

УДК 638.26

© 2004 г. Я. А. БАЧИНСКАЯ, А. З. ЗЛОТИН, Т. Ю. МАРКИНА

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ КУЛЬТУР НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА, *LYMANTRIA DISPAR* L. (LEPIDOPTERA: LYMANTRIIDAE) И ЗЕРНОВОЙ МОЛИ, *SITOTROGA CEREALELLA* OLIV. (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

Постановка проблемы. Известно, что при разведении насекомых в техноценозе нарушается характер пространственной структуры популяций, свойственный данному виду в природе. Повышается плотность посадки особей, что отрицательно влияет на характер эндокринных процессов у насекомых, их поведенческие реакции и общую жизнеспособность культур (Злотин, 1981, 1989, 2003; Злотин, Головки, 1998). Поэтому разработка приёмов оптимизации пространственной структуры культур насекомых – важнейшая из задач технической энтомологии (Злотин, Головки, 1998; Бачинская, Маркина, 2003). К сожалению, до наших исследований, приемы оптимизации пространственной структуры культур насекомых не были разработаны, а «оптимизация» сводится к экспериментальному подбору оптимальной площади посадки особей (Злотин, 2003, Кривда, Маркина, 2001).

Анализ основных исследований и публикаций, в которых начато решение проблемы. Под структурой искусственных популяций насекомых понимают любое подразделение культуры как единого целого на связанные в определенном порядке части (Злотин, 1981, 1989; Злотин, Головки, 1998). Структура культур определяется степенью её гетерогенности по целому ряду признаков, зависящих от таких особенностей как возрастной и половой состав, пространственное распространение, генетические, этологические и другие особенности групп особей, составляющих культуру насекомых (Злотин, Головки, 1998).

Под пространственной структурой популяций принято понимать характер размещения на определенной территории отдельных особей и их группировок (Яблоков, 1987). Он зависит от огромного разнообразия внешних условий, а также от биологических особенностей отдельных членов популяции (их гетерогенности), прежде всего от их подвижности и склонности к агрегации.

Пространственная структура популяций насекомых обеспечивает минимальную конкуренцию между особями в данных условиях при сохранении возможности необходимых контактов между ними, что способствует поддержанию информационных и функциональных связей.

Имеется достаточно литературных данных, свидетельствующих о том, что с увеличением плотности популяций культивируемых видов насекомых (особенно склонных к вспышкам массового размножения) изменяется характер пространственной структуры культур (Злотин, 1981, 1989; Злотин, Головки, 1998; Бачинская, Маркина, 2003). Обусловлено это тем, что пространственная структура популяций насекомых довольно лабильна, носит адаптивный характер, повышает возможность популяции рационально использовать жизненное пространство, пищевые ресурсы, места окукливания, размножения, откладки яиц и др. (Злотин, Головки, 1998).

Цель исследований. Целью наших исследований являлось изучение возможности оптимизации пространственной структуры культур насекомых с учётом целей программ их разведения.

Методика исследований. Исследования проводились на кафедре зоологии Харьковского национального педагогического университета им. Г. С. Сковороды с 2000 по 2003 гг. В опытах использовали лабораторную культуру непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.), поддерживаемую на искусственной питательной среде (Дубко, 1995). Условия культивирования соответствовали рекомендованным (Злотин, 1966).

Bachinskaya Ya. A. Institute for Sericulture of UAAS,

Merefa, Kharkovsky Rayon, Kharkovskaya Oblast, 62472, UKRAINE

Markina T. Yu. Department of Zoology, Kharkov National Pedagogical University,

ul. Blyukhera, 2, Kharkov, 61168, UKRAINE; e-mail: markina@yandex.ru

Zlotin A. Z. kv. 9, per. Maryanenko 3, Kharkov, 61057, UKRAINE

Помимо этого использовали культуру разводимой на ячмене зерновой моли (*Sitotroga cerealella* Oliv.), полученную ранее (Головко, Чепурная, Злотин, 1995) путём скрещивания двух культур – Харьковской и Белгородской линий. Условия культивирования соответствовали рекомендованным (Щепетильникова, Гусев, Тронь, 1971).

В ходе исследований учитывали следующие показатели: жизнеспособность гусениц в %, среднюю массу куколок самцов и самок в мг, среднюю плодовитость самок в шт., продолжительность жизни самок в сутках, отрождение гусениц из яиц в %.

