

УДК 632.937.19+582.232/.275 –155.7

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ: ОТХОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ КАК ИСТОЧНИК БИОЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Гольдин Е. Б.

ФГОАУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
Симферополь, evgeny_goldin@mail.ru

Технологический регламент получения кормового белково-витаминного концентрата из биомассы природных популяций цианобактерий (около 98 % *Microcystis aeruginosa*), разработанный в Институте гидробиологии НАН Украины, предусматривает образование 90 м³ жидких отходов на 40 т продукта. Нами предложено использование отходов производства в качестве природных пестицидов, а серия опытов на личинках насекомых 2 и 3 возрастов показала высокий уровень их активности. Обработка листьев растений-хозяев отходами в 1:1; 1:2 и 1:4 разведениях вызвала сильное угнетение питания по сравнению с контролем: в 1,25–1,68 раза для кольчатого коконопряда, в 2,1–7,9 раза для американской белой бабочки и в 1,5–1,9 раза для колорадского жука. Масса личинок была значительно меньше, чем в контроле – на 57,0 % для кольчатого коконопряда, на 67,6 % для американской белой бабочки и на 77,9–84,3 % для колорадского жука при нарушении метаморфоза. Полная гибель американской белой бабочки и колорадского жука (личинки 2 возраста) наблюдалась на 5 и 15 сутки соответственно. Смертность кольчатого коконопряда составила 72,0% (15 сутки) и 80,0–88,0% (20 сутки). Большинство личинок 3 возраста всех видов отмирало в течение 15–20 суток. Отходы обладали кишечным и контактным действием.

Ключевые слова: цианобактерии, *Microcystis aeruginosa*, белково-витаминный концентрат, растительноядные насекомые, природные пестициды, ингибирующее действие, колорадский жук, американская белая бабочка, кольчатый коконопряд, Крым.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мировая наука уделяет особое внимание изучению действия токсинов и биологически активных веществ цианобактерий на организмы различного эволюционного уровня и их роли в межвидовых взаимоотношениях [1–3].

Результаты исследований последних десятилетий, включая данные автора [4–11], показывают, что вторичные метаболиты цианобактерий оказывают влияние на жизненные функции растительноядных организмов, вызывая стрессовые явления и общее снижение биотического потенциала. Биоцидная активность цианобактерий по отношению к членистоногим характеризуется сложным и многосторонним механизмом, близким к действию защитных секретов низших и высших растений на фитофагов (ингибирование основных жизненных функций, в том числе детергентное, тератогенное и дерепродукционное действия). Такие эффекты мы наблюдали в лабораторных и полевых опытах [7, 8, 10], и это позволяет сделать заключение о защитном характере действия нетоксичных метаболитов цианобактерий; например, этими свойствами обладают липидные и терпеновые соединения [9, 12].

Действие проб природных популяций цианобактерий, включающих *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. и *Dolichospermum flos-aquae* Wacklin, Hoffmann et Kom. [= *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. ex Born. & Flauh.], изучено нами на модельных тест-объектах – колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) и американская белая бабочка (*Huphantria cunea* Drury, 1773).

Детергентные и ингибирующие свойства цианобактерий (угнетение процессов питания, метаморфоза, роста, размножения и выживаемости) проявились в экспериментах в большей степени, чем токсичные, особенно в случаях потребления корма насекомыми на стадиях младших личиночных возрастов. Подавление трофической функции личинок подтверждается визуальными наблюдениями и данными измерения листовой поверхности. Ингибирование питания и отставание личинок в росте приводит к нарушениям метаморфоза. В различных экспериментах у колорадского жука имаго формируются в 2,0–4,4 раз реже, чем в контроле, причем процессы окукливания и выхода имаго сопровождаются значительными морфологическими отклонениями от нормы в виде

тератогенеза (нежизнеспособные куколки со сморщенной кутикулой у американской белой бабочки и имаго с редуцированными надкрыльями у колорадского жука). В то же время эффект последствия проявился в нарушениях процессов окукливания, формирования имаго и личиночном, куколичном и имагинальном тератогенезе. В конечном итоге, смертность регистрируется на всех фазах развития, приводя к относительно высокому суммарному летальному эффекту [7, 8].

