

УДК 57.017.55:573.7:574.34:57.042:638.24

© 2007 г. Т. Ю. МАРКИНА, О. О. ПАЛЬЧИК

ПОЛОВАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА, *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE) ПОД ДЕЙСТВИЕМ СТРЕСС-ФАКТОРОВ

В естественных условиях существования популяции насекомых постоянно подвергаются действию разнообразных стресс-факторов. Особенно этот процесс усиливается с ростом антропогенной нагрузки на экосистемы. Адаптационный резерв популяций позволяет им в определенной мере выдерживать такие влияния. Одним из существенных факторов поддержания высокой приспособленности популяций является их способность сохранять популяционный гомеостаз на структурном уровне (Шварц, 1980). По нашему мнению, искусственные популяции насекомых являются удобным объектом для исследования данных процессов. В последние годы проблеме регуляции соотношения полов в культурах насекомых отводится особенное значение (Злотин, Головки, 1998; Чернышов, 1996; Тамарина, 1987; Злотин, 1989). Успех многих программ разведения зависит от решения вопросов регуляции соотношения полов в культурах насекомых, в том числе и тутового шелкопряда. Известно, что для решения программ, промышленного разведения тутового шелкопряда, выпуска в среду стерильных самцов насекомых или особей с генетическими дефектами, целесообразно вести промышленную культуру насекомых мужского пола. Программы биометода, связанные с размножением на яйцах хозяина яйцеедов, а также программы племенного шелководства предусматривают разведение преимущественно особей женского пола (Злотин, 1989). Таким образом, изучение механизмов поддержания оптимальной половой структуры имеет большое практическое значение в решении вопросов управления искусственными популяциями насекомых, а также понимания механизмов поддержания популяционного гомеостаза для разработки эффективных природоохраняющих мероприятий.

Половая структура природных и искусственных популяций насекомых определяется численным соотношением самцов и самок. Для насекомых, как и для многих других животных, соотношение полов приближается 1:1. Однако это соотношение во многих случаях нарушается.

Лабораторное разведение *Lucilia sericata* показало, что при выращивании этих насекомых в лаборатории развивается больше мужских особей (Shi Ming-Zhu, Xu Bing-Hong, Zhao Xiao-Rui., 2001). Исследование соотношения полов в двух распространенных расах *Bombyx mori* L. показали, смещение в культуре преимущественно в сторону самцов (Studies ..., 1996).

Соотношение полов в популяции является характеристикой её состояния. Так у видов, для которых характерны вспышки массового размножения (хвоегрызущие, листогрызущие насекомые), в первых двух фазах вспышки соотношения полов приблизительно равно или несколько преобладают самки. В третьей и четвертой фазах вспышки численности в перенаселенных биотопах, когда уже чувствуется недостаток еды, у видов, самцы которых мельче самок, преобладают самцы, тем значительнее, чем выше перенаселенность данного биотопа; в аналогичных случаях могут преобладать и самки, если они мельче самцов (Злотин, 1989). В случае, когда самцы мельче самок, можно утверждать, что увеличение количества самок свидетельствует о «расцвете» популяции, а самцов — об ухудшении условий существования популяции.

При изучении плодовитости комнатных мух в условиях измененного в 3, 5, 10 раз соотношения полов при одинаковой плотности, наблюдалось уменьшение яйцепродукции в сравнении с контролем. Продолжительность жизни мух находилась в прямой зависимости от соотношения полов: преобладание самцов увеличивало смертность самок и наоборот (Борейко, Корнеева, Садовенко, 1996). Авторами было показано, что при неблагоприятных условиях существования в популяции целесообразно выживание прежде всего самцов, которые несут ту же часть генофонда, что и самки, но требуют для своего развития меньшего количества еды. Кроме того, самцы отличаются большей способностью к миграциям и, как следствие, имеют больше шансов найти более благоприятные условия существования, чем самки (Злотин, Головки, 1998; Чернышов, 1996; Злотин, 1989).

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

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

Palchik O. O. Institute for Sericulture of UAAS,

Merefa, Kharkovsky Rayon, Kharkovskaya Oblast, 62472, UKRAINE

Вопрос управления полом впервые экспериментально был решен академиком Б. Л. Астауровым, разработавшим способ термического партеногенеза, для получения самок, которые были генетической копией матери (Астауров, 1940). Позже им были экспериментально получены андрогенетические самцы тутового шелкопряда (Астауров, 1968). В 1975 году метод был усовершенствован В. А. Струнниковым, а также решен вопрос клонирования самцов (Струнников, 1975, 1976). Эти два метода успешно применяются в селекционной работе с тутовым шелкопрядом.

В настоящее время, очевидно, что половая структура популяций является достаточно стабильной характеристикой, не изученными остаются вопросы поддержания гомеостаза структурных параметров под действием факторов разной природы.

Целью наших исследований было изучение динамики параметров половой структуры искусственной популяции тутового шелкопряда под действием стресс-факторов — паров эфира и низких температур.

