УДК 630*4

Массовое разведение интродуцированного энтомофага *Chouioia cunea* Yang. Оценка возможности его применения для защиты леса

Ю. А. Сергеева, С. О. Долмонего – Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства

Рассмотрен процесс массового разведения энтомопаразитоида Chouioia cunea Yang – интродуцированного биологического агента – для защиты лесов от американской белой бабочки. Изложены результаты исследований способности энтомофага заражать разные виды фитофагов и нецелевых видов бабочек.

Ключевые слова: *паразитоид, фитофаги, массовое разведение, защита леса*

MASS REARING OF THE INTRODUCED ENTOMOPHAGE AND ASSESSMENT OF ITS APPLICATION OPPORTUNITIES IN FOREST PROTECTION

U. A. Sergeeva, S. O. Dolmonego – Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry

Description of pupae entomoparazitoid Chouioia cunea Yang an introduced biological agent to protect forests against white tiger moth mass rearing is presented. Findings of studies of entomophage capabilities to infect various phytophage species and non-target moth species.

Key words: *parasitoid, phytophages, mass rearing, forest protection*

В условиях интенсивного воздействия человека на окружающую среду, в том числе на лесные биоценозы, наблюдается все возрастающий интерес к практическому применению биологического метода защиты леса. Так, на 15-м Международном конгрессе по защите растений в Пекине (2004 г.) биологический метод контроля численности живых организмов был назван приоритетным направлением развития [1].

В последние годы большое число лесных организмов, попадающих в Европу и Россию, становятся здесь опасными вредителями [2, 13]. Одно из важных направлений защиты от них – разработка программ интродукции агентов биологической защиты.

Американская белая бабочка *Hyphantria cunea* Drury, 1773 (АББ) наносит существенный вред лиственным лесам, древесной растительности на сельскохозяйственных землях и городским зеленым насаждениям от западной границы России до границы с Казахстаном. В ряде европейских и азиатских стран, а также в бывш. СССР, энтомофагов этого вредителя неоднократно интродуцировали, однако ни один из них пока не акклиматизировался [4, 10, 11].

Проведенные в 2009–2011 гг. исследования подтвердили, что в России продолжается формирование паразитокомплексов АББ. Комплекс энтомофагов обширен, однако пока не разработано эффективного агента биологической защиты, способного быстро и эффективно сдерживать численность вредителя, поскольку высокий уровень паразитизма наблюдается в уже затухающих очагах [12].

В 1985 г. в Китае впервые был обнаружен новый вид энтомофага АББ – *Chouioia cunea* Yang, а в 1989 г. он был описан. Вид относится к отряду Hymenoptera, Надсемейству Chalcidoidea, Семейству Eulophidae, роду *Chouioia* [19]. *Ch. cunea* – групповой куколочный эндопаразитоид, его размеры 1–2 мм.

По сравнению с другими видами паразитоидов, поражающих АББ, *Ch. cunea* имеет высокий уровень паразитизма, быстро обосновывается в популяции хозяина, что делает этот вид привлекательным для интродукции. Широкий круг хозяев, короткий период развития, групповой паразитизм, пластичность к изменению параметров среды существования делают его достаточно технологичным видом для разведения в искусственных условиях [14, 17, 20, 21].

Интродукция *Ch. cunea* в очаги АББ может быть перспективной с точки зрения введения нового агента биологического контроля путем «наводнения» в очаги вредителя, что в ряде случаев позволит отказаться от химических обработок.

В 2011–2012 гг. в лаборатории биологических методов защиты леса ВНИИЛМ проведены работы по массовому разведению энтомопаразитоида на куколках галлерии – большой восковой моли *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera, Pyralidae). Работы проводили по технологической схеме, приведенной на рис. 1.

Разведение насекомого-хозяина и энтомопаразитоида – непрерывные, циклические и практически независимые друг от друга процессы. Ведение двух линий живых огранизмов, когда один является пищей другого, предусматривает синхронизацию воспроизводств: уязвимая стадия хозяина (в нашем случае – куколки галлерии) должна быть в наличии в период отрождения энтомофага. Для этого одновременно в лаборатории содержались все фазы развития галлерии. Таким образом было налажено конвейерное размножение культур насекомого-хозяина и энтомопаразитоида. Полученные куколки использовали для разведения паразитоида *Ch. cunea*. Разведение галлерии проведено по общепринятым методикам [3, 6, 9].