Биоцидные метаболиты цианобактерий могут быть источником препаратов, предназначенных для биологического контроля численности вредных организмов [12–15], что представляет собой одну из наиболее перспективных тенденций в прикладном аспекте использования альгометаболитов. К числу важнейших задач в этом аспекте относятся различные технологические подходы к разработке, получению и применению новых препаративных форм на их основе [16]. В качестве вариантов решения проблемы нами рассматривались порошковидный альгопрепарат из природных популяций цианобактерий [15], интенсивная альгологически чистая культура *M. aeruginosa* [17], лизаты цианобактерий цианофагами [14] и применение приемов смешанного культивирования видов-антагонистов [18].

Представленные в статье материалы принадлежат к этому циклу исследований.

Цель работы состоит в разработке нового биотехнологического направления, связанного с комплексным использованием альгологического сырья при получении белково-витаминного концентрата. Прежде всего, это относится к параллельной утилизации отходов производства для создания биоцидных препаратов, в частности природных пестицидов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Технологический регламент производства кормового белково-витаминного концентрата из биомассы природных популяций цианобактерий (сестона, включающего около 98 % *M. aeruginosa*), разработан в Институте гидробиологии НАН Украины [19, 20]. Первичным сырьем для производства белково-витаминного комплекса служит паста, полученная из биомассы цианобактерий, из которой предварительно удалены углеводные компоненты, предназначенные для культивирования дрожжей. Производственный процесс включает ряд последовательных этапов комплексной переработки материала: упаривание, сгущение и солянокислый гидролиз, очистку солянокислого гидролизата и нейтрализацию сернокислотного гидролизата, дехлорирование (нейтрализация) солянокислого гидролизата, его сгущение и сушку. Технология получения конечной продукции предусматривает образование 90 м³ жидких отходов на 40 т готового концентрата белковых веществ, и для завершения полного цикла необходимо обеспечить рациональное использование сопутствующих материалов.

Нами предложена схема применения отходов производства в качестве сырья для природных пестицидов. Для ее обоснования в качестве тест-объектов выбраны личинки массовых видов растительноядных насекомых – кольчатого коконопряда *Malacosoma neustria* L., американской белой бабочки и колорадского жука, которые на стадиях второго и третьего возрастов подвергались испытаниям в серии экспериментов. Насекомые были собраны в агробиоценозах предгорного Крыма. Листья растений-хозяев (абрикос для кольчатого коконопряда, клен ясенелистный для американской белой бабочки и картофель для колорадского жука) обрабатывали отходами, разбавленными дистиллятом в 1:1; 1:2 и 1:4 концентрациях, при помощи лабораторного опрыскивателя. В качестве контроля использовали корм без обработки или листья, опрысканные водой.

Насекомых содержали в стеклянных сосудах емкостью 1,0 л, по 10–15 особей в каждом, вариант опыта включал 5–10 повторностей. В модельных экспериментах определяли биоцидную активность отходов, наблюдая за питанием (% потребленной листовой поверхности/на одну особь), пищевым поведением, ростом, метаморфозом и выживаемостью в течение 10–20 суток. Подопытных и контрольных особей подвергали гистологическому обследованию на третьи, пятые и седьмые сутки экспериментов [21, 22]. Отходы в разведении дистиллятом 1:2 были подвергнуты полевому тестированию на

гусеницах американской белой бабочки 2-го возраста, заселивших посадки клена ясенелистного (в каждом варианте 75 особей; повторность по вариантам трехкратная), для размещения и учетов насекомых использовали марлевые садки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты демонстрируют высокий уровень активности отходов переработки биомассы цианобактерий, проявляющийся в зависимости от их концентрации, – общий ингибирующий эффект и угнетение ряда жизненных функций насекомых (питание, метаморфоз, ростовые процессы, размножение и выживаемость) и смертность личинок.

Детеррентное действие. Обработка листьев растения-хозяина, вызывает заметное ингибирование трофических функций насекомых по сравнению с контрольными особями: в 1,25–1,68 раза для кольчатого коконопряда, в 2,1–7,9 раза для американской белой бабочки и в 1,5–1,9 раза для колорадского жука. Однако пищевое поведение и динамика питания имеют видовую специфику.

У гусениц кольчатого коконопряда трофическая активность в течение первых пяти дней значительно угнетена по сравнению с контролем (на 5-е сутки в опыте поглощено 5,8 % корма, в контроле – 8,8 %). После этого периода и замены корма на необработанный различий в питании не отмечено.