Жизнеспособность гусениц непарного шелкопряда определяли по формуле:

$$Ж = \frac{З}{Ч} \cdot 100 \%$$

где: Ж – жизнеспособность гусениц, %;

З – количество здоровых куколок, шт.;

Ч – исходное количество гусениц, взятых в эксперименте.

Жизнеспособность личиночной стадии зерновой моли определяли по проценту зараженных зёрен ячменя, отбирая четыре повторности по 100 зерен в каждой на 20-е сутки после начала заражения и анализируя их путём взрезания зерен.

Соотношение полов определяли визуально по характерным признакам (Злотин, 1989). Индивидуальную плодовитость определяли путём подсчета яиц, отложенных самкой. Среднюю массу куколок самцов и самок определяли путём взвешивания всех особей одного пола с дальнейшим вычислением средней массы одной особи.

Результаты исследований и обсуждение. Наблюдения за культурой непарного шелкопряда показали, что в последнем возрасте особи (самцы имеют 5 возрастов, самки – 6) достигают максимальной массы и «борьба за пространство» обостряется. В этом случае часть особей окукливается на дне банки, другая – на крышках (бязевых завязках).

Н. Петковым с соавт. (Фенотипическая ..., 2001 (2002)) доказано существование прямой зависимости между двигательной активностью гусениц тутового шелкопряда и жизнеспособностью особей. На этом основании мы предположили, что потомство от особей непарного шелкопряда, окуклившихся на крышках (большая двигательная активность гусениц) будет иметь более высокие показатели жизнеспособности, чем потомство особей, окукливающихся на дне банки (меньшая двигательная активность гусениц). Для проверки выдвинутого положения в течение 6-ти поколений отбирали самок и самцов непарного шелкопряда, окуклившихся на дне и крышках, спаривали между собой и в 3-м и 6-м поколениях определяли биологические показатели потомства.

Результаты влияния отбора куколок непарного шелкопряда из разных мест окукливания (крышка–дно) на биологические показатели потомства представлены в табл. 1.

Таблица 1. Биологические показатели непарного шелкопряда из разных мест окукливания (крышка–дно) (2000–2003 гг.)

Поколение отбора	Место завивки	Жизнеспособность гусениц, %	Средняя масса куколок, мг	
			самки	самцы
После трех поколений	Верх	79,8 ± 1,6 *	1130 ± 11 *	789 ± 9 *
	Дно	62,1 ± 1,4	893 ± 10	649 ± 8
После шести поколений	Верх	88,4 ± 1,1 *	1341 ± 10 *	849 ± 11 *
	Дно	59,7 ± 1,7	789 ± 12	603 ± 8

Примечание. * – p<0,05.

Из полученных данных (табл. 1) видно, что показатели потомства особей, окуклившихся сверху по жизнеспособности гусениц и массе куколок (как самок, так и самцов) достоверно (p<0,05) превышают показатели потомства особей, окуклившихся на дне сосуда на 17,7 % после 3-х поколений, и на 28,7 % – после 6-ти поколений.

Таким образом, нами показано существование зависимости между двигательной активностью гусениц и жизнеспособностью потомства у непарного шелкопряда. Полученные данные могут найти практическое применение при промышленном разведении непарного шелкопряда для реализации программ биометода. Оптимизация культуры путём отбора насекомых с большей двигательной

активностью позволит использовать для получения качественного племенного материала более жизнеспособных и продуктивных особей.

Ранее проведенные исследования (Злотин, 1965, 1966; Кривда, 2002) показали, что для массового разведения гусениц непарного шелкопряда на желудях оптимальной следует считать плотность посадки 20 гусениц на 0,5 л банку. Для племенных целей в последнем возрасте самок (6-й возраст) целесообразно содержать по 10 особей в 0,5 л банках, однако это существенно удорожает стоимость проведения работ.

Целью наших исследований было изучить, как влияет содержание племенных гусениц в 0,5 л банках по 10 и 20 особей на протяжении нескольких поколений на последующее развитие дочернего поколения при разной плотности содержания (по 10 и 20 особей). При этом мы исходили из того, что изменение характера пространственной структуры культуры приведет в процессе культивирования в течение нескольких поколений к отбору генотипов, более адаптированных к изменениям условий культивирования.

