

УДК 595.787:638.24(477.54)

© 2008 г. Т. Ю. МАРКИНА

## СТРУКТУРИРОВАННОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ НАСЕКОМЫХ КАК ОСНОВА ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Основой устойчивого функционирования биологических систем является поддержание гомеостаза на всех уровнях организации живой материи. Принцип гомеостаза популяций состоит в поддержании динамического равновесия последних со средой обитания. В природе наблюдается саморегуляция и стремление к поддержанию оптимальной структурированности популяций за счет функционирования сложных адаптивных систем, действующих по принципу обратной связи. В популяционной экологии выделяют экологическую и генетическую структуры популяций. Структурированность популяций по вышеуказанным параметрам обеспечивает оптимальную степень функциональной дифференциации, что в свою очередь способствует достижению максимального использования ресурса (Алтухов, 1995; 2003; Шварц, 1980; Шилов, 2001; Емельянов, 1999).

Особый интерес представляет исследование структурной организации созданных человеком искусственных популяций насекомых, что позволяет разобраться во многих вопросах экологии, способствуя эффективному решению, как природоохранных задач, так и программ технической энтомологии (Злотин, Головки, 1998; Артамонова, Махров, 2006).

В силу ограниченности диапазона действия абиотических факторов (культуры насекомых содержатся в оптимальных условиях) поддержание структурированности является важным моментом в сохранении минимального уровня разнообразия и, как следствие, функциональной устойчивости искусственных популяций в меняющихся условиях среды (Злотин, 1989).

Проводимые нами в течение ряда лет исследования по изучению влияния целенаправленного отбора на структурные параметры искусственных популяций насекомых (возрастной, пространственной, половой, этологической, экологической и генетической структур) показали их способность к поддержанию структурной организации, обеспечивающей адаптацию особей (Маркина, Злотин, 2002; Гайдук, Злотин, Маркина, 2003; Калинина, Злотин, Маркина, 2004; Маркина, Бачинська, 2005; Маркина, Пальчик, 2006).

По нашему мнению анализ динамики качества искусственных популяций насекомых проводимый по основным биологическим показателям – жизнеспособности и плодовитости, позволит понять механизмы адаптаций культур насекомых в стабильных и меняющихся условиях техноценоза.

Целью данной работы было проведение комплексных исследований позволяющих установить роль структурных параметров в поддержании устойчивости искусственных популяций насекомых на примере пространственной структуры искусственных популяций тутового шелкопряда.

**Материал и методика.** Исследования проводились на кафедре зоологии Харьковского национального педагогического университета им. Г. С. Сковороды и на экспериментальной базе Института шелководства УААН на протяжении 2003–2007 гг. В работе были использованы районированные в Украине породы (искусственные популяции) тутового шелкопряда — *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Изучение динамики структурных параметров популяций проводили в ходе целенаправленного изменения оптимальной для данного вида пространственной структуры. Подробная методика проведения экспериментов указана в наших работах (Бачинская, Маркина, 2002). Условия содержания насекомых соответствовали принятым в Украине агроправилам (Шовківництво ..., 1998). В ходе исследований учитывали следующие показатели: жизнеспособность гусениц, %; соотношение полов, индивидуальную плодовитость самок, шт. Полученные экспериментальные данные статистически обрабатывали по общепринятым методикам (Лакин, 1990).

**Результаты и обсуждение.** Искусственные популяции насекомых в силу ограниченности генофонда особей основателей обладают слабой степенью генетической гетерогенности. Именно этот факт многие годы объяснял положение о том, что культуры насекомых не способны к

саморегуляции и управление осуществляется только экспериментатором извне (Злотин, 1981; 1982). Однако долгий опыт содержания и создания новых пород тутового шелкопряда и медоносной пчелы свидетельствует о том, что это упрощенные, но системы и как всякие системы, они стремятся к самосохранению за счет особенностей структурных и функциональных связей установившихся между их компонентами. Для экспериментального доказательства возможности поддержания гомеостатических свойств в искусственных популяциях насекомых нами был проведен отбор по основным структурным параметрам, приводящий к нарушению оптимальной структурной организации популяции.