Методика и материалы исследований. Исследования проводили на экспериментальной базе Института шелководства УААН в течении 2003–2005 годов. Объектом исследования были районированные в Украине породы тутового шелкопряда — Советская 5 (Сов.-5), Белококонная-1 улучшенная (Б-1 ул.) и Белококонная-2 улучшенная (Б-2 ул.). Породу Сов.-5 использовали в качестве теста для определения изменений соотношения полов в культуре тутового шелкопряда.

Гусениц выкармливали в весенний и летний периоды на оптимальном агрофоне. Гигротермические условия выкармливания отвечали действующим в Украине агроправилам (Головко, Злотин, Кириченко, 1992).

В качестве факторов влияния были выбраны низкие температуры и пары сернистого эфира. В связи с пойкилотермностью насекомых температурный фактор играет первостепенную роль в осуществлении жизненных процессов на всех уровнях организации. В своих исследованиях мы исходили из известного факта существования зависимости между устойчивостью гусениц к охлаждению и их жизнеспособностью (Fadmiaro, Baker, 1999). Мы допустили, что такая зависимость должна существовать на всех стадиях онтогенеза шелкопряда, так как между жизнеспособностью гусениц и жизнеспособностью других фаз онтогенеза существует тесная корреляция (Злотин, Чепурная, 1994). Целью эксперимента было установление отличий в жизнеспособности самцов и самок при охлаждении (содержание при температуре + 2 °С), а также изучение динамики соотношения полов на всех этапах онтогенеза насекомых.

Существование экологических, поведенческих и физиологических различий между особями мужского и женского пола (Ковалев, 1960; Филлипович, Лаптева, Никитина, 1992; Leonard, 1966) под действием стресс-факторов послужили основанием для использования в экспериментах пары сернистого эфира для исследования динамики соотношения полов в ходе онтогенеза. Обработку грены парами эфира проводили во время наивысшей интенсивности внешнего газообмена — перед массовым выходом гусениц-«мурашей». Нами было сделано предположение, что самцы, как более чувствительные к химическим воздействиям и опережающие самок в эмбриональном развитии, испытывают большее влияние паров эфира, чем самки, что должно отражаться на параметрах соотношения полов.

Опыт включал такие варианты:

1. Выкормка гусениц первого массового дня выхода без обработки грены парами эфира (в таблице обозначено как «Контроль»).

2. Выкормка гусениц первого массового дня выхода, из грены обработанной парами эфира (в таблице обозначено как «Эфир»).

Каждый вариант включал три повторности, по 50 мг гусениц в каждой. Обработку грены парами эфира проводили в стеклянном эксикаторе с притертой крышкой на протяжении 30 минут.

Степень вероятности различий между средними значениями показателей рассчитывали с помощью *t*-критерия Стьюдента (Лакин, 1990).

Учитывали следующие показатели: оживление грены, %; жизнеспособность гусениц, %; жизнеспособность коконов, %; жизнеспособность бабочек, %; соотношение полов, %; среднюю массу кокона, г; сортовой состав коконов, %; количество коконов-«глухарей», %; количество коконов-«карапачах», %; урожай коконов с 1 г гусениц, кг (Шовківництво ..., 1998).

Результаты исследований и обсуждение. Определение жизнеспособности (по показателю оживления грены) полов на стадии яйца после обработки грены парами эфира показало достоверную разницу между полами по этому показателю. Так жизнеспособность самцов оказывается выше жизнеспособности самок (табл. 1) на этом этапе развития.

Таблица 1. Оживление грены породы Советская-5 при инкубации после действия эфира

Пол	Оживление грены, %	
	Контроль	Эфир
Самцы и самки	95,33 ± 2,03	84,67 ± 0,33 **
Самцы	96,00 ± 2,31	91,33 ± 3,71
Самки	95,33 ± 2,40	78,00 ± 3,06 *

Примечания. * — P < 0,05; ** — P < 0,01.

При этом наблюдается тенденция к изменению первичного соотношения полов в сторону увеличения доли самцов, что вполне объяснимо разницей в жизнеспособности особей разного пола (табл. 2).

Таблица 2. Влияние обработки грены парами эфира на соотношение полов в ходе онтогенеза тутового шелкопряда породы Советская-5

Вариант	Соотношение полов, %			
	Контроль		Эфир	
	самцы	самки	самцы	самки
Первичное	50,01 ± 0,30	49,99 ± 0,30	53,92 ± 1,99	46,08 ± 1,99
Вторичное	51,01 ± 0,30	48,99 ± 0,30	52,92 ± 1,69	47,08 ± 1,69
Третичное	52,83 ± 2,60	47,17 ± 2,60	45,85 ± 2,37	54,15 ± 2,37

Обработка грены парами эфира не сказалась на вторичном соотношении полов. Анализируя влияние обработки грены парами эфира на жизнеспособность и третичное соотношение полов (табл. 2) можно отметить изменения в сторону увеличения доли самок за счет снижения жизнеспособности самцов и достоверное повышение жизнеспособности самок на 4,5 % по сравнению с контролем и на 9 % по сравнению с жизнеспособностью самцов (p < 0,01). Таким образом, эксперимент, проведенный на меченной по полу породе, показывает, что в ходе онтогенеза тутового шелкопряда под действием стресс-факторов происходят изменения в соотношении полов приводящие к восстановлению до периода репродукции оптимальной половой структуры, способствующей нормальному воспроизводству особей.

