

УДК 574.9, 591.618

## СОГЛАСОВАННЫЙ БИОКОНТРОЛЬ АМБРОЗИИ ПОЛЫННОЛИСТНОЙ И КОЛОРАДСКОГО ЖУКА НА ЮГЕ РОССИИ (МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПРОЕКТ)

© 2012 г. Г.Г. Матишов, Ю.В. Тютюнов, Л.И. Титова, О.В. Ковалёв, Л.П. Ильина, С.В. Бердников

*Матишов Геннадий Григорьевич – доктор географических наук, академик, председатель Южного научного центра РАН, пр. Чехова, 41, г. Ростов н/Д, 344006, e-mail: matishov\_ssc-ras@ssc-ras.ru.*

*Matishov Gennadiy Grigorievich – Doctor of Geographical Science, Academician of RAS, Head of Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Chekhov St., 41, Rostov-on-Don, 344006, e-mail: matishov\_ssc-ras@ssc-ras.ru.*

*Тютюнов Юрий Викторович – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, Институт аридных зон Южного научного центра РАН, пр. Чехова, 41, г. Ростов н/Д, 344006, e-mail: tyutyunov@ssc-ras.ru.*

*Tyutyunov Yuriy Viktorovich – Doctor of Physical and Mathematical Science, Main Scientific Researcher, Institute of Arid Zones of Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Chekhov St., 41, Rostov-on-Don, 344006, e-mail: tyutyunov@ssc-ras.ru.*

*Титова Людмила Ивановна – старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт механики и прикладной математики Южного федерального университета, пр. Стачки, 200/1, г. Ростов н/Д, 344090, e-mail: titova@math.sfedu.ru.*

*Titova Lyudmila Igorevna – Senior Scientific Researcher, Research Institute of Mechanics and Applied Mathematics of Southern Federal University, Stachki Ave, 200/1, Rostov-on-Don, 344090, e-mail: titova@math.sfedu.ru.*

*Ковалев Олег Васильевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Зоологический институт РАН, Университетская набережная, 1, г. Санкт-Петербург, 199034, e-mail: kovalev@OK11495.spb.edu.*

*Kovalev Oleg Vasilievich – Doctor of Biological Science, Leading Scientific Researcher, Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, Universitetskaya emb., 1, St. Petersburg, 199034, e-mail: kovalev@OK11495.spb.edu.*

*Ильина Людмила Павловна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Институт аридных зон Южного научного центра РАН, пр. Чехова, 41, г. Ростов н/Д, 344006, e-mail: iljina@ssc-ras.ru.*

*Il'ina Lyudmila Pavlovna – Candidate of Agricultural Science, Leading Scientific Researcher, Institute of Arid Zones of Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Chekhov St., 41, Rostov-on-Don, 344006, e-mail: iljina@ssc-ras.ru.*

*Бердников Сергей Владимирович – доктор географических наук, главный ученый секретарь, Южный научный центр РАН, пр. Чехова, 41, г. Ростов н/Д, 344006, e-mail: berdnikov@ssc-ras.ru.*

*Berdnikov Sergey Vladimirovich – Doctor of Geographical Science, Main Scientific Secretary, Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Chekhov St., 41, Rostov-on-Don, 344006, e-mail: berdnikov@ssc-ras.ru.*

Обсуждены задачи разработки биометода подавления двух североамериканских вселенцев – амброзии полыннолистной и колорадского жука, решаемые в рамках междисциплинарного проекта, предусматривающего проведение фундаментальных исследований – от сбора и анализа данных полевых и лабораторных работ до построения математических моделей и интерпретации вычислительных экспериментов.

**Ключевые слова:** биологический контроль, *Ambrosia artemisiifolia* L., *Zygogramma suturalis* F., *Leptinotarsa decemlineata* Say, *Perillus bioculatus* F.

The tasks of an interdisciplinary project on biological control of the two North-American harmful alien species, common ragweed and Colorado potato beetle, are discussed. A full cycle of fundamental studies will be performed in the frameworks of the project, including collection and analysis of field sample data, mathematical modelling, and interpretation of results of numerical simulations.