Гусеницы американской белой бабочки сохраняют негативную пищевую реакцию на корм на протяжении всего эксперимента, даже после замены листьев на необработанные. Показатели питания в опыте на 3-и сутки в опыте 0–3,0 %, а в контроле – 5,0–8,62 %; соответственно на 7-е сутки – 25,0 % и 80,0–92,0 %, а на 10-е сутки – 15,0 % и 74,0 %. В ряде вариантов питание полностью ингибировано.

Питание личинок колорадского жука ингибировано в течение 5-и суток (42,0 % поглощенного корма против 68,0 % в контроле), но после замены корма на свежий и необработанный трофическая функция восстанавливается.

Угнетение ростовых процессов. Масса личинок в вариантах опыта значительно уступает аналогичному показателю в контроле – на 57,0 % для кольчатого коконопряда, на 67,6 % для американской белой бабочки и на 77,9–84,3 % для колорадского жука при нарушении метаморфоза у всех тест-объектов.

Тератогенез. Наблюдаются проявления личиночного, кукольного и имагинального тератогенеза (нежизнеспособные куколки со сморщенной кутикулой у американской белой бабочки и имаго с редуцированными надкрыльями у колорадского жука).

Гибель тест-объектов. В ряде случаев полная гибель личиночных фаз американской белой бабочки и колорадского жука второго возраста происходит на 5-е и 15-е сутки соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Влияние жидких отходов, образующихся при производственной переработке биомассы цианобактерий после удаления белково-витаминного комплекса, на выживаемость личинок растительноядных насекомых (2-й возраст)

Виды насекомых	Вариант	Число насекомых	Гибель насекомых, %			
			5 сутки	10 сутки	15 сутки	20 сутки
Кольчатый коконопряд	Опыт	50	38,0	58,0	72,0	88,0
	Контроль: вода	50	4,0	4,0	8,0	8,0
	НСР ₀₅	-	18,1	15,2	11,8	6,6
Американская белая бабочка	Опыт-1	30	100,0			
	Контроль: вода-1	30	3,3			
	Опыт-2	30	20,0	26,7	43,3	56,7
	Контроль: вода-2	30	0	0	8,3	13,3
	НСР ₀₅	-	15,1	15,0	7,5	11,2

Продолжение табл. 1

Виды насекомых	Вариант	Число насекомых	Гибель насекомых, %			
			5 сутки	10 сутки	15 сутки	20 сутки
Колорадский жук	Опыт-1	30	60,0	86,0	100,0	
	Контроль: вода-1	30	0	0	1,7	
	Опыт-2	30	40,0	50,0	73,3	
	Контроль: вода-2	30	3,3	16,7	23,3	
	НСР ₀₅	-	8,5	8,4	16,7	

Гусеницы кольчатого коконопряда проявляют более высокий уровень устойчивости. Их смертность находится в пределах 72,0 % (15-е сутки) и 80,0–88,0 % (20-е сутки). Большинство личинок 3-го возраста всех тест-объектов отмирает в течение 15–20 суток. При серийных разведениях отходов дистиллятом показатели гибели насекомых варьируют на протяжении экспериментов, но уравниваются к 20-му дню (табл. 2), что указывает на существование определенного механизма действия, при котором отмирание насекомых происходит за счет общего угнетения жизненных функций организма.

Таблица 2

Влияние жидких отходов, образующихся при производственной переработке биомассы цианобактерий после выделения белково-витаминного комплекса, на выживаемость личинок колорадского жука при серийных разведениях.

Вариант (серийные разведения)	Гибель личинок, %									
	2-й возраст					3-й возраст				
	5 сутки	7 сутки	10 сутки	15 сутки	20 сутки	5 сутки	7 сутки	10 сутки	15 сутки	20 сутки
1:4	3,3	10,0	63,3	73,3	76,7	26,7	33,3	40,0	43,3	80,0
1:2	13,3	23,3	43,3	50,0	76,7	16,7	33,3	43,3	46,7	70,0
1:1	3,3	10,0	30,0	36,7	86,7	3,3	16,7	20,0	23,3	76,7
Контроль: вода	0	0	0	10,0	10,0	0	0	0	6,7	23,3
НСР ₀₅	12,4	26,3	22,2	28,8	24,5	9,2	20,1	31,2	33,2	28,3

Механизм летального действия. Различные приемы обработки показывают ускоренную динамику смертности тест-объектов при нанесении отходов на листья растений (табл. 3).