Исследование влияния обработки грены парами эфира на биологические показатели культуры тутового шелкопряда, а также третичное соотношение полов проводились на породах Б-1 ул. и Б-2 ул. Результаты проведенных исследований (табл. 3) свидетельствуют о том, что соотношение полов в культуре тутового шелкопряда породы Б-1 ул. под действием паров эфира, изменяется в сторону увеличения доли самок. В варианте воздействия доля самцов достоверно уменьшилась на 3,37 % по сравнению с контролем. В контроле доля самцов превышает долю самок на 4,38 %, тогда как в варианте воздействия она уменьшилась на 2,36 % относительно самок.

Таблица 3. Влияние обработки грены парами эфира на основные биологические показатели тутового шелкопряда (среднее за 2003–2004 гг.)

Показатели	Б-1 ул.		Б-2 ул.		
	Контроль	Эфир	Контроль	Эфир	
Жизнеспособность гусениц, %	83,55 ± 2,13	89,42 ± 1,76	79,30 ± 3,61	86,72 ± 2,16	
Соотношение полов, %	♂♂	52,19 ± 1,05	48,82 ± 1,18 *	51,74 ± 1,64	45,30 ± 2,28 *
	♀♀	47,81 ± 1,05	51,18 ± 1,18 *	48,26 ± 1,64	54,70 ± 2,28 *
Средняя масса кокона, г	1,97 ± 0,04	2,12 ± 0,03 **	2,04 ± 0,06	2,14 ± 0,04	
Сортовой состав коконов, %	81,34 ± 2,78	87,05 ± 1,88	73,09 ± 7,43	84,26 ± 2,45	
Коконы-«глухарь», %	7,60 ± 1,73	4,34 ± 1,38	8,46 ± 1,57	8,61 ± 1,80	
Коконы-«карапачах», %	7,06 ± 1,48	2,80 ± 0,93 *	2,17 ± 0,74	1,68 ± 0,44	
Урожай коконов с 1 г гусениц, кг	3,32 ± 0,26	4,17 ± 0,16 *	3,40 ± 0,18	4,20 ± 0,16 **	

Примечания. * — P < 0,05; ** — P < 0,01.

Наблюдается достоверное повышение показателей жизнеспособности на 5,87 %, средней массы кокона на 0,15 %, урожая коконов на 0,85 кг и достоверное снижение доли коконов-«карапачах» на 4,26 %. Отмечается улучшение сортового состава коконов и уменьшение доли коконов-«глухарей».

Анализ данных таблицы 3 подтверждает, что под действием паров эфира происходят изменения соотношения полов в культуре тутового шелкопряда породы Б-2 ул. Доля самцов опытного варианта достоверно на 6,44 % меньше контроля. Доля самцов при обработке грены парами эфира на 9,40 % меньше доли самок, тогда как в контроле она превышает долю самок на 3,48 %.

Отмечается достоверное увеличение урожая коконов из 1 г гусениц на 0,80 кг. Наблюдается улучшение всех биологических показателей относительно контроля.

Для установления взаимосвязей между основными биологическими показателями при обработке грены тутового шелкопряда парами эфира был проведен корреляционный анализ данных за 2003–2004 гг. исследований, проводимых на породах Б-1 ул. и Б-2 ул. Результаты представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между основными биологическими показателями тутового шелкопряда (порода Б-1 ул.) при обработке грены парами эфира

ПК	ЖГ	СМК	СК	КГ	КП	УК	СЦ
ОР	0,47 *	0,59 **	0,39	-0,35	-0,52 *	0,57 *	-0,47 *
ЖГ		-0,07	0,46	-0,72 ***	-0,76 ***	0,69 **	-0,43
СМ			0,31	-0,14	-0,29	0,46	-0,20
СК				-0,77 ***	-0,69 **	0,58 *	-0,41
КГ					0,66 **	-0,67 **	0,37
КП						-0,89 ***	0,57 *
УК							-0,47

Примечания. * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$.

ПК — показатели; ОР — отбор гусениц-«мурашей» по хемотаксису; ЖГ — жизнеспособность гусениц; СМК — средняя масса кокона; СК — сортовые коконы; КГ — коконы-«глухари»; КП — коконы-«карапачах»; УК — урожайность коконов с 1 г гусениц; СЦ — количество самцов.

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между основными биологическими показателями тутового шелкопряда (порода Б-2 ул.) при обработке грены парами эфира

ПК	ЖГ	СМК	СК	КГ	КП	УК	СЦ
ОР	0,40	0,32	0,34	0,02	-0,14	0,64 **	-0,50 *
ЖГ		0,17	0,50 *	-0,52 *	-0,44	0,53 *	-0,34
СМК			0,60 **	-0,19	0,00	0,21	-0,33
СК				-0,22	0,05	0,40	-0,27
КГ					0,12	0,27	-0,31
КП						-0,28	0,13
УК							-0,53 *

Примечания. см. табл. 4.