Оценка популяционных параметров разводимого энтомофага – важное звено в разработке технологии его производства и применения. При лабораторном культивировании возможны снижение плодовитости объекта разведения, изменение соотношения «самец : самка», нарушение поисковых способностей, предпочтение лабораторному хозяину и отказ от заражения естественных хозяев [5, 18]. Поэтому в процессе разведения необходимо оценивать качество культивируемого биоматериала.

Один раз в году размножение энтомопаразитоида проводили на куколках АББ – для восста-

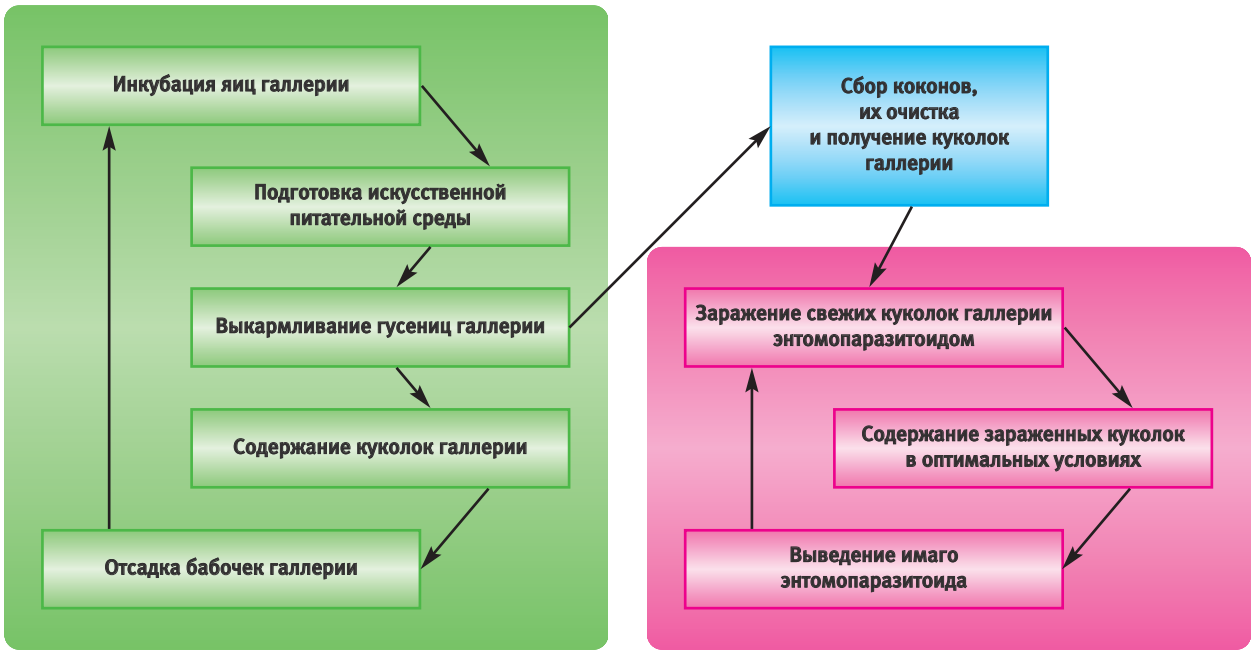

Рис. 1. **Технологическая схема ведения культур энтомопаразитоида и галлерии**

новления его популяционных качеств на естественном хозяине. Для оценки популяционных параметров *Ch. cunea* после 2-летнего культивирования на галлерии в партиях куколок разного времени заражения в 2012 г. выборочно определена доля зараженных куколок хозяина; число паразитоидов в одной куколке; соотношение самцов и самок; выживаемость (доля отродившихся).