**Keywords:** biological control, *Ambrosia artemisiifolia* L., *Zygogramma suturalis* F., *Leptinotarsa decemlineata* Say, *Perillus bioculatus* F.

Амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) и колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) – представители наиболее вредоносных видов американского происхождения в нашей стране. Их быстрое распространение по евразийскому континенту – типичные примеры начальной стадии успешной инвазии видов-вселенцев в новый для них биоценоз, в котором отсутствуют специфические враги, болезни и конкуренты.

Разработка биологических методов подавления сорной растительности и вредных насекомых имеет важное прикладное значение, поэтому в Южном научном центре РАН решению научных задач, связанных с данным направлением, уделяется значительное внимание [1].

В рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы с июля 2012 г. началось выполнение междисциплинарного проекта «Новый подход к согласованному биологическому контролю амброзии полыннолистной и колорадского жука: полевые исследования, математическое моделирование и практические рекомендации» (шифр 2012-1.1-12-000-1001-033), в котором участвуют сотрудники Научно-образовательного центра ЮНЦ РАН «Экосистемные подходы к рациональному природопользованию в аридных зонах». На базе НОЦ сформирован творческий коллектив из специалистов ЮНЦ РАН, Института аридных зон (ИАЗ) ЮНЦ РАН, Зоологического института РАН, Всероссийского НИИ биологической защиты растений РАСХН, НИИ механики и прикладной математики им. И.И. Воровича Южного федерального университета, преподавателей, аспирантов и студентов базовых кафедр ЮФУ и филиала Кубанского госуниверситета в г. Славянск-на-Кубани.

Выполнение проекта предусматривает проведение цикла фундаментальных исследований по разработке биологических методов контроля амброзии полыннолистной и колорадского жука, включающего в себя сбор, систематизацию и обработку данных полевых и лабораторных наблюдений; построение, анализ, компьютерную реализацию математических моделей системы сорняк–фитофаг–энтомофаг и их идентификацию с использованием собранных данных; тестирование теоретических гипотез о влиянии пространственных факторов интродукции агентов биологического контроля на генетическую структуру популяции и на эффективность решения прикладных задач подавления вредоносности инородных видов.

Постановка проблемы согласованного контроля двух североамериканских вселенцев – амброзии и колорадского жука – является новой, оригинальной и перспективной.

### Методы подавления вредоносных видов

Амброзия полыннолистная – злостный адвентивный вид сорной растительности, приносящий значительный ущерб как сельскому хозяйству, так и здоровью населения. Реконструкция инвазии этого североамериканского сорняка на евразийский континент [2], основанная на детальном исследовании крупнейших европейских гербариев, показала, что амброзия появилась в Западной Европе в середине XVIII в. – намного раньше, чем в центральной и восточной части континента (на рубеже XIX и XX вв.). Результаты молекулярных исследований подтверждают гипотезу о наличии нескольких независимых источников и начальных очагов распространения этого вида [3]. На Юге России начало инвазии амброзии ориентировочно датируется 1918 г. [2]. На сегодняшний день, по данным карантинной инспекции, в Ростовской области амброзией полыннолистной заражено более 200 тыс. га земель [1].

Выделяют четыре основные стратегии контроля полыннолистной амброзии (таблица). Механическое подавление и прополка – наиболее эффективный, но и весьма трудоёмкий метод. Поэтому на больших полях использование химических методов борьбы оказывается более предпочтительным, несмотря на то, что применение гербицидов является чрезвычайно затратным и экологически вредным, а санитарное законодательство запрещает применение химических методов в населённых пунктах.

### Эффективность альтернативных стратегий подавления амброзии в естественных и искусственных экосистемах [1]

Тип экосистемы	Биоконтроль	Замещение	Гербициды	Прополка
Сельхоз. поля	√	√	√	
Обочины дорог	√	√		
Заброшенные земли	√			
Естественные ландшафты	√	√		√
Урбанизированные территории	√	√		√

Перспективными, эффективными и безопасными методами борьбы с амброзией являются биологические средства подавления роста и распространения данного сорняка [4 – 6].