Корреляционный анализ показал, что между отбором и долей самцов существует достоверная отрицательная связь, что свидетельствует о закономерном уменьшении доли самцов. Наблюдается достоверная положительная корреляция между долей коконов-«карапачах» и долей самцов.

Данные корреляционного анализа биологических показателей тутового шелкопряда породы Б-2 ул. при действии эфира, представленные в таблице 5, подтверждают существование достоверной отрицательной взаимосвязи между обработкой грены тутового шелкопряда парами эфира и долей самцов. Отмечается достоверная отрицательная корреляция между урожаем коконов и долей самцов.

В результате проведенных исследований установлено влияние обработки грены тутового шелкопряда парами эфира перед выходом гусениц-«мурашей» на биологические показатели и половую структуру искусственной популяции тутового шелкопряда:

1) снижается жизнеспособность на стадии яйца, при чем четко прослеживается, что жизнеспособность самок достоверно ($P < 0,05$) ниже жизнеспособности самцов, соответственно, первичное соотношение полов смещается в сторону самцов;

2) вторичное соотношение полов не изменяется;

3) третичное соотношение полов изменяется за счёт четкой тенденции снижения жизнеспособности самцов на стадии гусеницы по сравнению с самками, что объясняется токсичным действием эфира;

4) повышаются биологические показатели тутового шелкопряда, что, возможно, связано с отбором более жизнеспособных самок, устойчивых к эфиру.

А. В. Яблоков (1987) отмечает, что разная жизнеспособность мужских и женских особей на ранних этапах онтогенеза и широко распространенный механизм определения (переопределение) пола

в зависимости от условий развития на эмбриональных, личиночных стадиях онтогенеза делает вторичное соотношение полов лабильным показателем. По нему могут различаться не только разные популяции внутри одного вида, но и одна и та же популяция, в разные периоды существования.

Разница смертности или дифференциальная жизнеспособность того или другого пола проявляется еще в эмбриональный период и сохраняется на разных этапах онтогенеза (Яблоков, 1987; Злотин, Головки, 1998; Злотин, 1989; Чернышев, 1996; Ковалев, 1960; Страшко, Злотин, Головки, 1997). Так, отмечена разница в эмбриональной смертности яиц, меченых по полу на стадии яйца у пород тутового шелкопряда. Установлено, что самки отличаются большей смертностью, чем самцы (Струнников, 1959; Злотин, 1989). Многими исследованиями доказано, что на стадии имаго самки разных видов насекомых живут дольше самцов (Влияние ..., 2002; Pevkota, Schmidt, 2000; Bemisia ..., 1999). А. И. Потапенко с соавт. (Сравнительный ..., 2000), исследуя продолжительность жизни дрозофилы, в результате длительной селекции на низкую половую активность самцов вывели линию, которая характеризуется снижением продолжительности жизни и изменением такого стойкого показателя, как коэффициент вариации по продолжительности жизни. Это свидетельствует о существовании прямой зависимости между половой активностью самцов и продолжительностью жизни.

Для установления возможных различий в жизнеспособности самцов и самок под действием стресс-факторов мы использовали приём охлаждения особей на разных стадиях онтогенеза. В первые сутки массового выхода гусениц-«мурашей» помещали в пакеты по 50 особей, и содержали в холодильнике при температуре + 2 °С. Учёт погибших особей проводился ежедневно. Полученные результаты (табл. 6), показали достоверную разницу между средними значениями жизнеспособности гусениц-«мурашей» самцов и самок при охлаждении. В первые сутки охлаждения жизнеспособность самцов достоверно, на 5,84 % выше жизнеспособности самок. Достоверно более высокая жизнеспособность самцов сохраняется на протяжении всего периода охлаждения до полной гибели гусениц. Максимально достоверная разница средних значений жизнеспособности между самцами и самками отмечается на шестые сутки охлаждения и составляет 52,50 %. Продолжительность жизни самцов составляла 11 суток, самок — 8 суток, что подтверждает существование разницы жизнеспособности полов при охлаждении.