Одной из важных экологических характеристик популяции является пространственное распределение особей в пределах ареала. В техноценозе наблюдается нарушение пространственной структуры в силу ограниченности площади, на которой происходит развитие насекомых. В ходе длительного существования в условиях техноценоза у тутового шелкопряда сформировался генотип относительно устойчивый к повышенной плотности содержания и не склонный к миграциям (малая подвижность). Тем не менее, популяции этих насекомых сохраняют свою структурную организацию (равномерное распределение в границах выкормочных площадей, равномерное распределение на коконниках во время завивки коконов) и стремятся к её стабильному поддержанию.

Отбор особей тутового шелкопряда по предпочтению места завивки на коконниках (верхнее и нижнее расположение) показал существование двух четко различимых групп. Причем, особи, завивающиеся вверху, имели более высокие показатели жизнеспособности (табл. 1) по сравнению с особями, завивающимися внизу. Отбор длившейся в течение четырех поколений привел к формированию двух групп по предпочтению места завивки на коконниках («верх» и «низ»).

**Таблица 1. Влияние отбора по пространственному распределению особей на структурные параметры и биологические показатели культуры тутового шелкопряда (порода Б 2-ул.)**

Вариант	Жизнеспособность гусениц, %	Пространственное распределение особей, % (верх/низ)	Соотношение полов, % (самцы/самки)	Индивидуальная плодовитость самок, шт.
Контроль (родительское поколение)	87,34±0,95	57/43	48/52	794±23
Результат отбора «верх»	91,23±0,28***	97/3	36/64	465±16**
Результат отбора «низ»	85,36±0,68*	98/2	67/33	773±21
Последствие «верх»	89,67±1,31	64/36	52/48	513±18
Последствие «низ»	86,12±1,13	54/46	53/47	804±14

**Примечания.** \* —  $p < 0,05$  \*\* —  $p < 0,01$  \*\*\* —  $p < 0,001$ .

Прекращение отбора по этому параметру привело к выравниванию пространственной структуры после одного поколения свободного скрещивания. Механизм данного явления стал понятен при изучении половой структуры образовавшихся в ходе отбора групп. В группе предпочитающей верхнее расположение на коконниках соотношение полов было смещено в сторону самок. Высокая жизнеспособность данного генотипа сопровождалась снижением индивидуальной плодовитости самок. В группе завивающей коконы внизу преобладали самцы и высокоплодовитые, низко жизнеспособные самки. Выравнивание показателей жизнеспособности после прекращения отбора свидетельствует о стремлении популяции к поддержанию оптимальных для вида в данных условиях параметров.

Выкормка гусениц тутового шелкопряда в резко выраженной стресс ситуации (уменьшение выкормочных площадей в три раза) дала возможность проследить механизм адаптации и выживания популяции. Отбор на протяжении трех поколений особей адаптированных к повышенной плотности содержания привел к резкому снижению жизнеспособности биоматериала (показатель ниже родительского контрольного поколения на 47,38% ( $p < 0,001$ )) (табл. 2). После прекращения отбора наблюдалось восстановление показателей жизнеспособности, что по нашему мнению, является адаптивной реакцией популяции как целостной системы на интегральное действие фактора плотности (Гречаный, Ермаков, Сосунова, 2004; Злотин, Головки, 1998). У потомков особей, подвергшихся плотностнозависимому отбору на протяжении трех поколений, при содержании в оптимальных условиях наблюдается повышение показателя жизнеспособности до контрольного уровня.

