

УДК 575.167:638.22

© 2002 г. В. Г. ШАХБАЗОВ, С. В. СУХАНОВ, О. А. ШАЛАМОВА

## ВЛИЯНИЕ ПРОГРЕВОВ ГРЕНЫ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA: LYMANTRIIDAE) И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРЕВОВ

Одним из наиболее эффективных генетических методов повышения жизнеспособности и устойчивости тутового шелкопряда является использование эффекта гетерозиса первого поколения межпородных гибридов (Браславський, 1997). Очевидность эффекта гетерозиса для увеличения продуктивности сельскохозяйственных животных и растений не вызывает сомнений. Однако его применение осложнено отсутствием единой теории, объясняющей возникновение гибридной силы из-за объективной сложности самой природы гетерозисного эффекта, его полигенной обусловленности.

Другие методы повышения продуктивности шелкопряда направлены на снижение потерь на выкормках за счёт создания благоприятных условий, тщательной дезинфекции современными мощными средствами, применения биостимуляторов и различных подкормок (Кириченко, 1995; Мухина, Головки, Злотин, 1996; Покозий, Шкаруба, 1996). Известны также работы, в которых для решения данной проблемы используют такие факторы как магнитное поле,  $\gamma$ -облучение, лазерное облучение (А. с. 1139329, 1985; Канарев, До Тхи Чам, 1985; Юсифов, Агаев, Кузин, 1991).

Для шелкопрядов, как пойкилотермных организмов, температура является мощным фактором, влияющим на развитие. Тепловые воздействия давно используются в шелководстве. Исследованиями Б. Л. Астаурова (1958) и В. А. Струнникова (1987) показано, что температурное воздействие индуцирует в одних случаях партеногенетическое, а в других андрогенетическое развитие. Прогревы при высокой температуре применяют также для снятия эмбриональной диапаузы, для обеззараживания грены (Ованесян, Лобжанидзе, 1958), в качестве теста на неспецифическую устойчивость (Шахбазов, 1975, Шаламова, 1997).

Как показали экспериментальные исследования, кратковременные прогревы приводят к изменению некоторых адаптивных и хозяйственно ценных показателей тутового шелкопряда (Шахбазов, Шаламова, Суханов, 1996; Шаламова, 1997). При правильно подобранной температуре и экспозиции прогрева эти изменения в большинстве случаев положительны, то есть наблюдается эффект температурной стимуляции продуктивности шелкопряда. В то же время, эффективность и направленность влияния кратковременных прогревов грены на биологические показатели последующей выкормки зависят от ряда генетических и экологических факторов. Нерешенной проблемой при этом остается вопрос прогнозирования оптимальной дозы прогрева, которая действительно вызывала бы положительные изменения интересующих нас показателей.

Для решения этого вопроса были проведены исследования возможности использования в качестве предварительной оценки режима прогрева грены, дающего максимальное смещение значений биологических показателей двух важных и легко определяемых характеристик тутового шелкопряда эмбриональной жизнеспособности и эмбриональной терморезистентности.

**Материалы и методы.** Эксперименты проводили в период выкормок 1997–1998 гг. В качестве объектов использовали грену пород Б-1 и Б-2 (1997 г.), Укр-1 и гибрида Укр-1×Укр-2 которую, согласно методике (Шахбазов, Шаламова, Суханов, 1996), прогревали на вторые сутки (48 часов) весенней инкубации при температуре 41–45°C. Контролем служила гrena, не подвергавшаяся прогреву. На стадии «побеления» грену контрольных и опытных вариантов термотестировали (43°C, 20 минут) для определения эмбриональной терморезистентности.

Использование в опыте стадии «побеления» грены объясняется возможностью визуального контроля синхронизации опыта по вариантам первичных прогревов. Так, в опытах предварительные прогревы при 45°C привели к задержке эмбрионального развития (стадия «побеления» наступила на 9-е сутки инкубации, при 41–44°C – на 8-е сутки. Это свидетельствует о сильном стрессовом воздействии на эмбриональное развитие температуры 45°C и подтверждает необходимость использованного подхода.

**Результаты и обсуждение.** Данные экспериментов, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о неоднозначном влиянии различных температур прогрева грены на исследуемые показатели, а также о генетических различиях в чувствительности пород и гибридов тутового шелкопряда к воздействиям температуры.