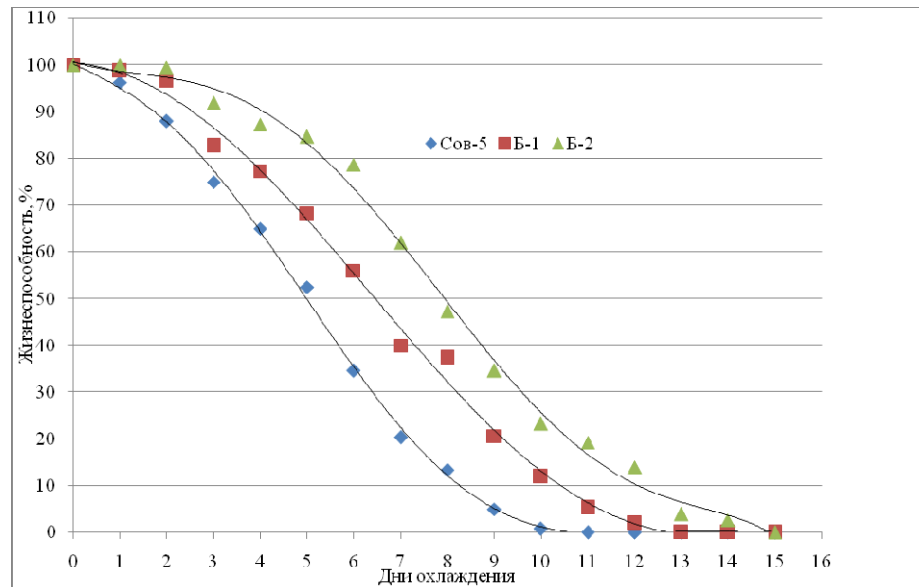
Таблица 6. Влияние охлаждения гусениц-«мурашей» на жизнеспособность самцов и самок (грена зимнего хранения, порода Сов.-5)

Сутки охлаждения	Жизнеспособность гусениц-«мурашей», %	
	Самцы	Самки
1	99,17 ± 0,83 **	93,33 ± 0,83
2	98,33 ± 0,83 ***	77,50 ± 1,44
3	87,50 ± 5,20 **	62,50 ± 1,44
4	85,83 ± 2,20 ***	44,17 ± 2,20
5	77,50 ± 1,44 ***	27,50 ± 1,44
6	60,83 ± 2,20 ***	8,33 ± 0,83
7	39,17 ± 3,00 ***	1,67 ± 0,83
8	26,67 ± 1,67 ***	0,00 ± 0,00
9	10,00 ± 1,44	—
10	1,67 ± 0,83	—
11	0,00 ± 0,00	—

Примечания. ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$.

Так как проследить разницу жизнеспособности полов на породах не меченых по полу невозможно, нами рассчитывалась общая жизнеспособность гусениц-«мурашей», самцов и самок породы Сов.-5 и жизнеспособность гусениц-«мурашей» пород Б-1 ул., Б-2 ул. для сравнения изменений в породе меченой по полу (Сов.-5) и породах не меченых по полу (Б-1 ул., Б-2 ул.), а также для межпородной оценки действия температурного фактора. Применение для анализа данных линий тренда позволяет отображать тенденции данных, поэтому, для определения характера изменений жизнеспособности гусениц-«мурашей» разных пород при охлаждении нами определялся тип аппроксимации, характерный для каждой группы данных.

Нами установлено, что для каждой группы данных жизнеспособности характерен одинаковый тип аппроксимирующей кривой — полиномиальный — высокого уровня достоверности аппроксимации, что подтверждает одинаковую динамику изменений жизнеспособности гусениц-«мурашей» при охлаждении не зависимо от породы (рис.).



Сов.-5 – $R^2 = 0,9988$; Б-1 ул. – $R^2 = 0,9966$; Б-2 ул. – $R^2 = 0,9958$; R^2 — достоверность аппроксимации

Рис. Динамика изменений жизнеспособности гусениц-«мурашей» разных пород при охлаждении (грена зимнего хранения).

Выше сказанное дает возможность утверждать, что жизнеспособность гусениц-«мурашей» самцов пород не меченных по полу на стадии грены, таких как Б-1 ул. и Б-2 ул., выше жизнеспособности гусениц-«мурашей» самок, как это установлено на породе Сов.-5.

Таким образом, нами установлено, что на стадии гусениц-«мурашей» жизнеспособность самцов тутового шелкопряда выше жизнеспособности самок. Отмечена разница устойчивости к охлаждению гусениц-«мурашей» разных пород тутового шелкопряда, что позволяет дифференцировать породы по качеству на ранних этапах онтогенеза.

В дальнейшем нами был проведен анализ взаимосвязи между показателями жизнеспособности и соотношения полов, для каждого дня охлаждения гусениц-«мурашей» (табл. 7).

Таблица 7. Взаимосвязь жизнеспособности и соотношения полов гусениц-«мурашей» при охлаждении (грена зимнего хранения, порода Сов.-5)

Сутки охлаждения	Жизнеспособность гусениц-«мурашей», %	Самцы, %	Самки, %
1	96,25 ± 0,00	51,52 ± 0,43 **	48,48 ± 0,43
2	87,92 ± 0,83	55,93 ± 0,50 ***	44,07 ± 0,50
3	75,00 ± 2,50	58,24 ± 1,67 **	41,76 ± 1,67
4	65,00 ± 1,44	66,04 ± 1,35 ***	33,96 ± 1,35
5	52,50 ± 0,72	73,82 ± 1,24 ***	26,18 ± 1,24
6	34,58 ± 1,10	87,94 ± 1,17 ***	12,06 ± 1,17
7	20,42 ± 1,10	95,69 ± 2,16 ***	4,31 ± 2,16
8	13,33 ± 0,83	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
9	5,00 ± 0,72	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
10	0,83 ± 0,42	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00

Примечания. ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$.