Паразитоид заражает 85–98% куколок галлерии (табл. 1). Доля куколок с погибшими особями паразитоида возрастает при содержании насекомых при температуре выше 25 °С и ниже 20 °С. В ряде партий наблюдалось развитие бабочек галле-

Таблица 1. **Результаты заражения куколок галлерии энтомопаразитоидом в лабораторных условиях**

№ п/п	Дата заражения (число/месяц)	Число проанализированных куколок, шт.	Доля, %			
			зараженных куколок	погибших куколок	вылетевших бабочек галлерии	погибших паразитоидов в куколке галлерии
1	13.01	85	91,8	4,7	0	3,5
2	27.01	144	88,2	6,9	0	4,9
3	6.02	123	96,0	2,4	0	1,6
4	27.02	145	91,7	3,5	0	4,8
5	13.03	156	93,6	2,6	1,3	2,5
6	28.03	346	90,5	4,3	0,3	4,9
7	10.04	125	96,0	0,8	0,8	2,4
8	20.04	130	98,4	0	0,8	0,8
9	12.05	78	89,7	6,4	0	3,9
10	18.05	110	96,4	2,7	0	0,9
11	4.06	189	96,3	2,1	0	1,6
12	18.06	192	88,5	1,0	0	10,4
13	5.07	145	91,7	1,4	1,4	5,5
14	27.07	148	60,8	7,4	0	31,8
15	1.08	218	95,9	3,2	0	0,9
16	16.08	209	97,6	1,9	0	0,5
17	4.09	74	85,1	2,7	1,4	10,8
18	26.09	249	97,2	0,4	1,6	0,8
19	2.11	142	95,1	0	3,5	1,4

рии (до 3,5%), что связано с закладкой на заражение куколок в последних стадиях метаморфоза. Кроме того, погибала часть куколок галлерии (до 11%), что связано с микроповреждениями, полученными в процессе извлечения куколок из коконов.

В табл. 2 приведены данные, полученные при выборочном анализе куколок галлерии из разных партий.

Для сокращения трудозатрат были заложены опыты по изучению возможности заражения куколок галлерии без извлечения их из коконов. Коконы лишь надрезали ножницами, чтобы обеспечить паразитоиду доступ к куколке (рис. 2).

Результаты отрождения имаго паразитоида после заражениях куколок в коконах свидетельствуют о том, что в надрезанных коконах энтомофаг благополучно заражал куколки (табл. 3). В проанализированных партиях 96,4–99,0% куколок были паразитированы. Снизился процент погибших куколок в сравнении с данными, приведенными в табл. 1, за счет исключения повреждений при извлечении их из коконов. Отродившиеся особи *Ch. cunea* благополучно прогрызают кокон и выходят из него (рис. 3).

Таблица 2. **Данные учетов отрождения имаго *Ch. cunea* из куколок галлерии**

№ п/п	Длина/ширина куколки галлерии, мм	Число вышедших имаго паразитоида, шт.	Соотношение самцы : самки	Число не отродившихся из куколки особей паразитоида, шт.
1	15,1/4,0	144	1 : 3	12
2	14,9/4,0	339	1 : 22	23
3	13,8/3,5	296	1 : 32	6
4	13,5/3,6	388	1 : 15	14
5	15,2/4,1	412	1 : 8	10
6	12,8/2,6	367	1 : 8	21
7	12,3/2,4	285	1 : 20	16
8	13,6/3,8	311	1 : 4	8
9	14,2/3,5	112	1 : 34	34
10	14,8/3,8	324	1 : 2	18

Размер куколки не всегда влияет на число отродившихся имаго паразитоида. В куколках, где закончилось отрождение имаго *Ch. cunea*, всегда остаются погибшие, недоразвившиеся куколки и имаго паразитоида. Такая картина наблюдается при развитии не только в куколках галлерии, но и в куколках всех видов насекомых-хозяев, включая АББ и китайского дубового шелкопряда. Соотношение «самцы : самки» в разных куколках сильно варьировало – от 1 : 2 до 1 : 34.

Данные, полученные в 2012 г., согласуются с результатами работ 2011 г. [7, 8]. Двухлетнее культивирование *Ch. cunea* на галлерии не привело к потере качества биоматериала.

Паразитоид не заражает куколку галлерии, находящуюся в коконе, поэтому в 2011 г. и в первом полугодии 2012 г. разрезали коконы и извлекали из них куколок. Эти работы занимали значительную часть времени относительно всех остальных операций по разведению паразитоида: так, для получения 1 тыс. куколок необходимо затратить 15 человекочасов, из них 10 человекочасов – затраты на разрезание коконов и извлечение куколок.