Результаты влияния отбора по плотности содержания гусениц непарного шелкопряда родительского поколения на жизнеспособность потомства в 3-м и 6-м поколениях при их разведении по 10 и 20 особей представлены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние отбора по плотности содержания гусениц непарного шелкопряда родительского поколения на жизнеспособность потомства (2000–2003 гг.)

Поколение отбора	Жизнеспособность родительского поколения (в %), при плотности содержания:		Жизнеспособность дочернего поколения (в %) при плотности содержания:	
	10 шт./0,5 л	20 шт./0,5 л	10: шт./0,5 л	20: шт./0,5 л
После трех поколений	85,3 ± 1,6 *	69,9 ± 1,7	(10:10) 84,6±1,3 (20:10) 89,9±1,7	(10:20) 73,5±1,8 (20:20) 87,1±2,3
После шести поколений	84,1 ± 1,3 *	76,9 ± 1,3	(10:10) 84,3±1,9 * (20:10) 93,9±1,1 *	(10:20) 80,3±1,4 * (20:20) 90,1±0,9 *

Примечание. * – $p < 0,05$.

Из приведенных данных (табл. 2) видно, что при разведении родительского поколения по 10 особей в 0,5 л банках жизнеспособность племенного материала в F_4 и F_7 достоверно превышает жизнеспособность гусениц, разводимых по 20 особей в 0,5 л банках.

Однако, при посадке племенного материала, культивируемого по 20 особей в дальнейшем по 10 особей, наблюдается заметное повышение жизнеспособности их дочернего поколения после 6-ти поколений отбора на 3,8 %. Это дает основание утверждать, что даже у такого вида как непарный шелкопряд, весьма чувствительного к повышению плотности популяции, возможен отбор генотипов, адаптированных к более высокой плотности содержания. Поэтому для повышения жизнеспособности племенных культур непарного шелкопряда целесообразно поддерживать культуру в течение нескольких поколений при плотности посадки 20 особей на 0,5 л банку.

Для подтверждения общебиологического характера выдвинутых нами положений аналогичные приемы оптимизации были испытаны на лабораторной культуре зерновой моли с учётом биологии данного вида.

При разведении ситотроги на зерне ячменя по принятой технологии на 1 кг зерна для заражения используют 1 г яиц (Щепетильникова, Гусев, Тронь, 1971). Увеличение соотношения количества яиц ситотроги к количеству зерна в 2 раза (2 г/кг) не приводит к значительному увеличению зараженности зерна, она возрастает всего на 14 % (Wilkinson, Morrison, 1973). Связано это с тем, что гусеницы вторых и последующих суток выхода устремляются в уже готовые отверстия предшествениц и гибнут или изгоняются первыми (Husted, Milly, 1969). Затраты, связанные с увеличением количества яиц для заражения, практически не оправдываются прибавкой выхода яиц.

Дальнейшие исследования ряда авторов (Злотин, Трель, Ковалик, 1976) были направлены на повышение привлекательности зерна ячменя для гусениц ситотроги и изучение эффективности заражения зерна наиболее жизнеспособным биоматериалом (яйца 2–3 суток откладки бабочками).

Целью наших исследований было повысить жизнеспособность гусениц ситотроги и выход яиц с 1 кг зерна ячменя за счёт получения популяции ситотроги, обладающей большей конкурентной способностью к заражению зерна, и, вследствие этого, увеличенной продуктивностью культуры (увеличенным выходом яиц). С этой целью племенную культуру ситотроги поддерживали на ячмене в течение 6-ти поколений при заражении зерна из расчета 2 г/кг. После 3-го и 6-го поколений контрольное разведение проводили при заражении 1:1. В контрольном варианте все поколения заражения проводили

1:1. Результаты влияния разного соотношения количества яиц зерновой моли к количеству зерна ячменя в родительской культуре на биологические показатели потомства представлены в табл. 3.

Таблица 3. Биологические показатели потомства зерновой моли при различной плотности родительской культуры (2000–2003 гг.)