Данные таблицы 7 показывают, что при охлаждении гусениц-«мурашей» наблюдается изменение соотношения полов в сторону достоверного увеличения доли самцов. Корреляционный анализ между длительностью охлаждения гусениц-«мурашей» и соотношением полов позволил установить наличие положительной корреляции между этими показателями $r = 0,97$ ($P < 0,001$) и, соответственно, отрицательной корреляции с долей самок. Полученные данные свидетельствуют об изменении соотношения полов при длительном охлаждении гусениц-«мурашей».

Для последующих исследований фактической жизнеспособности использовали гусеницы V возраста породы Сов.-5. Б. Выкормку гусениц до V возраста проводили на оптимальном агрофоне,

гигротермические условия соответствовали действующим агроправилам (Ковалев, 1960). Гусениц пятого возраста (отдельно самцов и самок) помещали в пакеты по 10шт. Каждый вариант насчитывал по 10 повторностей. Пакеты находились в холодильнике при температуре + 2 °С. Учёт живых и погибших гусениц в каждом пакете проводили ежедневно.

Данные таблицы 8 свидетельствуют о достоверной разнице между средними значениями жизнеспособности самцов и самок у гусениц V возраста. На шестые сутки охлаждения, она составила 4,44 %. Тенденция более высокой жизнеспособности самцов по сравнению с самками сохраняется на протяжении всех суток охлаждения до полной гибели гусениц. Максимально достоверная разница средних значений жизнеспособности между самцами и самками отмечается на 15 сутки охлаждения и составляет 60,00 %. Продолжительность жизни гусениц-самцов V возраста длилась 20 суток, тогда как гусениц-самок — 18, что подтверждает существование разницы жизнеспособности полов при охлаждении.

Таблица 8. Влияние охлаждения гусениц V возраста на жизнеспособность особей (порода Сов.-5)

Сутки охлаждения	Жизнеспособность гусениц V возраста, %		Сутки охлаждения	Жизнеспособность гусениц V возраста, %	
	Самцы	Самки		Самцы	Самки
1–3	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	12	95,56 ± 2,42 ***	65,56 ± 4,12
4	100,00 ± 0,00	96,67 ± 1,67	13	90,00 ± 1,67 ***	50,00 ± 5,77
5	100,00 ± 0,00	96,67 ± 1,67	14	85,56 ± 2,94 ***	37,78 ± 6,62
6	100,00 ± 0,00 *	95,56 ± 1,76	15	68,89 ± 5,12 ***	8,89 ± 3,09
7	100,00 ± 0,00 *	95,56 ± 1,76	16	63,33 ± 5,27 ***	6,67 ± 2,89
8	98,89 ± 1,11	95,56 ± 1,76	17	58,89 ± 6,33 ***	2,22 ± 1,47
9	98,89 ± 1,11	94,44 ± 2,42	18	45,56 ± 6,48 ***	0,00 ± 0,00
10	96,67 ± 2,36	94,44 ± 2,42	19	16,67 ± 4,08 ***	—
11	96,67 ± 2,36 **	84,44 ± 2,42	20	1,11 ± 1,11	—
			21	0,00 ± 0,00	—

Примечания. ** — P < 0,01; *** — P < 0,001.

Анализируя полученные данные (табл. 8) можно утверждать: жизнеспособность гусениц-самцов V возраста выше жизнеспособности самок, что подтверждается высоким уровнем достоверной разницы средних показателей.

Изучение влияния охлаждения на жизнеспособность куколок пород Сов.-5, Б-1 ул., Б-2 ул. их делили по полу и содержали при температуре + 2 °С по 10 шт. в одной коробке. Все варианты насчитывали по 10 повторностей. Рассчитывали жизнеспособность куколок каждого варианта. Достоверность различий между средними значениями жизнеспособности самцов и самок разных пород рассчитывали с помощью t-критерия Стьюдента.

Полученные результаты (табл. 9) свидетельствуют о том, что достоверной разницы по жизнеспособности самцов куколок и самок куколок при экстремальных условиях содержания не наблюдается, однако на этой стадии развития прослеживается четкая тенденция повышения жизнеспособности куколок самок. О более высокой жизнеспособности куколок-самок породы Сов.-5 свидетельствует и то, что их продолжительность при низкотемпературном воздействии на 7 суток превышала продолжительность жизни самцов.

