol of bracken, *Pteridium aquilinum*, in the UK: prospects and progress. In Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference-Weeds, **3**, pp. 997-1004.
- GREAVES, M.P. 1993: Formulation of microbial herbicides to improve performance in the field. In VIII. EWRS Symposium: Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical applications, **1**, 219-223. Braunschweig, Germany.

- HALLETT, S.G., P.G. AYRES 1992: Invasion of rust *Puccinia lagenophorae* aecia on groundsel *Senecio vulgaris* by secondary pathogens: death of the host. -Mycological Research **96**(2), 142-144.
- HALLETT, S.G., N.D. PAUL, P.G. AYRES 1990: *Botrytis cinerea* kills groundsel *Senecio vulgaris* infected by rust *Puccinia lagenophorae*. -New Phytologist **114**(1), 105-110.
- HANF, M. 1990: Ackerunkräuter Europas. -BLV Verlagsgesellschaft GmbH, München.
- HARPER, J.L. 1977: Population Biology of Plants. -Academic Press, London.
- HESS, H.E., E. LANDOLT, R. HIRZEL 1972: Flora der Schweiz und angrenzende Gebiete. -Birkhäuser Verlag, Basel.
- HOLDEN, A.N.G., S.V. FOWLER, D. SCHROEDER 1992: Invasive weeds in amenity land in the UK: Biological control - The neglected alternative. -Aspects of Applied Biology **29**, 325-332.
- HOLT, J.S., H.M. LEBARON 1990: Significance and distribution of herbicide resistance. -Weed Technology **4**, 141-149.
- HOLT, J.S., W.B. MCCLOSKEY 1991: Growth temperature effects on photosynthesis and biomass production of triazine resistant and susceptible common groundsel *Senecio vulgaris* L. -Plant Physiology **96**(1), 132.
- HULL, P. 1974: Self-fertilisation and the distribution of the radiate form of *Senecio vulgaris* L. in Central Scotland. -Watsonia **10**(1), 69-75.
- IGRC, J., M. MACELJSKI 1993: Some possible strategies of an integrated weed control. In J.-M. Thomas (Ed.), Communications of the 4th International Conference on "Non chemical weed control", **1**, 187-190. Dijon, France: IFOAM.
- JULIEN, M.H. 1991: Biological control of weeds. A world catalogue of agents and their target weeds. -CAB International, Wallingford, UK.
- KAVANAGH, T. 1964: A new rust species of groundsel in Ireland. -Ir. Nat. J. **14**, 214.
- KEES, H. 1988: Die Entwicklung triazinresistenter Samenunkräuter in Bayern und Erfahrungen mit deren Bekämpfung. -Gesunde Pflanze **10**, 407-414.
- KEES, H. 1991: Zur Problematik der Triazinresistenz bei Samenunkräutern im Mais und in gärtnerischen Kulturen. -Gesunde Pflanze **7**, 216-220.
- KOVALEV, O.V. 1986: Some results of application of biological control of advance weeds with reference to ragweed control. In Proceedings of the All-Union Entomological Society, **68**, 153-156.
- KOVALEV, O.V., L.G. DANILOV, T.S. IVANNOVA 1973: Method of controlling Russian knapweed. -Opisanie Izorbriteniia Kavtorskomu Svedelet'stuv Byulletin **38**, 1-2.
- LAWTON, J.H. 1990: Biological control of bracken in Britain: constraints and opportunities. -Phil. Trans. Royal Soc. London **B 318**, 335-355.
- LEKIC, M. 1974: Investigations of the dipteran *Phytomyza orobanchia* Kaltb. as a controller of parasitic phanerogames of the genus *Orobanche*. -Savremena Poljopriveda **22**, 93-99.
- MAYOR, E. 1962: A propos d'un *Peronospora* sur *Myagrurn perfoliatum* L. et d'un *Puccinia* sur *Senecio vulgaris* L. -Berichte der schweizerischen botanischen Gesellschaft **72**, 262-271.
- MCCLOSKEY, W.B., P.A. JURSNIC, J.S. HOLT 1991: Photosynthetic limitations in triazine-susceptible and resistant common groundsel *Senecio vulgaris* L.. Effect of growth light irradiance. -Plant Physiology **96**(1), 132.
- MÜLLER, F., G. FRAHM 1980: Ursachen der Empfindlichkeit verschiedener Unkräuter gegen Phenylharnstoff-Herbizide. -Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent **45**(4), 1017-1036.