**Таблица 1.** Действие предварительных прогревов грены на показатели её оживления и эмбриональной терморезистентности

| Показатель                           | Генотип     | Контроль | 41°C   | 42°C   | 43°C   | 44°C    | 45°C  |
|--------------------------------------|-------------|----------|--------|--------|--------|---------|-------|
| Оживление грены, %                   | Б-1         | 88,5     | 94,1*  | 94,9** | 90,0   | 93,3*   | 89,6  |
|                                      | Б-2         | 89,6     | 86,7   | 82,0*  | 88,6   | 83,1*   | 81,4* |
|                                      | Укр-1       | 77,2     | 76,2   | 75,6   | 73,8   | 75,2    | 71,2* |
|                                      | Укр-1×Укр-2 | 95,6     | 95,2   | 95,4   | 95,0   | 96,0    | 98,2  |
| Эмбриональная терморезистентность, % | Б-1         | 21,0     | 37,4** | 26,6*  | 30,4** | 52,2*** | 20,0  |
|                                      | Б-2         | 15,4     | 21,2*  | 17,0   | 10,2   | 17,8    | 9,4   |
|                                      | Укр-1       | 94,1     | 102,4  | 99,7   | 94,0   | 101,1   | 89,9  |
|                                      | Укр-1×Укр-2 | 88,6     | 78,4*  | 90,8   | 96,1   | 95,8*   | 95,7* |

**Примечание.** \* – 5 %, \*\* – 1 %, \*\*\* – 0,1 % (уровни значимости отличий).

Прогревы грены в исследуемом температурном интервале (табл. 1) в большинстве случаев не оказали существенного влияния на её оживление. Достоверное повышение отмечено только у породы Б-1 при действии температур 41, 42 и 44°C. В случае с прогревом при 45°C у породы Укр-1 зафиксировали понижение ( $P<0,05$ ) этого показателя по сравнению с контрольным.

Анализ результатов тестирования яиц свидетельствует о стимулирующем действии прогревов на эмбриональную терморезистентность. Для породы Б-1 отмечено достоверное повышение показателя при действии 41–44°C, а для Б-2 – 41°C. Воздействие 45°C у обеих пород оказало негативное влияние на эмбриональную терморезистентность. У современных генотипов украинской селекции Укр-1 и Укр-1×Укр-2 показатель эмбриональной терморезистентности в вариантах прогрева грены проявил тенденцию к повышению. В случае с прогревом при 44 и 45°C повышение показателя эмбриональной терморезистентности у грены Укр-1×Укр-2 на 8,01 и 8,13 %, в сравнении с контролем, подтвердилось статистически на высоком уровне значимости ( $P<0,05$ ).

Данные выкормки свидетельствуют (табл. 2), что в результате прогревов наблюдается различный уровень изменения биологических показателей, зависящий как от дозы воздействия, так и от генотипических особенностей. При этом температура, вызывающая эффект максимального повышения конкретного показателя у породы Б-1, составила для жизнеспособности гусениц – 44°C, массы кокона самки – 43°C, массы кокона самца – 43–44°C, массы оболочки кокона самки – 43°C, массы оболочки кокона самца – 42°C, шелконосности коконов самки – 42°C, шелконосности коконов самца – 42°C. У Б-2 повышение значений обнаружены не по всем показателям, а только для жизнеспособности гусениц – 44°C, массы кокона самца – 41°C, шелконосности коконов самки – 44°C, шелконосности коконов самца – 44°C.

**Таблица 2.** Влияние прогревов грены при температурах 41–45°C на биологические показатели тутового шелкопряда, связанные с продуктивностью выкормок