Соотношение количества яиц ситотроги к массе зерна ячменя при заражении, г/кг	Жизнеспособность, %		Средняя масса самки, мг	Средняя плодовитость самки, шт.	Продолжительность жизни самок, суток	Отрождение гусениц из яиц, %
	гусениц	куколок				
1:1, после 3-х поколений	86,2 ± 1,8	69,0 ± 0,9	8,3 ± 0,2	19,2 ± 4,2	16,2 ± 1,5	83,1 ± 2,3
2:1, после 3-х поколений	91,3 ± 1,7 *	92,1 ± 1,4 *	9,2 ± 3,7 *	18,9 ± 3,3 *	17,1 ± 1,3 *	85,9 ± 2,9 *
1:1, после 6-ти поколений	84,9 ± 2,1	88,3 ± 1,2	9,1 ± 1,9	19,1 ± 4,3	16,8 ± 1,4	81,1 ± 1,9
2:1, после 6-ти поколений	95,9 ± 1,4 *	98,2 ± 1,7 *	9,5 ± 1,8 *	20,8 ± 4,2 *	17,6 ± 1,3 *	69,8 ± 1,8 *

Примечание. * – $p < 0,05$.

Из приведенных данных (табл. 3) видно, что повышение плотности заселения зерна яйцами ситотроги в родительской культуре привело к достоверному повышению жизнеспособности гусениц на 5,1 % после 3-х поколений отбора и на 11 % после 6-ти поколений отбора. Показатели жизнеспособности куколок ситотроги достоверно повысились на 23,1 % после 3-х поколений отбора и на 9,9 % после 6-ти поколений отбора, а также показатели отрождения гусениц из яиц в потомстве, как после 3-х, так и после 6-ти поколений отбора ($p < 0,05$). Отмечена тенденция к повышению массы самок, их средней плодовитости и продолжительности жизни в 7-м поколении. Таким образом, наше предположение экспериментально подтверждено. Очевидно, в результате конкуренции за субстрат, в течение 6-ти поколений происходит отбор наиболее конкурентоспособного и, следовательно, более жизнеспособного генотипа ситотроги.

Предложенный приём может быть использован для повышения жизнеспособности ситотроги при её массовом разведении на биофабриках.

По существующей технологии производства яиц ситотроги при её культивировании на ячмене чётко прослеживается нерациональность использования гусеницами пищевого субстрата. Дело в том, что основная часть гусениц сосредотачивается в верхних слоях зерна. Связано это с тем, что гусеницы первых суток выхода заражают верхние слои зерна, а гусеницы последующих суток пытаются заражать уже зараженные зерна и в результате или гибнут от более «взрослых» хозяев зерна, или, будучи изгнанными, заражают ближайшие зерна. Только незначительная часть гусениц проникает в более глубокие слои.

Перемешивание зараженного зерна в период перед выходом гусениц, приводит к более равномерному распределению зараженных зерен в общей массе зерна, но не к повышению её зараженности. Этот прием лишь при повторном заражении создает более благоприятные условия для более эффективного использования субстрата.

Приступая к исследованиям, мы исходили из следующих предположений. Известно, что у тутового и непарного шелкопряда отродившиеся гусеницы имеют положительный фототаксис, в то время как у зерновой моли он отрицательный. Поэтому, отродившиеся гусеницы стремятся вглубь субстрата, хотя это и сопряжено с рядом трудностей.

Ранее уже говорилось, что между двигательной активностью гусениц и их жизнеспособностью существует прямая зависимость. Если у гусениц ситотроги под двигательной активностью понимать проникновение вглубь субстрата, то такие гусеницы должны быть более жизнеспособны, а, следовательно, и продуктивны.

Поэтому на протяжении 6-ти поколений для заражения зерна использовали гусениц двух вариантов – из верхних и нижних слоев субстрата, а в 4-м и 7-м поколениях проводили контрольные выкормки.

Результаты влияния отбора ситотроги для заражения зерна ячменя из верхних и нижних слоев субстрата на биологические показатели потомства приведены в табл. 4.

Таблица 4. Биологические показатели ситотроги после отбора в ряду поколений по пространственному расположению в субстрате (2000–2003 гг.)

Слой субстрата	Жизнеспособность гусениц, %	Средняя масса самки, мг	Средняя плодовитость самки, шт	Продолжительность жизни самок, суток	Отрождение гусениц из яиц, %
Верхний (после 3-х поколений отбора)	83,4 ± 1,2	8,2 ± 3,1	19,3 ± 4,7	16,8 ± 1,6	80,1 ± 4,1
Нижний (после 3-х поколений отбора)	88,4 ± 1,1 *	9,4 ± 3,0	24,2 ± 3,1	18,1 ± 1,4	85,7 ± 3,8
Верхний (после 6-ти поколений отбора)	83,8 ± 1,4	8,1 ± 3,7	19,4 ± 3,0	17,0 ± 1,9	81,0 ± 3,9
Нижний (после 6-ти поколений отбора)	94,9 ± 1,6 *	9,6 ± 3,3	28,3 ± 3,3	19,6 ± 2,0	89,9 ± 2,0 *
Культура без отбора	87,3 ± 1,1	8,7 ± 3,0	21,4 ± 4,1	18,1 ± 1,1	82,1 ± 1,8

Примечание. * – p<0,05.