Таблица 3

Механизм действия жидких отходов, образующихся при производственной переработке биомассы цианобактерий после выделения белково-витаминного комплекса, на гибель личинок растительоядных насекомых 2-го возраста (30 особей в каждом варианте).

Вариант	Гибель личинок, %									
	Колорадский жук					Американская белая бабочка				
	5 сутки	7 сутки	10 сутки	15 сутки	20 сутки	5 сутки	7 сутки	10 сутки	15 сутки	20 сутки
Обработка корма	10,0	40,0	73,3	96,7	96,7	1,3	20,0	20,0	66,7	100,0
Обработка насекомых	0	16,7	20,0	40,0	76,7	46,7	56,7	56,7	63,3	80,0
Обработка корма и насекомых	16,7	53,3	76,7	93,3	93,3	40,0	46,7	50,0	73,3	100,0
Контроль: вода	0	0	3,3	13,3	13,3	0	0	0	0	0
НСР ₀₅	8,4	18,3	17,5	20,9	14,5	20,6	24,0	26,3	19,0	15,0

Материалы гистологических обследований демонстрируют картину аналогичную той, которую мы наблюдали при действии природных популяций цианобактерий на организм насекомого [21, 22]. Гибель личинок происходит из-за последовательно прогрессирующих глубоких патологических изменений в органах пищеварения, выделения и в жировом теле в течение от трех до семи суток. Однако отходы обладают не только кишечным, но и контактным действием: обработка поверхности тела личинок приводит к нарушениям в дыхательной системе, покровных тканях, субкутикулярных отделах жирового тела и к гибели личиночных фаз американской белой бабочки (80,0 %) и колорадского жука (76,7 %) на протяжении 19 дней.

Действие отходов в полевых условиях. Обработка растений привела к гибели 73-х гусениц из 75-и в опытном варианте на протяжении 20 суток; в контроле погибшие особи не были обнаружены. В контрольном варианте сформировались 32 куколки, а в опытном – две.

Обсуждение. Таким образом, экспериментально доказано, что в условиях промышленной и полупромышленной переработки биомассы природных популяций цианобактерий возможно комплексное использование сырья для получения белково-витаминных концентратов и биоцидных препаратов, которые могут быть предназначены для применения против личиночных фаз растительноядных насекомых на стадии младших возрастов. Следует отметить, что средства, изготовленные на основе цианобактерий, характеризуются в первую очередь не истребительным, а селективно-профилактическим действием, направленным на снижение вредоносности и сдерживание развития популяций фитофагов.

ВЫВОДЫ

1. Комплексная переработка биомассы природных популяций цианобактерий позволяет получать не только белково-витаминный концентрат в качестве основного продукта, но и селективно-профилактические средства, ингибирующие развитие фитофагов.

2. Полученные первичные препаративные формы обладают разносторонним действием на организм растительноядных насекомых: детеррентной активностью, угнетением ростовых процессов, тератогенезом, которые приводят в совокупности к гибели тест-объектов и угнетению их популяций.

3. Отходы переработки биомассы цианобактерий характеризуются кишечным и контактным механизмом влияния, при комплексной обработке насекомых эффект усиливается.

