

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 адаптации 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.
- Артамонова 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.