| Генотип       | Вариант  | Жизнеспособность гусениц, % | Кокон самки  |                |               | Кокон самца  |                |               |
|---------------|----------|-----------------------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
|               |          |                             | Масса кокона | Масса оболочки | Шелконосность | Масса кокона | Масса оболочки | Шелконосность |
| Б-1           | Контроль | 94,57                       | 2,34         | 0,40           | 17,04         | 1,90         | 0,39           | 19,33         |
|               | 41°C     | 92,81                       | 2,35         | 0,40           | 17,10         | 1,85         | 0,38           | 20,72         |
|               | 42°C     | 93,90                       | 2,34         | 0,41           | 17,68*        | 1,90         | 0,41*          | 21,31*        |
|               | 43°C     | 93,14                       | 2,42         | 0,42           | 17,42         | 1,92         | 0,40           | 20,88*        |
|               | 44°C     | 96,11                       | 2,32         | 0,39           | 16,96         | 1,92         | 0,40           | 20,84*        |
|               | 45°C     | 94,30                       | 1,97**       | 0,34**         | 17,47         | 1,64**       | 0,33           | 20,34         |
| Б-2           | Контроль | 96,24                       | 2,47         | 0,43           | 17,24         | 1,96         | 0,40           | 20,49         |
|               | 41°C     | 96,00                       | 2,36         | 0,41           | 17,31         | 2,01         | 0,40           | 20,00         |
|               | 42°C     | 96,38                       | 2,47         | 0,43           | 17,32         | 1,93         | 0,39           | 20,21         |
|               | 43°C     | 96,68                       | 2,41         | 0,41           | 17,05         | 1,93         | 0,39           | 20,42         |
|               | 44°C     | 98,59                       | 2,33         | 0,41           | 17,60         | 1,93         | 0,38           | 20,66         |
|               | 45°C     | 96,51                       | 2,04**       | 0,35           | 17,15         | 1,68         | 0,34           | 20,29         |
| Укр-1         | Контроль | 72,21                       | 2,23         | 0,43           | 19,19         | 1,78         | 0,42           | 23,34         |
|               | 41°C     | 50,88**                     | 2,29         | 0,45           | 19,63         | 1,88**       | 0,43           | 22,94         |
|               | 42°C     | 64,08                       | 2,43***      | 0,48***        | 19,65         | 1,89***      | 0,45**         | 23,55         |
|               | 43°C     | 69,72                       | 2,36***      | 0,46**         | 19,51         | 1,91***      | 0,44           | 22,85         |
|               | 44°C     | 59,63**                     | 2,33***      | 0,47***        | 20,06**       | 1,87**       | 0,44*          | 23,70         |
|               | 45°C     | 55,19**                     | 2,37         | 0,44           | 18,88         | 1,81         | 0,42           | 23,29         |
| Укр-1 × Укр-2 | Контроль | 69,54                       | 2,29         | 0,45           | 19,60         | 1,84         | 0,42           | 23,13         |
|               | 41°C     | 59,78                       | 2,28         | 0,45           | 19,81         | 1,88         | 0,43           | 22,91         |
|               | 42°C     | 86,33**                     | 2,34         | 0,46           | 19,92         | 1,85         | 0,44           | 23,49         |
|               | 43°C     | 76,49                       | 2,35         | 0,47*          | 19,98         | 1,88         | 0,45**         | 23,68         |
|               | 44°C     | 79,40**                     | 2,29         | 0,45           | 19,88         | 1,84         | 0,43           | 23,48         |
|               | 45°C     | 78,83**                     | 2,18         | 0,43           | 19,74         | 1,83         | 0,42           | 23,18         |

**Примечание.** \* – 5 %, \*\* – 1 %, \*\*\* – 0,1 % (уровни значимости отличий).

Достоверное повышение показателей относительно контроля отмечено только у породы Б-1 для массы оболочки кокона самцов (42°C), шелконосности самок (42°C) и самцов (41–44°C). Следует отметить, что предварительный прогрев при 45°C, снижавший уровень эмбриональной терморезистентности, при отсутствии значимого влияния на показатель оживления грены, оказал достоверное отрицательное воздействие на массовые показатели коконов как породы Б-1, так и Б-2.

Значительное понижение после прогрева при 41, 44 и 45°C отмечено по показателю жизнеспособности гусениц породы Укр-1: на 16,26–28,55 % (P<0,01) по отношению к контролю. В то же время для гусениц гибрида Укр-1×Укр-2 прогрев при 42, 44 и 45°C оказал стимулирующее воздействие. Их жизнеспособность повысилась на 13,36–24,14 % (P<0,01) по сравнению с контролем.