Экологический механизм данного процесса связан с наличием в популяции тутового шелкопряда особей, характеризующихся сильной и слабой степенью понижения плодовитости при увеличении плотности содержания. Резкое снижение жизнеспособности особей при оптимальных условиях выкормки свидетельствует об элиминации особей адаптированных к низкой плотности содержания (Гречаный,

Корзун, 1994). А повышение показателя жизнеспособности в первом поколении после прекращения отбора — результат выживания высоко жизнеспособных особей с низкой плодовитостью. Это свидетельствует о прохождении в популяции тутового шелкопряда зависимых от плотности изменений генетической структуры популяции. Подобные процессы наблюдались в исследованиях ряда авторов (Гречаный, Корзун, Бабушкина, 1989; Гречаный, Ермаков, Сосунова, 2004). Ими установлена генетическая гетерогенность популяций дрозофилы в отношении реакции некоторых компонент приспособленности на изменение плотности. Подобный факт позволяет говорить о всеобщности данных процессов для природных и искусственных популяций насекомых.

**Таблица 2. Влияние отбора по плотности содержания на структурные параметры и биологические показатели культуры тутового шелкопряда (порода Б 2-ул.)**

Вариант	Жизнеспособность гусениц, %	Соотношение полов, % самцы/самки	Индивидуальная плодовитость самок, шт.
Контроль (родительское поколение)	87,12±1,46	51/49	794±23
Результат отбора	39,74±1,30***	64/36	445±21**
Последствие	91,94±1,45	62/38	739±17

**Примечания.** \* —  $p < 0,05$  \*\* —  $p < 0,01$  \*\*\* —  $p < 0,001$ .

Для выяснения адаптивных изменений, происходящих в искусственных популяциях при нарушении пространственной структуры, была изучена динамика половой структуры культуры тутового шелкопряда. Анализ полученных результатов свидетельствует о том (табл. 2), что при уменьшении площади в три раза достоверно изменяется соотношение полов, самцы преобладают над самками. В стресс-ситуации в искусственных популяциях срабатывают механизмы плотностнозависимого отбора, как регуляторы контроля динамики численности (Гречаный, Ермаков, Сосунова, 2004). Исследования показали, что выживают самцы, видимо, как требующие меньше корма, обеспечивая селекционно-генетическую адаптацию популяции в меняющихся условиях среды. В то же время преимущество получают наименее плодовитые самки (вероятнее всего, в результате отбора на минимальную потребность в корме, необходимую для выживания).

Таким образом, на примере анализа пространственной структуры популяции тутового шелкопряда установлено наличие изменчивости по пространственному расположению коконов на коконниках и по реакции на плотность содержания. Доказано что в популяции присутствуют низко жизнеспособные высокоплодовитые особи и высоко жизнеспособные низкоплодовитые. Стресс-факторы (отбор) влияют на их соотношение и вызывают включение механизмов поддержания оптимальных структурных параметров и следовательно поддержания оптимальной численности и гетерогенности в искусственных популяциях насекомых.

Полученные данные свидетельствуют о том, что искусственные популяции являются сложными биологическими системами со своей структурной и функциональной организацией. Понимание механизмов их функционирования позволит разработать эффективные методы управления, как при реализации программ технической энтомологии, так и природоохранной деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алтухов П. Ю. Генетика популяций и сохранение биоразнообразия // Соросовский образовательный ж. — 1995. — № 1. — С. 32–43.
- Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. — 431 с.
- Артаманова В. С., Махров А. А. Неконтролируемые генетические процессы в искусственно поддерживаемых популяциях: доказательство ведущей роли отбора в эволюции // Генетика. — 2006. — Т. 42, № 3. — С. 310–324.
- Бачинская Я. А., Маркина Т. Ю. Оптимизация пространственной структуры популяции тутового шелкопряда *Bombyx mori* L. // Изв. Харьков. энтомот. о-ва. — 2002. — Т. X, вып. 1–2. — С. 190–192.
- Гайдук К. В., Маркина Т. Ю., Злотин О. З. Дифференциация гусениц шовковичного шелкопряда первого віку за реакцією переваги на певний кормовий подразник // Наук.-тех. бюл. — X., 2003. — № 84. — С. 43–46.
- Гречаный Г. В., Ермаков Е. Л., Сосунова И. А. Популяционная структура дрозофилы по количественным мерным признакам и её сезонное изменение // Ж. общ. биологии. — 2004. — Т. 65, №1. — С. 39–51.
- Гречаный Г. В., Корзун В. М. Направление отбора в экспериментальных популяциях дрозофилы при циклическом изменении их плотности // Генетика. — 1994. — Т. 30, №3. — С. 349–355.
- Гречаный Г. В., Корзун В. М., Бабушкина Е. А. Плотность населения как фактор регуляции генетической структуры и численности популяций животных. Фенотипическая изменчивость по реакции особей на увеличение плотности в популяциях дрозофилы // Генетика. — 1989. — Т. 25, № 9. — С. 1578–1588.
- Емельянов И. Г. Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. — К., 1999. — 168 с.