Рис. 2. **Надрезанные коконы галлерии перед заражением энтомопаразитоидом**

Таблица 3. **Результаты заражения коконов галлерии энтомопаразитоидом в лабораторных условиях**

№ п/п	Дата заражения (число, месяц)	Число проанализированных куколок, шт.	Доля, %			
			зараженных куколок	погибших куколок хозяина	вылетевших бабочек галлерии	погибших паразитоидов в куколке галлерии
1	16.07	100	97,0	0	1,0	2,0
2	30.07	86	95,4	2,3	0	2,3
3	8.08	305	98,3	0	0	1,7
4	20.08	130	98,5	0	0,75	0,75
5	12.09	128	97,7	0,8	1,5	0
6	25.09	200	94,0	1,0	2,5	2,5
7	27.09	185	99,0	0,5	0	0,5
8	2.10	180	98,3	0,6	0,6	0,6
9	9.10	100	96,0	0	2,0	2,0
10	12.10	100	95,0	1,0	1,0	3,0
11	15.10	100	97,0	0	1,0	2,0
12	19.10	120	97,5	0,8	0,8	0,8
13	25.10	100	98,0	1,0	0	1,0
14	8.11	110	96,4	0	1,8	1,8

Рис. 3. **Вылетные отверстия энтомопаразитоида в коконах галлерии**

Если на разрезание и извлечение 100 куколок одному исполнителю требуется затратить 1 ч, то при надрезании коконов трудозатраты значительно сокращаются – не более 15 мин. Такой способ разведения *Ch. cunea* не только существенно снижает трудозатраты, но и позволяет предотвратить повреждение биоматериала.

При попытке усовершенствовать технологию разведения энтомопаразитоида путем заражения замороженных куколок галлерии предполагалось, что этот способ может быть предпочтительнее, так как позволил бы накапливать биоматериал галлерии и, при необходимости, легко синхронизировать получение нужной фазы развития паразитоида к необходимому периоду времени. Куколок галлерии замораживали в течение 2 сут., затем размораживали и заражали паразитоидом. Визуальные наблюдения показали, что самки *Ch. cunea* приступили к заражению куколок. Однако через 25 сут. в экспериментальной партии имаго паразитоида не отродились. Все куколки были вскрыты, но развития личинок паразитоида в них не было. Следовательно, такой способ разведения невозможен.

Ch. cunea является олигофагом. В список его хозяев, кроме АББ, входят также представители других семейств чешуекрылых, в том числе сельскохозяйственных и лесных фитофагов [16]. Возможность использования паразитоида в борьбе с другими видами вредителей требует дополнительных исследований.

Для оценки экологических рисков, связанных с выпуском *Ch. cunea* в природу, была изучена его способность поражать нецелевые виды бабочек, а также пупарии паразитических двукрылых. Потенциальная способность *Ch. cunea* развиваться на разных видах насекомых, обитающих в лесах в период выпуска энтомофага в природу, создает возможность сохранения его в биоценозах в период отсутствия подходящей фазы для заражения АББ.

Ch. cunea может быстро снизить численность АББ и способен перейти на другие виды альтернативных хозяев в природе [15]. При росте численности АББ паразитиод вновь начинает поражать основного хозяина.

Каждую зараженную куколку фитофага помещали в отдельную емкость, после отрождения паразитоидов их умервщляли, а затем вели подсчет особей и определяли их пол. Результаты заражения энтомопаразитоидом куколок разных видов насекомых приведены в табл. 4.

Таблица 4. **Результаты заражения *Ch. cunea* куколок насекомых**

Вид насекомого	Всего куколок, шт.	Куколки, зараженных паразитоидом, шт.	Погибшие куколки, шт.	Имаго хозяина, шт.	Максимальное число имаго *Ch.cunea* в одной куколке, шт. (самцы : самки)
Непарный шелкопряд *Lymantria dispar*	99	0	84	15	–
Лунка серебристая *Phalera bucephala*	43	19	24	0	875 (1:34)
Листовертки. Сем. *Tortricidae*	18	12	8	0	24,5 (1:8-1:22)
Сосновый бражник *Hyloicus pinastri*	34	17	16	1	1070 (1:6,5)
Ванесса черно-рыжая *Nymphalis xanthomelas*	10	10	0	0	486 – 1114 (1:3,6 – 1:7,5)
Пупарии *Diptera*	10	3	4	3	4 – 23 (1:4)