Проведенные полевые эксперименты на полях Азовского района Ростовской области в 2005–2007 гг. [1] свидетельствуют о потенциальной эффективности стратегии замещения – превентивного высевания горчицы сарептской (*Brassica juncta* (L.) Czern.) с последующей культивацией поля. Установлено, что включение в севооборот конкурента амброзии – горчицы сарептской – при оптимальной норме посева 6 кг/га позволяет не только подавить развитие амброзии по-лыннолистной, практически на порядок снизив сырую биомассу сорняка, но и значительно повысить продуктивность озимой пшеницы, поскольку масса заделанных в почву растений является хорошим зелёным удобрением.

Наряду с высеванием растений-конкурентов в качестве эффективного средства подавления очагов амброзий многими авторами рассматривается классический биологический контроль – интродукция в заражённые экосистемы естественных врагов амброзии [4, 5, 7].

В развитии этого направления бесценен опыт многолетней комплексной экспедиции ЗИН АН СССР, которая работала с конца 70-х гг. практически до распада СССР [5]. К выполнению экспериментальных работ настоящего проекта привлечены специалисты ЗИН РАН, которым принадлежит приоритет в организации исследований по отбору и интродукции иноземных фитофагов и фитопатогенов. О.В. Ковалёвым [2, 4] собраны сведения по биологии 527 видов насекомых и клещей из 69 семейств и 9 отрядов, обитающих на видах подтрибы амброзиевых в Северной Америке, включая узких олигофагов: амброзиевых пестрокрылок, амброзиевых листоедов, амброзиевую совку, галлиц и слоников. В частности, мероприятия по акклиматизации полосатого амброзиевого листоеда *Zygogramma suturalis* (Fabricius) проводились на территории 16 областей бывшего СССР – от Украины до Дальнего Востока, при этом наиболее интенсивные работы ЗИН РАН по интродукции амброзиевого листоеда осуществлялись на юге России (Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край и др.).

Несмотря на успешность акклиматизации в России амброзиевой совки *Tarachidia candefacta* (Hubner), выявлено, что этот фитофаг не может самостоятельно образовывать массовые скопления, поскольку сам является объектом питания многих видов птиц. Кроме того, пик размножения совки запаздывает относительно времени появления первых проростков амброзии в природе. Однако разработанная технология массового разведения совки на искусственных пищевых средах позволяет выращивать этих насекомых даже в условиях зимы и использовать их для локальной сезонной колонизации [1].

Большой интерес вызывает возможность саморегулирования системы с видом-фитофагом, способным к полной акклиматизации. Весьма результативной была интродукция полосатого листоеда, который хорошо адаптировался и широко расселился, успешно уничтожая заросли амброзии в агроценозах [5]. При

исследовании расселения листоеда в очагах амброзии и в посевах сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае был обнаружен неизвестный ранее феномен – формирование уединённых популяционных волн (УПВ) насекомых, движущихся без изменения формы с постоянной скоростью [8]. Для УПВ листоеда характерна необычная концентрация насекомых в узкой полосе – до 5000 особей на 1 м<sup>2</sup>. При этом скорость движения фронта волны достигала 3 м/сут [8]. Фронт волны достигал 1,5 км длины, и на одном поле, например, эспарцета (80 га) концентрировалось порядка 10 млн жуков. При перемещении по засорённому амброзией полю в тылу волны остаётся пространство полностью уничтоженной амброзии. Также отмечалось резкое снижение количества семян в почве. Так, анализ засорённости поверхностного слоя почвы на картофельном поле в с. Пелагиада показал [2], что запас семян амброзии сократился с 24000 на 1 м<sup>2</sup> в 1980 г. до 35 в 1985 г. Заметим, что на своей родине в Северной Америке этот листоед не образует плотных агрегаций [2].