Анализ данных, приведенных в табл. 2, позволяет говорить о повышении показателей массы кокона и оболочки у самцов и самок после прогревов грены у породы Укр-1. Так, увеличение массы кокона самок составило 4,48–8,97 % (P<0,001), массы кокона самцов – 5,06–7,30 % (P<0,01–0,001), массы оболочки кокона самок – 9,60–11,94 % (P<0,001), массы оболочки кокона самцов – 5,06–7,47 % (P<0,05–0,01). У гибрида Укр-1×Укр-2 хорошо заметна тенденция к повышению этих же показателей в вариантах после прогрева. Показатель шелконосности не претерпел серьезных изменений.

Наблюдается зависимость между дозой температурного воздействия на грену и получаемым от этого эффектом (табл. 2). Во многих случаях, дальнейшее повышение температуры, при которой наблюдался эффект стимуляции признака, приводит к снижению этого показателя.

Для выяснения зависимости между дозой термовоздействия и изменениями биологических показателей тутового шелкопряда была проведена выкормка контрольных и опытных вариантов.

Данные, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о достоверной зависимости изменения большинства показателей, связанных с продуктивностью (исключение составляют показатели шелконосности), от дозы термовоздействия. Для репродуктивных показателей достоверная зависимость отмечена для плодовитости у Б-2 и массы оплодотворенного яйца у Б-1. Расчет силы влияния (hi) также показал, что температурный фактор в значительной степени определяет изменение биологических показателей.

**Таблица 3. Достоверность и сила влияния действия температуры (41–45°C) на биологические показатели тутового шелкопряда**

| Порода |    | Жизнеспособность гусениц | Кокон самки  |                |               | Кокон самца  |                |               | Плодовитость | Оплодотворенность грены | Масса оплодотворенного яйца |
|--------|----|--------------------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|-------------------------|-----------------------------|
|        |    |                          | Масса кокона | Масса оболочки | Шелконосность | Масса кокона | Масса оболочки | Шелконосность |              |                         |                             |
| Б-1    | Ff | 0,60                     | 12,61**      | 10,49**        | 2,29          | 12,05**      | 15,66**        | 1,85          | 0,56         | 2,18                    | 2,35*                       |
|        | hi | —                        | 69,60        | 53,30          | 14,30         | 55,10        | 62,10          | 8,70          | —            | 7,80                    | 9,00                        |
| Б-2    | Ff | 0,64                     | 17,98**      | 16,45**        | 0,81          | 13,70**      | 10,17**        | 1,14          | 3,94**       | 0,80                    | 1,48                        |
|        | hi | —                        | 65,20        | 63,60          | —             | 59,40        | 51,40          | 3,60          | 20,40        | —                       | 4,00                        |

**Примечание.** \* – 5 %, \*\* – 1 % (уровни значимости отличий).

Например, изменение массы оболочки кокона самцов на 62,1 и 51,4 % у породы Б-1 и Б-2 соответственно, определяется дозой термовоздействия. Максимальные значения силы влияния были отмечены для показателя массы кокона самок (69,6 и 65,2 % у породы Б-1 и Б-2 соответственно). Сила влияния фактора на изменение репродуктивных показателей составила: 20,4 % – плодовитость имаго (порода Б-2) и 9,0 % – масса оплодотворенного яйца (порода Б-1).

При рассмотрении зависимости между реакцией грены на предварительный прогрев и биологическими показателями выкомок видно, что чем значительнее повышаются показатели оживления грены и эмбриональной терморезистентности, тем более очевидны изменения других показателей тутового шелкопряда. Поэтому, с целью выяснения возможности прогнозирования результатов термовоздействий провели определение коэффициентов корреляции между показателями оживления грены, эмбриональной терморезистентности (прогностические) и показателями выкормки (прогнозируемые) (табл. 4).

**Таблица 4. Коэффициенты фенотипической корреляции между изучаемыми показателями пород Б-1 и Б-2 (41–45°C)**

| Порода | Показатели                        | Самки        |                |               | Самцы        |                |               | Жизнеспособность гусениц |
|--------|-----------------------------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------------------|
|        |                                   | Масса кокона | Масса оболочки | Шелконосность | Масса кокона | Масса оболочки | Шелконосность |                          |
| Б-1    | Оживление грены                   | 0,23         | 0,27           | 0,03          | 0,23         | 0,36**         | 0,40**        | – 0,03                   |
|        | Эмбриональная терморезистентность | 0,31*        | 0,24           | – 0,25        | 0,35**       | 0,38**         | – 0,20        | 0,17                     |
| Б-2    | Оживление грены                   | 0,46***      | 0,40**         | – 0,10        | 0,46***      | 0,44**         | 0,03          | – 0,33*                  |
|        | Эмбриональная терморезистентность | 0,38**       | 0,45**         | 0,19          | 0,54***      | 0,46***        | – 0,09        | 0,02                     |