Из приведенных данных (табл. 4) видно, что в результате отбора жизнеспособность ситотроги из нижних слоев субстрата после 6-ти поколений отбора достоверно превышала контроль и жизнеспособность ситотроги верхнего слоя. Достоверно выше и показатель отрождения гусениц из яиц нижнего слоя. Прослеживается тенденция к повышению массы самок, их средней плодовитости и продолжительности жизни особей.

Таким образом, экспериментально доказано существование прямой зависимости между интенсивностью двигательной активности гусениц ситотроги и их жизнеспособностью.

Предложенный способ отбора зараженного зерна ситотроги из нижних слоев субстрата может быть использован для повышения жизнеспособности ситотроги.

Выводы.

1. Разработаны приемы оптимизации пространственной структуры искусственных популяций непарного шелкопряда и зерновой моли.
2. Экспериментально доказано существование зависимости между двигательной активностью и жизнеспособностью гусениц у непарного шелкопряда и зерновой моли.
3. Показано, что отбор на протяжении шести поколений предпочитаемого генотипа приводит к повышению биологических показателей культуры, соответствующих целям программ разведения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бачинская Я. А., Маркина Т. Ю. Разработка приёмов оптимизации пространственной структуры популяции тутового шелкопряда // VI з'їзд Укр. ентомол. т-ва, Біла Церква, 8–11 вересня 2003 р.: Тези доп. – Ніжин: Наука-сервіс, 2003. – С. 10.
- Головка В. А., Чепурная Н. П., Злотин А. З. Селекция и контроль качества культур насекомых. – Х.: РИП «Оригинал», 1995. – 176 с.
- Дубко Л. А. Биологические основы культивирования некоторых видов волнянок (Lepidoptera: Orgyidae): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1995. – 22 с.
- Злотин А. З. Влияние плотности популяции и химической обработки корма на развитие *Ocneria dispar* L. при лабораторном разведении // Зоол. ж. – 1965. – Т. XLIV, вып. 12. – С. 1820–1823.
- Злотин А. З. Экспериментальное обоснование методики круглогодичного разведения непарного шелкопряда и рекомендации по использованию в прикладной энтомологии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Х., 1966. – 22 с.
- Злотин А. З. Теоретическое обоснования массового разведения насекомых // Энтомол. обозрение. – 1981. – Т. LX, вып. 3. – С. 494–510.
- Злотин А. З. Техническая энтомология. – К.: Наукова думка, 1989. – 183 с.
- Злотин А. З., Трель Н. А., Ковалик А. И. Приемы повышения продуктивности зерновой моли // Докл. ВАСХНИЛ. – 1976. – № 7. – С. 21–22.
- Злотин А. З., Головка В. А. Экология популяций и культур насекомых. – Х.: РИП «Оригинал», 1998. – 208 с.
- Злотин А. З. Достижения в области технической энтомологии за период между V и VI съездами УЭО // VI з'їзд Укр. ентомол. т-ва, Біла Церква, 8–11 вересня 2003 р.: Тези доп. – Ніжин: Наука-сервіс, 2003. – С. 43.
- Кривда Л. С. Вплив змін в структурі популяцій шовковичного та непарного шовкопрядів на динаміку їх життєздатності і продуктивності: Автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. – Х., 2002. – 21 с.
- Кривда Л. С., Маркіна Т. Ю. Вплив змін в структурі популяцій комах на їх життєздатність на прикладі лускокрилих // Біологія та валеологія: Зб. наук. праць. – Х.: ХДПУ, 2001. – Вип. 4. – С. 87–96.
- Фенотипическая характеристика линий тутового шелкопряда *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Lymantriidae), отобранных по двигательному поведению гусениц / Петков Н., Нечева Й., Ценов П. и др. // Изв. Харьков. ентомол. о-ва. – 2001 (2002) . – Т. IX, вып. 1–2. – С. 315–317.
- Щепетильникова В. А., Гусев Г. В., Тронь Н. М. Методические указания по массовому разведению и применению трихограммы в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1971. – 56 с.