- MÜLLER-SCHÄRER, H. 1993: Biological control of weeds in crops: a proposal of a new COST action. In J.-M. Thomas (Ed.), Communications of the 4th International Conference on "Non chemical weed control", **1**, pp. 181-185. Dijon, France: IFOAM.
- NORRIS, R.F. 1992: Have ecological and biological studies improved weed control strategies? In J. H. Combellack, K. Levick J., J. Parsons, & R. G. Richardson (Ed.), Proceedings of the First International Weed Control Congress, **1**, 7-33. Melbourne, Australia: Weed Science Society of Victoria Inc.
- PANTIDOU, M.E. 1969: Fungi of Greece. 1. Species of rust fungi on Compositae. -Ann. Inst. Phytopath. Benaki. N.S. **9**, 1-17.
- PANTIDOU, M.E., D.M. HENDERSON 1977: Fungi of Greece VII: New records of rust fungi. -Notes R. bot. Gdn. Edinb. **35**, 407-414.
- PAUL, N.D., P.G. AYRES 1986: Seasonal effects on rust disease *Puccinia lagenophorae* of *Senecio vulgaris*. -Symbiosis **2**, 165-174.

- PAUL, N.D., P.G. AYRES 1987: Effects of rust infection of *Senecio vulgaris* on competition with lettuce. - Weed. Res. **27**(6), 431-442.
- PAUL, N.D., P.G. AYRES, S.G. HALLETT 1993: Mycoherbicides and other biocontrol agents for *Senecio* spp. -Pesticide Science **37**(4), 323-329.
- POELT, J. 1985: Catalogus Florae Austriae III/I: Uredinales. -Verlag der Akademie der österreichischen Wissenschaften, Wien.
- PUTWAIN, P.D., K.R. SCOTT, R.J. HOLLIDAY 1982: The nature of resistance to triazine herbicides: case histories of phenology and population studies. In H. M. LeBaron & J. Gressel (Eds.), Herbicide Resistance in Plants, 99-115. -John Wiley & Sons, New York.
- RYAN, G.F. 1970: Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. -Weed Science **18**(5), 614-616.
- SCHEEPENS, P.C., A. HOOGERBRUGGE 1988: Control of *Prunus serotina* in forests with the endemic fungus *Chondrostereum purpureum*. In E. S. Delfosse (Ed.), Proc. VII. Int. Symp. Biol. Contr. Weeds, **2**, pp. 545-51. Rome, Italy: Ist. Sper. Patol. Veg. (MAF).
- SCHOLLER, M. 1993: *Puccinia lagenophorae*, a rust fungus originating from Australia, now found in Mecklenburg-Vorpommern. -Zentralbl. Mikrobiol. **148**, 223-228.
- SCHROEDER, D. 1992: Biological control of weeds: A review of principles and trends. -Pesq. agropec. bras. **27**, 191-212.
- SCHROEDER, D., H. MÜLLER-SCHÄRER, C.S.A. STINSON 1993: A European weed survey in 10 major crop systems to identify targets for biological control of weeds. -Weed Research **33**(6), 449-459.
- STALDER, L., C.A. POTTER 1982: Resistenzerscheinungen beim Gemeinen Kreuzkraut (*Senecio vulgaris*) gegenüber Triazin-Herbiziden. -Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau **118**, 439-442.
- STALDER, L., C.A. POTTER, E. BARBEN 1985: Triazin-resistente Unkräuter im Deutschschweizer Obstbau und Möglichkeiten deren Bekämpfung. -Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau **121**, 109-120.
- STOWE, A.E., J.S. HOLT 1988: Comparison of triazine-resistant and triazine-susceptible biotypes of *Senecio vulgaris* and their F1-hybrids. -Plant Physiology (Bethesda) **87**(1), 183-189.
- VAN ZON, J.C.J. 1977: Grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) in Europe. -Aquatic Botany **3**, 143-155.
- VIENNOT-BOURGIN, G. 1964: La Rouille australienne du Sénécon. -Revue de Mycologie **29**(3), 241-258.
- WILSON, I.M., D. WALSHAW 1963: A new rust disease on groundsel. -Nature **200**, 382.
- WILSON, I.M., D.F. WALSHAW, J. WALKER 1965: The new groundsel rust in Britain and its relationship to certain Australasian rusts. -Transactions of the British Mycological Society **48**(4), 501-511.