К сожалению, после распада Советского Союза масштабные комплексные исследования ЗИН РАН, связанные с интродукцией амброзиевого полосатого листоеда, амброзиевой совки, а также других видов из отобранного О.В. Ковалёвым [2] комплекса фитофагов и патогенов амброзии, были свёрнуты. Сегодня, по прошествии сорока лет, несмотря на широкое расселение амброзиевого листоеда в Евразии, средняя плотность его популяции не превышает 2–3 жука на 1 м<sup>2</sup>, хотя наблюдаются и нерегулярные локальные скопления большого количества жуков. До последнего времени, а именно до обнаружения специалистами ВНИИБЗР РАСХН вспышки клопа периллюса (*Perillus bioculatus* F.) на Северном Кавказе [9], непротиворечивого объяснения феномена снижения плотности листоеда дано не было. Сегодня понятно, что попытки его объяснения низкой эффективностью листоеда как агента биоконтроля [10] некорректны. К тому же они плохо согласуются с более чем десятилетним опытом практического использования зигогаммы в борьбе с амброзией на полях интенсивного севооборота Ставропольского края [5]. Обнаружение большого количества периллюса, активно питающегося яйцами, личинками и имаго амброзиевого листоеда [9], позволяет предположить, что причиной снижения численности зигогаммы может быть классическая перестройка трофической цепи, вызванная закреплением в ней хищника верхнего уровня. В результате внедрения периллюса в систему амброзия – фитофаг образовалась трофическая цепь амброзия – фитофаг – энтомофаг, в которой в полном соответствии с теорией трофического каскада [11] произошло снижение плотности фитофага (листоеда) и повышение биомассы амброзии. Более того, мы полагаем, что акклиматизация периллюса стала результатом более ранней интродукции и акклиматизации специфического фитофага амброзии – амброзиевого листоеда *Zygogramma suturalis* F. (Chrysomelidae) [2].

Клоп периллюс считается едва ли не единственным перспективным агентом биоконтроля колорадского жука в Европе, и его акклиматизация имеет существенное значение для производителей овощей [9, 12].

В 1960–1970 гг. работы по интродукции периллюса из Северной Америки проводились в 10 странах Европы, в частности в ряде бывших республик СССР, в том числе и на юге России [12], но, как показывает анализ современных литературных данных, до сих пор его интродукция ни в одной из европейских стран не была успешной, несмотря на многолетние и интенсивные попытки акклиматизации.

Этот энтомофаг не смог акклиматизироваться в Европе, поскольку появление колорадского жука на картофеле существенно запаздывает для появляющихся весной самок периллюса [9]. Но именно в этот период выходят из почвы жуки амброзиевого листоеда, которые относятся к ближайшему для *Leptinotarsa* роду *Zygogramma*. Позднее рацион периллюса пополняется гусеницами амброзиевой совки – ещё одного привычного для него североамериканского вида [9]. То, что клоп периллюс пока обнаружен лишь в достаточно узкой полосе на Северном Кавказе, по-видимому, объясняется тем, что его выживание и закрепление здесь связаны с высокой плотностью листоеда в УПВ в 1980-е гг. [8].

Таким образом, несмотря на то что работы ЗИН РАН по интродукции зигогаммы были прекращены более двадцати лет назад, имеются все основания говорить об их успешности, в том числе в долгосрочной перспективе: именно акклиматизация и расселение этого вида сделали возможной последующую за ними интродукцию клопа периллюса – чрезвычайно важного для борьбы с колорадским жуком энтомофага.

#### Особенности задач выполняемого проекта

Рациональное и эффективное управление сложными агроэкологическими системами невозможно без понимания закономерностей их динамики. Решение поставленных в проекте задач не может базироваться лишь на анализе теоретических моделей или исключительно на обобщении полевых наблюдений. Особенностью выполняемого проекта, обеспечивающей достижимость заявленного результата, является синтез эксперимента (природного моделирования) и теории (математического моделирования). Данные полевых исследований позволят разработать и обосновать подходы к построению моделей, адекватно описывающих изучаемые процессы, при помощи которых, в свою очередь, будут верифицированы теоретические гипотезы о роли пространственных факторов и поведенческих механизмов в регулировании изучаемых трофических систем.

Задачи выполняемого проекта предусматривают исследование динамических свойств и реакции на биоманипулирование сложных пространственно-распределённых трофических систем: цепи амброзия – листоед – периллюс и трофической сети, включающей популяции пяти видов – картофеля, колорадского жука, амброзии, листоеда и периллюса. Для этих целей нами создаются математические модели изучаемых объектов. При построении моделей используются ранее апробированные методики описания активных направленных перемещений потребителей и моделирования эволюции генетической структуры пространственно-распределённой популяции [13, 14].