Таким образом, можно утверждать, что *Ch. cunea* может успешно развиваться не на всех видах насекомых. Так, заражение куколок непарного шелкопряда не привело к развитию в них паразитоида. Большая часть из них после заражения погибла (85%), 15% куколок завершили свое развитие, и из них вылетели бабочки. В куколках листоверток паразитоид успешно развивался в большинстве случаев. В 50% зараженных куколок соснового бражника произошло развитие энтомофага, в природе массового заражения куколок этого фитофага ожидать не следует. Такая же тенденция наблюдается и при заражении куколок лунки серебристой – развитие произошло в 44% случаев. В популяциях аборигенных видов вредителей можно ожидать снижения численности на 30–60%, в отличие от заражения паразитоидом куколок АББ в очагах массового размножения, когда эффективность достигает 80–90%. Сходные результаты получены и при заражении пупариев мух – из 10 пупариев развитие произошло лишь в 3-х; 4 пупария погибли.

Кроме приведенных в табл. 4 видов насекомых, были заражены единичные куколки фитофагов отряда *Lepidoptera*. Предварительные результаты развития паразитоида на них выглядят следующим образом. Энтомофаг развивался в куколках сибирского коконопряда *Dendrolimus superans sibiricus* Tschetverikov, 1908; шелкопряда-монашенки *Lymantria monacha* Linnaeus, 1758; сосновой совки *Panolis flammea* Denis & Schiffermüller, 1775; липового бражника *Mimas tiliae* Linnaeus, 1758; винного бражника *Deilephila elpenor* Linnaeus, 1758; парусника-махаона *Papilio machaon* Linnaeus, 1758; огневки крапивной-большой *Pleuroptya ruralis* Scopoli, 1763. Развития не произошло в куколках стрельчатки пси *Acronicta psi* Linnaeus, 1758; стрельчатки ольховой *Acronicta alni* Linnaeus, 1758; пяденицы-шелкопряда буруполосой *Lycia hirtaria* Clerck, 1795; совок сем. Noctuidae.

Наблюдения за поведением паразитоида в лаборатории показали, что при наличии куколок АББ самки заражают именно их, не проявляя интереса к другим куколкам. Внесение *Ch. cunea* в природные местообитания АББ не приведет к тотальной гибели всех обитающих на тот момент в лесу куколок бабочек и пупариев паразитических мух. Массовые выпуски энтомопаразитоида в очаги АББ позволят снизить численность вредителя при минимальном экологическом риске. Однако такие особенности вида не позволяют ожидать пролонгированной защиты насаждений после выпуска в течение ряда последующих генераций. Энтомопаразитоид не будет развиваться на других видах насекомых при отсутствии АББ, уже в следующем поколении зараженность куколок целевого вредителя единичная. Это подтверждается выводами (устные сообщения) В. В. Костюкова (ВНИИБЗР) и П. А. Мельника (Укр-

НИСКР), которые в течение ряда лет выпускали *Ch. cunea* в насаждениях Краснодара и Украины, но им не удавалось найти зараженных куколок АББ в последующих поколениях. Это свидетельствует о необходимости ежегодного получения данного биологического средства. Поэтому в Китае созданы биолаборатории по производству *Ch. cunea*.