Список литературы

1. Hay M. Chemical defense against different marine herbivores: are amphipods insect equivalents? / M. Hay, J. E. Duffy, C. A. Pfister, W. Fenical // *Ecology*. – 1987. – Vol. 68. – P. 1567–1580.
2. *Algal Chemical Ecology* / [C. D. Amsler, ed.]. – Berlin – London: Springer, 2008. – 313 p.
3. Macias F. Allelopathic agents from aquatic ecosystems: potential biopesticides models / F. Macias, J. Galindo., M. Garcia-Diaz, J. Galindo // *Phytochem. Rev.* – 2008. – 7. – P. 155–178.
4. Paul V. J., Chemical defenses: from compounds to communities / V. J. Paul, K. E. Arthur, R. Ritson-Williams, C. Ross., K. Sharp. // *Biol. Bull.* – 2007. – 213. – P. 226–251.
5. Гольдин Е. Б. Одноклеточные водоросли - новое микробиологическое средство борьбы с вредными насекомыми / Е. Б. Гольдин // *Актуальные вопросы теории и практики защиты с.-х. растений от вредителей и болезней*. – М., 1982. – С. 70–71.
6. Гольдин Е. Б. Микроскопические водоросли как трофоингибиторы вредных насекомых / Е. Б. Гольдин, Н. В. Кандыбин // *Сельскохозяйственная биология*. – 1987. – № 6. – С. 45–50.
7. Гольдин Е. Б. Цианобактерии и растительноядные организмы: особенности межвидовых взаимоотношений / Е. Б. Гольдин // *Мікробіологія і біотехнологія* – 2009. № 4 (8). – С. 64–69.
8. Гольдин Е. Б. Определение уровня биоцидной активности природных популяций цианобактерий / Е. Б. Гольдин // *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. – Симферополь, 2011. – Вып. 5. – С. 153–163.

9. Гольдин Е. Б. Эколого-биологическое значение терпенов и их практическое использование: методологические аспекты / Е. Б. Гольдин, В. Г. Гольдина // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – Симферополь, 2011. Вып. 4. – С. 104–111.
10. Гольдин Е. Б. Биологическая активность микроводорослей и ее значение в межвидовых взаимоотношениях / Е. Б. Гольдин // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – Симферополь, 2013. – Вып. 9. – С. 49–76.
11. Гольдин Е. Б. Динофлагелляты: биоразнообразие и биоцидность / Е. Б. Гольдин // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – Симферополь, 2014. – Вып. 11 (30). – С. 125–130.
12. Gol'din E. B. Insecticidal activity of harmful cyanobacteria: the role of terpene substances / E. B. Gol'din, V. G. Gol'dina // Harmful Algal Blooms 2000 [G. Hallegraeff et al., eds.]. – IOC of UNESCO, Paris, 2001. – P. 403–406.
13. Гольдин Е. Б. Антибактериальная активность альгологически чистых культур цианобактерий и микроводорослей / Е. Б. Гольдин // Микробиол. журн. – 2003. – 65 (4). – С. 68–76.
14. Гольдин Е. Б. Фаголизаты цианобактерий: их биоцидность и использование / Е. Б. Гольдин, М. И. Менджул // Микробиол. журн. – 1996. – 58 (5). – С. 51–58.
15. Gol'din E. B. The blue-green algae as the producers of the natural pesticides // E. B. Gol'din, L. A. Sirenko // Альгология. – 1998. – № 1. – С. 93–104.
16. Гольдин Е. Б. Биологическая защита растений в свете проблем XXI века / Е. Б. Гольдин // Геополитика и экодинамика регионов. – 10 (2). – Симферополь, 2014. – С. 99–107.
17. Гольдин Е. Б. Интенсивное культивирование *Microcystis aeruginosa* и контроль численности растительноядных насекомых / Е. Б. Гольдин // Современные проблемы альгологии: Мат. межд. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9-13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 103–105.
18. Гольдин Е. Б. Цианобактерии в смешанных культурах и их биоцидная активность / Е. Б. Гольдин // Водоросли и цианобактерии в природ. и с.-х. экосистемах: Мат. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Э. А. Штиной. – Киров, 11-16 октября 2010 г. – Киров, 2010. – С. 84–88.
19. Технологический регламент производства кормовых концентратов белковых веществ из сестона (синезеленых водорослей) на опытной установке / Л. А. Сиренко и др. – Киев, 1976.
20. Сиренко Л. А. Биологически активные вещества водорослей и качество воды / Л. А. Сиренко, В. Н. Козицкая. – Киев: Наукова думка. 1988. – 256 с.
21. Gol'din E. B. Harmful cyanobacteria-invertebrates relations: histopathological picture in fall webworm. / E. B. Gol'din // Harmful Algae 2002 [K. A. Steidinger et al., eds.]. – Florida Marine Research Institute, Florida Fish and Wildlife Commission, Florida Institute of Oceanography, IOC of UNESCO, 2004. – P. 476–478.
22. Гольдин Е. Б. Особенности действия цианобактерий на колорадского жука в свете гистопатологической характеристики / Е. Б. Гольдин // V International Conference “Actual Problems in Modern Phycology”. 3–5 November 2014, Chisinau, Moldova. – Chisinau: CEP USM, 2014. – P. 174–178.