Следует отметить, что в истории биометода никогда ещё не рассматривались подходы совместного использования агентов биоконтроля для амброзии и колорадского жука. Подобная возможность представилась лишь сегодня, поскольку после акклиматизации зигогаммы впервые в мировой практике произошли акклиматизация и нарастание численности важнейшего хищника колорадского жука – клопа периллюса на Северном Кавказе [9].

В свою очередь акклиматизация периллюса, имеющего существенное экономическое значение для овощеводства, обуславливает актуальность восстановления и поддержания численности полосатого амброзиевого листоеда.

Одним из важных аспектов многолетней научной работы комплексной экспедиции ЗИН АН СССР [5] является то, что пассивного наблюдения за системой амброзия – листоед, пусть даже и на обширных территориях, недостаточно для понимания закономерностей её функционирования.

В этой связи при выполнении проекта будет решаться задача по формированию УПВ в естественных условиях. Её постановка обусловлена недооценкой в современной литературе феномена УПВ, большинство упоминаний о котором сводятся лишь к описанию этого явления как «интересного» и «редкого», а также к аналогиям с известными особенностями волновой динамики в возбудимых физических средах. При этом упускаются более важные прикладные аспекты, связанные с тем, что мероприятия по формированию и последующему поддержанию УПВ листоеда являются необходимым условием успешности применения методики использования полосатого амброзиевого листоеда, рекомендованной специалистами ЗИН РАН. Заметим, что подобные волновые процессы отмечались и в других успешных экспериментах подавления сорной растительности агентом-фитофагом [15]. По этой причине изучению роли УПВ как фактора эффективности биометода подавления сорняка [8], в том числе методами математического моделирования, нами будет уделено особое внимание.

#### Выводы

Несмотря на то что с начала выполнения данного проекта прошло лишь немного более двух месяцев, творческим коллективом уже выполнен значительный объем работ. И если участвующие в проекте специалисты по математическому моделированию и программированию не очень сильно зависят от погодных условий, то этого, по понятным причинам, нельзя сказать об участниках полевых исследований, сезон которых завершится с установлением холодов. В настоящее время проводятся экспедиционные работы по сбору жуков амброзиевого листоеда, оценке степени заражённости полей амброзией и её семенами, подготовке и заселению инсектария для зимовки жуков. На этом этапе важно получить объективные и достоверные показатели долгосрочной эффективности мероприятий по акклиматизации зигогаммы, которые проводились сотрудниками многолетней комплексной экспедиции ЗИН АН СССР с конца 70-х гг. и практически до распада Советского Союза. Одновременно

на Кубани краснодарскими участниками проекта из ВНИИБЗР и СГПИ ведутся работы по изучению биометодов борьбы с колорадским жуком, являющимся родственником амброзиевого листоеда.

Все полученные данные экспедиционных, полевых и лабораторных наблюдений сформируют информационную базу для решения теоретических задач математического моделирования динамики изучаемых агроэкосистем.

Полученные с помощью математических и природных моделей результаты исследований будут обобщены и проинтерпретированы для характеристики динамических свойств крупномасштабных управляемых агроценозов.

При изучении закономерностей функционирования комплекса амброзия–фитофаг–хищник будут представлены теоретическое обоснование и количественные оценки эффективности использования биологических методов подавления колорадского жука и ограничения распространения амброзии полынно-листной в зависимости от размеров заражённых сорняком участков и степени заражения.

Особое внимание будет уделено вопросам контроля сорной растительности и стабилизации динамики трофических систем, включающих в себя популяции животных, способных к активным направленным перемещениям, индуцирующих пространственную неоднородность. В частности, подготовлены рекомендации по формированию и поддержанию УПВ полосатого амброзиевого листоеда в целях повышения эффективности уничтожения зарослей амброзии и подавления колорадского жука энтомофагом периллюсом.

Фактически речь идёт о отработке методик следующего этапа борьбы с амброзией полынно-листной в новых, изменившихся за 20 лет, прошедших после прохождения УПВ листоеда, условиях агроценозов Северного Кавказа. Не менее важной задачей сегодня является адаптация биометода к условиям урбанизированных территорий, для которых проблема подавления амброзии остаётся весьма острой.