- Злотин А. З.** Теоретическое обоснование массового разведения насекомых // *Энтомологическое обозрение*. — 1981. — Т. 60, № 3. — С. 494–510.
- Злотин А. З.** Разработка и биологическое обоснование приёмов повышения жизнеспособности и продуктивности насекомых при разведении на примере *Bombyx mori* L., *Ocneria dispar* L., *Sitotroga cerealella* Oliv.: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Л., 1982. — 43 с.
- Злотин А. З.** Техническая энтомология. — К.: Наукова думка, 1989. — 183 с.
- Злотин А. З., Головкин В. О.** Экология популяций и культур насекомых. — Х.: РИП Оригинал, 1998. — 208 с.
- Калиніна О. О., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю.** Вплив диференційного добору гусениць під час першої линьки на тривалість вигодовування та основні біологічні показники шовковичного шовкопряда // *Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту. Сер. Ентомологія та фітопатологія*. — 2004. — № 5. — С. 28–31.
- Лакін Г. Ф.** Биометрия. — М.: Высшая школа, 1990. — 351 с.
- Маркіна Т. Ю., Бачинська Я. О.** Оптимізація генетичної структури популяцій на прикладі лускокрилих комах // *Біологія та валеологія: Зб. наук. праць*. — Х.: ХДПУ, 2005. — Вип. 7. — С. 83–93.
- Маркіна Т. Ю., Злотин А. З.** Биологические основы оптимизации структуры искусственных популяций насекомых для реализации программ разведения // *Приспособление организмов к действию экстремальных экологических факторов*. — Белгород: БелГУ, 2002. — С. 47–49.
- Маркіна Т. Ю., Пальчик О. О.** Методи регулювання статеві структури культури шовковичного шовкопряда // *Біологія та валеологія: Зб. наук. праць*. — Х.: ХНПУ, 2006. — Вип. 8. — С. 50–61.
- Шварц С. С.** Экологические закономерности эволюции. — М.: Наука, 1980. — 280 с.
- Шилов И. А.** Стресс как экологическое явление // *Зоол. ж.* — 1984. — Т. LXIII, № 6. — С. 805–812.
- Шовківництво** / В. О. Головкин, О. З. Злотін, М. Ю. Браславський та ін. — Х.: Оригинал, 1998. — 416 с.

*Харьковский национальный педагогический университет имени Г. С. Сковороды* Поступила 22.02.2008

UDC 595.787:638.24(477.54)

**T. Yu. MARKINA**

## **STRUCTURAL FEATURES OF ARTIFICIAL POPULATIONS OF INSECTS AS A BASIS OF THEIR FUNCTIONAL STABILITY**

*Kharkov National Pedagogical University*

### **SUMMARY**

In an analysis of variability of structural parameters of populations of the silkworm, we were able to determine a mechanism of maintenance of stability of artificial populations under stress factors.

21 refs.