Гольдин Е. Б. Комплексне використання біомаси цианобактерій: відходи переробки як джерело біоцидних препаратів // Екосистеми. Симферополь: КФУ, 2015. Вип. 1 (31). С. 14–20.

Технологічний регламент одержання кормового білково-вітамінного концентрату з біомаси природних популяцій цианобактерій (приблизно 98 % *Microcystis aeruginosa*), що був розроблений в Інституті гідробіології НАН України, передбачає утворення 90 м³ рідинних відходів на 40 т продукції. Нами запропоновано використання відходів виробництва як природних пестицидів, а серія дослідів на личинках комах 2 та 3 візрів показала високий рівень їх активності. Обробка листів рослин-хазяїв відходами в 1:1; 1:2 і 1:4 розчинені викликала інгібування харчування у порівнянні з контролем: в 1,25–1,68 разів для кільчастого коконопряда, в 2,1–7,9 разів для американського білого метелика та в 1,5–1,9 разів для колорадського жука. Маса личинок була значно менш за контрольних – на 57,0 % для кільчастого коконопряда, на 67,6 % для американського білого метелика та на 77,9–84,3 % для колорадського жука при порушенні метаморфозу. Повна загібель американського білого метелика та колорадського жука (личинки 2 візраста) відзначена на 5 і 15 доби відповідно. Смертність кільчастого коконопряда була 72,0 % (15 доба) і 80,0–88,0 % (20 доба). Більшість личинок 3 візраста всіх видів відмерло протягом 15–20 діб. Відходи мають кишкову і контактну дію.

Ключові слова: цианобактерії, *Microcystis aeruginosa*, білково-вітамінний концентрат, рослиноїдні комахи, природні пестициди, інгібуюча дія, колорадський жук, американський білий метелик, кільчастий коконопряда, Крим.

Gol'din E. B. Complex using of cyanobacterial biomass: waste as the source of biocidal preparations // Ekosystemy. Simferopol: CFU, 2015. Iss. 1 (31). P. 14–20.

Regulation of forage protein-vitaminous concentrate production from biomass of natural cyanobacterial associations (about 98 % of *Microcystis aeruginosa*) was created in the Institution of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine. The paste deprived of carbohydrate components was used as a raw material. Technological process includes complex treatment of this substance with the production of protein-vitaminous concentrate (40 t) and 90 m³ of waste liquid products. Our suggestions are turned to using of waste materials as natural pesticides. Herbivorous insect larvae (Colorado potato beetle, fall webworm and lackey moth) of the 2nd and 3rd instars

were tested in a series of experiments. A treatment of host-plant leaves by waste liquid (in 1:1; 1:2 and 1:4 concentrations) lead to strong inhibitory action. Waste materials have a high level of biocidal activity; cause general inhibitory effect, *e. g.*, suppression of vital functions (nutrition, metamorphosis, growth processes, reproduction, and viability), and increase larval mortality. Larval nutrition was inhibited: these rates were 1.25–1.68 times for lackey moth, 2.1–7.9 for fall webworm and 1.5–1.9 times for Colorado potato beetle. Larval mass in experimental versions was quite less than in control – in 57.0 % for lackey moth, in 67.6 % for fall webworm and in 77.9–84.3 % for Colorado potato beetle. Normal process of metamorphosis was broken, and teratogenesis took place. Total mortality of fall webworm and Colorado potato beetle (2nd instar larvae) was observed on the 5th and 15th day accordingly. Lackey moth elimination achieved 72.0 % on the 15th day and 80.0–88.0 % on the 20th day. Larval mortality is due to deep pathological changes in digestive and excretory organs, and in fat body. Waste materials possess the intestinal action, and the contact effect: treatment of larval surface caused the disturbance in respiratory system, cover tissue, and subepidermal part of fat body, and also the mortality of fall webworm (80.0 %), and Colorado potato beetle (76.7 %).

Key words: cyanobacteria, *Microcystis aeruginosa*, protein and vitaminous concentrate, herbivorous insects, natural pesticides, inhibitory action, Colorado potato beetle, fall webworm, lackey moth, Crimea.

Поступила в редакцию 12.12.2015 г.