Таблица 9. Влияние охлаждения куколок на их жизнеспособность (порода Сов.-5)

Сутки охлаждения	Жизнеспособность куколок, %		Сутки охлаждения	Жизнеспособность куколок, %	
	Самцы	Самки		Самцы	Самки
1	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	53	40,00 ± 6,45	56,67 ± 14,06
11	77,78 ± 5,47 *	93,33 ± 4,22	57	40,00 ± 6,45	56,67 ± 14,06
17	68,89 ± 6,11	66,67 ± 9,89	63	30,00 ± 6,01	40,00 ± 11,55
22	65,56 ± 6,03	66,67 ± 9,89	70	26,67 ± 6,24	36,67 ± 9,55
28	50,00 ± 5,77	60,00 ± 12,65	74	18,89 ± 5,12	36,67 ± 9,55
32	43,33 ± 7,45	56,67 ± 14,06	80	14,44 ± 3,77	20,00 ± 7,30
38	42,22 ± 7,03	56,67 ± 14,06	87	5,56 ± 1,76	6,67 ± 4,22
43	42,22 ± 7,03	56,67 ± 14,06	93	0,00 ± 0,00	3,33 ± 3,33
			100	—	0,00 ± 0,00

Примечания. * — P < 0,5.

Таким образом, продолжительность жизни на стадии куколки у тутового шелкопряда при экстремальных условиях содержания оказалась наиболее длительной (около 100 суток). Это можно объяснить наличием в теле куколки высокоэнергетических питательных веществ: большого количества жира ($\frac{1}{4}$ её веса) и азотистых веществ, необходимых насекомым для нормального прохождения процессов метаморфоза.

При охлаждении на стадии куколки отмечены наиболее стабильные показатели жизнеспособности полов, но отмечается стойкая тенденция к повышению жизнеспособности самок по сравнению с самцами.

Последующие исследования фактической жизнеспособности проводили на стадии бабочки. В качестве объекта исследования использовали бабочек пород Сов.-5, Б-1 ул., Б-2 ул.

После выхода из кокона бабочек делили по полу по морфологическим признакам. Продолжительность жизни бабочек определяли с момента выхода из куколки до момента гибели. Отбирали по 25 шт. самцов и самок каждого варианта опыта. Каждую бабочку отсаживали в индивидуальный пакет. Все исследуемые бабочки находились в холодильнике при температуре + 2 °С.

Результаты исследования влияния охлаждения на среднюю продолжительность жизни бабочек тутового шелкопряда в зависимости от пола (табл. 10) свидетельствуют об отсутствии достоверной разницы продолжительности жизни самцов по сравнению с самками, но отмечается тенденция меньшей продолжительности жизни самцов. Жизнеспособность самцов тутового шелкопряда на стадии бабочки ниже жизнеспособности самок. У породы Сов.-5 продолжительность жизни самцов меньше на 3,13 суток, у породы Б-1 ул. — на 4,3 суток, у породы Б-2 ул. — на 3,24 суток относительно самок. Отмечена межпородная разница в устойчивости бабочек к охлаждению.

Т а б л и ц а 10. Средняя продолжительность жизни бабочек тутового шелкопряда при охлаждении

Порода	Продолжительность охлаждения, сутки	Средняя продолжительность жизни бабочек, сутки	
		Самцы	Самки
Сов.-5	44	35,20 ± 1,29	38,33 ± 1,41
Б-1 ул.	52	36,45 ± 1,71	40,75 ± 1,44
Б-2 ул.	55	40,24 ± 2,12	43,48 ± 1,80

В результате проведенных исследований жизнеспособности самцов и самок на основных этапах развития тутового шелкопряда установлено:

- 1) на стадии гусеницы жизнеспособность самцов тутового шелкопряда выше жизнеспособности самок начиная с первого и заканчивая пятым возрастом;
- 2) на стадии куколки прослеживается тенденция к увеличению жизнеспособности самок относительно самцов;
- 3) на стадии бабочки отмечается тенденция к увеличению жизнеспособности самок относительно самцов;
- 4) разница межпородной (Сов.-5, Б-1 ул., Б-2 ул.) устойчивости к охлаждению сохраняется на всех исследуемых нами стадиях развития, что свидетельствует о сохранении физиологических особенностей пород на протяжении всего онтогенеза.

Выводы. Изучение динамики параметров половой структуры искусственной популяции тутового шелкопряда под действием стресс-факторов — паров эфира и низких температур. показало достоверное изменение соотношения полов на разных этапах онтогенеза. В результате дифференциальной чувствительности особей к стресс-факторам в ходе онтогенеза наблюдается смещение первичного соотношения пола в сторону увеличения доли самцов. В дальнейшем происходит возврат к оптимальным структурным параметрам популяции и уже третичное соотношение полов характеризуется увеличением доли самок. Такие процессы способствует сохранению оптимальной численности и выживанию популяции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Астауров Б. Л. Искусственный партеногенез у тутового шелкопряда: Экспериментальное исследование. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. — 136 с.
- Астауров Б. Л. Цитогенетика развития тутового шелкопряда и её экспериментальный контроль. — М.: Наука, 1968. — 102 с.
- Борейко Т. А., Корнеева Л. А., Садовенко Е. В. Влияние соотношения полов на размножение синантропных мух // ВИНТИ. — 1996. — № 7. — С. 246–257.
- Влияние корпозина (β -аланин L-гистидин) на продолжительность жизни *Drosophila melanogaster* / А. О. Юнева, Т. Г. Крамаренко, Т. В. Ветрещак и др. // Бюл. эксперим. биол. и мед. — 2002. — № 6. — С. 646–649.