Список литературы

1. Барайщук, Г. В. Экологические аспекты повышения устойчивости древесных насаждений Омского Прииртышья : автореф. дисс. … д-ра биол. наук / Г. В. Барайщук. – 2009. – 36 с.
2. Гниненко, Ю. И. Новые инвазивные вредители леса в России, проникшие в леса в начале XXI века / Ю. И. Гниненко // Лесной вестник. – 2011. – Вып. 4. – С. 74–77.
3. Жукаускене, Я. И. Питательная среда для разведения большой пчелиной огневки / Я.И. Жукаускене, Ю. М. Ширвинскас // Первое Всесоюзное совещание по проблемам зоокультуры : тез. докл. – Ч. 3. – М., 1986. – С. 150–152.
4. Ижевский, С. С. Интродукция и применение энтомофагов / С. С. Ижевский. – М. : Агропромиздат, 1990. – 223 с.
5. Коваленков, В. Г. Технология разведения и применения энтомофагов должна соответствовать регламентам / В. Г. Коваленков // Защита и карантин растений. – 2011. – № 6. – С. 43–46.
6. Методические указания по производственному испытанию хищного клопа подизуса против колорадского на раннем картофеле и баклажанах / С. С. Ижевский, Л. А.Зискинд, Н. А. Филиппов [и др.]. – М. : ВАСХНИЛ, 1984. – 28 с.
7. Сергеева, Ю. А. Первые итоги лабораторного культивирования *Chouioia cunea* Yang – энтомопаразитоида американской белой бабочки (*Hyphantria cunea* Drury) / Ю. А. Сергеева // Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых : матер. Всеросс. конф. с междунар. участием ; Красноярск, 25–27 сентября 2012 г. – С. 116–118.
8. Сергеева, Ю. А. Результаты экспериментальных исследований по массовому разведению энтомопаразитоида *Chouioia cunea* Yang / Ю. А.Сергеева // Защита растений – проблемы и перспективы : матер. докл. междунар. симпоз. ; информ. бюлл. ВПРС МОББ ; Кишинев, 30–31 октября 2012 г. – С. 249–252.
9. Способ выращивания вощинной моли (*Galleria mellonella* L.) для разведения энтомофагов // URL: http://www.patent.uz/document/Bul9_2009.pdf.
10. Старец, В. А. Биология американской белой бабочки и меры борьбы с ней : обзор / В. А. Старец. – Кишинев, 1968. – 40 с.
11. Чураев, И. А. Американская белая бабочка / И. А.Чураев. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 102 с.
12. Шамилов, А. С. Американская белая бабочка и система защитных мероприятий в очагах ее массового размножения : дисс. … к. б. н. / А. С. Шамилов. – 2011– 177 с.
13. Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов // Сб. мат. Всеросс. конф. по экологической безопасности России ; 4–5 июня 2002 г. – М. : ИПЭЭ им. А. Н. Северцева, IUCN (МСОП), 2002. – 118 с.
14. Мельник, П. О. Методика массового розведення ентомопаразита АБМ хойойі / П. О. Мельник, Л. І. Колісниченко, А. А. Сикало. – Чернівці, 2000. – 14 с.
15. Frederiksen, P. Invasive Alien Species – Basic Studies in Natural Sciences / P. Frederiksen, B. Ivanov, L. Zhang , Zh. Wang // Roskilde Universitets center, 2007. – Nib 14.2. – 59 p.

16. Studies utilizing parasitoid Chouioia cunea Yang (Hymenoptera: Eulophidae) for sustainable control of fall webworm / Z.Q. Yang, X.Y. Wang, C.Z. Wang, X.R. Qiao, J.J. Pang // Scientia Silvae Sinicae, 2005. – 41(5). – P. 72–80.

17. Tian, Xiu-Ling Reproduction and Biological Characteristic of Chouioia cunea / Xiu-Ling Tian , Hong-Kui Wang, Feng-Ying Jiang // Journal of Forestry Research, 2002. – V.13. – № 4. – P. 331–333.

18. Van Lenteren, J. C. Mass production, storage, shipment and quality control of natural enemies / J. C. Van Lenteren, M.G. Tommasini // Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops Developments in Plant Pathology, 2002. – V. 14. – P. 276 – 294.

19. Yang, Z. A new genus and species of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) parasitizing Hyphantria cunea (Dru) (Lepidoptera: Arctiidae) in China / Z. Yang // Entomotaxonomia, 1989. – V. 11. – № 1–2. – P. 117–130.

20. Yang, Z. Q. Anatomy of internal reproductive system of Chouioia cunea (Hymenoptera, Chalcidoidea: Eulophidae) / Z.Q. Yang // Scientia Silvae Sinicae, 1995. – 31(1). – P. 23–26.

21. Yang , Jian-rong Wei. Mass rearing and augmentative releases of the native parasitoid Chouioia cunea for biological control of the introduced fall webworm Hyphantria cunea in China / Jian-rong Wei Yang , Xiao-yi Wang // BioControl: Journal of the International Organization for Biological Control, 2006. – V. 51. – № 4. – P. 401–418.