*Работа выполняется при частичной поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., проект «Новый подход к согласованному биологическому контролю амброзии полынно-листной и колорадского жука: полевые исследования, математическое моделирование и практические рекомендации» (шифр 2012-1.1-12-000-1001-033, соглашение № 8044).*

#### Литература

1. Матишов Г.Г., Есипенко Л.П., Ильина Л.П., Агасьева И.С. Биологические способы борьбы с амброзией в антропогенных фитоценозах Юга России. Ростов н/Д, 2011. 144 с.
2. Ковалёв О.В. Расселение адвентивных растений трибы амброзиевых в Евразии и разработка биологической

борьбы с сорняками рода *Ambrosia* L. (Ambrosieae, Astegaseae) // Теоретические основы биологической борьбы с амброзией / под ред. О.В. Ковалёва, С.А. Белокобыльско-го : тр. ЗИН АН СССР. Т. 189. Л., 1989. С. 7–23.

3. Gladioux P., Giraud T., Kiss L., Genton B.J., Jonot O., Shykoff J.A. Distinct invasion sources of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in Eastern and Western Europe // Biological Invasions. 2011. Vol. 13. P. 933–944.

4. Ковалёв О.В. Фитофаги амброзий (*Ambrosia* L.) в Северной Америке и их использование в биологической борьбе с этими сорняками в СССР // Зоол. журн. 1971. Т. 50, вып. 2. С. 199–209.

5. Теоретические основы биологической борьбы с амброзией / под ред. О.В. Ковалёва, С.А. Белокобыльско-го : тр. ЗИН АН СССР. Т. 189. Л., 1989. 235 с.

6. Картамышев В.Г., Ильина Л.П., Бокий Г.В. Видовой состав сорных растений в агрофитоценозах Ростовской области // Земледелие. 2006. № 3. С. 36–37.

7. Harris P., Piper G.L. Common ragweed (*Ambrosia* spp.: Compositae): Its North American insects and possibilities for its biological control // Commonwealth Institute Biological Control Technical Bulletin. 1970. Vol. 13. P. 117–140.

8. Ковалёв О.В., Вечернин В.В. Описание нового волнового процесса в популяциях на примере интродукции и расселения амброзиевого листоеда *Zygogramma suturalis* F. (Coleoptera, Chrysomelidae) // Энтомологическое обозрение. 1986. Т. 65, № 1. С. 21–38.

9. Исмаилов В.Я., Агасьева И.С. Хищный клоп *Perillus bioculatus* Fabr. Новый взгляд на возможности акклиматизации и перспективы использования // Защита и карантин растений. 2010. № 2. С. 30–31.

10. Reznik S.Ya. What we learned from the failure of the ragweed leaf beetle in Russia // Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds, 4–14 July 1999 / Neal R. Spencer (eds.). Bozeman, Montana, USA, 2000. P. 195–196.

11. Arditi R., Ginzburg L.R. How Species Interact. Altering the Standard View on Trophic Ecology. Oxford, 2012. 192 p.

12. Суитмен Х. Биологический метод борьбы с вредными насекомыми и сорными растениями : пер. с англ. М., 1964. 575 с.

13. Tyutyunov Yu., Titova L., Arditi R. A minimal model of pursuit-evasion in a predator-prey system // Mathematical Modelling of Natural Phenomena. 2007. Vol. 2, № 4. P. 122–134.

14. Тютюнов Ю.В., Жадановская Е.А., Ардиту Р., Медвинский А.Б. Пространственная модель развития устойчивости насекомых-вредителей к трансгенной инсектицидной сельскохозяйственной культуре на примере кукурузного стеблевого мотылька // Биофизика. 2007. Т. 52, вып. 1. С. 95–113.

15. Gassmann A. Classical biological control of weeds with insects: a case for emphasizing agent demography // Proceedings of the IX International Symposium on Biological Control of Weeds, 19–26 January 1996 / Moran V.C. and Hoffmann J.H. (eds). Stellenbosch, South Africa, 1996. P. 171–175.