- Головко В. А., Злотин А. З., Кириченко И. А. Система мероприятий по оптимизации технологических процессов разведения тутового шелкопряда, профилактике и борьбе с болезнями: Метод. реком. — Х., 1992. — 60 с.
- Злотин А. З. Техническая энтомология. — К.: Наукова думка, 1989. — 183 с.
- Злотин А. З., Головко В. А. Экология популяций и культур насекомых. — Х.: РИП «Оригинал», 1998. — 232 с.
- Злотин А. З., Чепурная Н. П. Общие принципы контроля качества культур насекомых // Энтомол. обозрение. — 1994. — Т. LXXIII, вып. 1. — С. 195–199.
- Ковалев П. А. Племенное дело в шелководстве. — М.: Сельхозгиз, 1960. — 248 с.
- Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб. пособ. для биол. спец. вузов. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.
- Сравнительный анализ продолжительности жизни линий HA и VA *Drosophila melanogaster* / А. И. Потапенко, Е. Г. Рудаковская, Л. З. Кайданов, А. П. Акифьев // Изв. РАН. Сер. Биол. — 2000. — № 3. — С. 373–376.
- Страшко О. Э., Злотин А. З., Головко В. А. Методы регулирования диапаузы у насекомых и анализ их состояния. — Х.: РИП «Оригинал», 1997. — 33 с.
- Струнников В. А. Новые способы повышения жизнеспособности тутового шелкопряда // Новое в биологии шелкопрядов. — М.: Сельхозгиз, 1959. — С. 31–41.
- Струнников В. А. Замещение хромосом у тутового шелкопряда // Генетика. — 1975. — Т. 12, № 2. — С. 218–223.
- Струнников В. А. Генетический анализ повышенной гетерозиготности по всем локусам партеногенетических самцов тутового шелкопряда // Докл. АН СССР. — 1976. — Т. 228, № 1. — С. 43–46.
- Тамарина Н. А. Техническая энтомология. — М.: ВНИИТИ, 1987. — 145 с.
- Филиппович Ю. Б., Лантеева Т. И., Никитина И. Л. Основы биохимии тутового шелкопряда. — М.: Прометей, 1992. — 308 с.
- Чернышов В. Б. Экология насекомых. — М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1996. — 304 с.
- Шварц С. С. Экологические закономерности эволюции. — М.: Наука, 1980. — 277 с.
- Шовківництво: Книга для студ. біол. і с.-г. спец. вузів, вкл. біології шкіл та агрономів-шовківників / В. О. Головко, О. З. Злотін, М. Ю. Браславський та ін. — Х.: РВП «Оригинал», 1998. — 416 с.
- Яблоков А. В. Популяционная биология. — М.: Высшая школа, 1987. — 303 с.
- Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae): Factors affecting adult and nymph honeydew production / T. J. Henneberry, L. Jech, D. L. Henrix, T. Steele // Southwest. Entomol. — 1999. — Vol. 24, № 3. — P. 207.
- Fadmiaro H. Y., Baker Th. C. Reproductive performance and longevity of female European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. Effect of multiple mating, delay in mating and adult feeding // J. Insect Physiol. — 1999. — Vol. 45, № 4. — P. 385–392.
- Leonard D. E. Differences in development of the gypsy moth, *Porthesia dispar* (L.) // Conn. Agr. Exp. Sta. Bull. — 1966. — Vol. 680. — P. 1–31.
- Pevkota B., Schmidt G. H. Life span and fecundity of *Aiolopus thalassinus* exposed to dietary heavy metals (Hg, Pb, Cd) // Boll. Zool. Agr. Bachicolt. — 2000. — Vol. 32, № 2. — P. 119–134.
- Shi Ming-Zhu, Xu Bing-Hong, Zhao Xiao-Rui. Соотношение полов у *Lucilia sericata*, выращенных в помещении // J. Xinxiang Med. Coll. — 2001. — Vol. 18, № 3. — P. 165–166, 168.
- Studies on sex ratio in two popular races of silkworm *Bombyx mori* L. / M. K. Singh, A. K. Roy, B. D. Singh et al. // Ann. Entomol. — 1996. — Vol. 14, № 2. — P. 21–22.

Харьковский национальный педагогический университет им. Г. С. Сковороды
Институт шелководства УААН

Поступила 12.11.2006

UDC 57.017.55:573.7:574.34:57.042:638.24

T. Yu. MARKINA, O. O. PALCHIK

THE SEXUAL STRUCTURE OF THE POPULATION OF THE CHINESE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE) UNDER STRESS FACTORS

Kharkov National Pedagogical University
Institute for Sericulture of Ukrainian Academy of Agrarian Sciences

SUMMARY

The dynamics of sexual structure parameters of artificial silkworm populations under the action of stress factors has been studied. A change of sex ratio at all developmental stages under the action of ether vapor and low temperature has been consistently shown. Differences in viability between males and females can be utilised for the maintenance of the optimal sex ratio in the population.

1 fig., 10 tabs, 27 refs.