**Примечание.** \* – 5 %, \*\* – 1 %, \*\*\* – 0,1 % (уровни значимости отличий).

Как видно из табл. 4, коэффициенты корреляции свидетельствуют о сопряженных изменениях прогностических показателей и результатов выкормки после предварительных прогревов. Для породы Б-2 выявлена более тесная взаимосвязь оживления грены и эмбриональной терморезистентности с массовыми показателями коконов, чем для Б-1, при наличии отрицательной корреляции между оживлением грены после прогревов и жизнеспособностью гусениц. Наличие достоверной корреляции между прогностическими показателями и шелконосностью не выявлено. У породы Б-1 достоверная корреляция выявлена для вариантов «оживление грены–масса оболочки кокона» самца, «оживление грены–масса шелконосность» самца, «эмбриональная терморезистентность–масса кокона» самки, «эмбриональная терморезистентность–масса кокона» самца, «эмбриональная терморезистентность–масса оболочки кокона» самца.

Таким образом, данные этой статьи согласуются с более ранними публикациями авторов о положительном влиянии прогревов грены на хозяйственно ценные показатели шелкопряда. Недостаточно ясны механизмы кратковременного теплового воздействия, хотя понимание этого вопроса имеет большое значение в решении проблем повышения жизнеспособности, устойчивости к болезням и продуктивности тутового шелкопряда. По нашему мнению, для объяснения природы этого явления следует использовать установленную одним из авторов на других биологических объектах связь теплового воздействия с изменениями такого интегрального свойства ядерного генома, как его биоэлектрический потенциал (Шахбазов, 1989).

**Выводы.** 1. Кратковременные прогревы грены в период весенней инкубации приводят к достоверным изменениям биологических показателей, а значит и проявлений количественных признаков.

2. Изменения могут быть как в сторону повышения значений, так и снижения. Направленность изменений зависит от дозы прогревов – с повышением температуры, в большинстве случаев, наблюдаемые увеличения показателей сменяются снижением.

3. Для прогнозирования результатов термовоздействий предложено использовать показатели оживления грены и эмбриональной терморезистентности. Изменение данных показателей после прогревов положительно коррелирует с изменениями хозяйственно важных признаков шелкопряда.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- А. с. 1139329 СССР, МКИ А 01 К 61/04. Установка для обработки грены тутового шелкопряда постоянным магнитным полем / Я. Я. Султанов, А. А. Соколов, И. Халматов и др. // Открытия. Изобретения. – 1985. – № 6. – 3 с.
- Астауров Б. Л. Пути управления развитием и жизнедеятельностью шелкопряда червя посредством температурных воздействий. Действие высоких и низких температур на развитие тутового шелкопряда // Труды Ин-та морфол. животных. – № 21. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 5–38.
- Браславский М. Ю. Теоретичне обґрунтування і експериментальна розробка основних програм селекції шовковичного шовкопряда в Україні: Автореф. дис. ... докт. с.-г. наук. – Х., 1997. – 48 с.
- Капарев Г., До Тхи Чам Влияние на обльчаного на бубени семена с лазерни льчи върху развитието и продуктивността на копринената буба (*Bombyx mori* L.) // Животновъд. науки. – 1985. – Т. 22, № 12. – С. 47–53.
- Кириченко И. А. Основные инфекционные болезни тутового шелкопряда в Украине и меры борьбы с ними. – Х.: РИП «Оригинал», 1995. – 208 с.
- Мухина О. Ю., Головкин В. А., Злотин А. З. Повышение устойчивости тутового шелкопряда к экологическим факторам путём оптимизации применения биостимуляторов // Междунар. науч. конф., посвящ. 150-летию со дня рождения И. И. Мечникова: Матер. докл. – Х., 1996. – С. 156–162.
- Ованесян Т. Т., Лобжанидзе В. И. Первые результаты опытов по термическому обеззараживанию педринозной грены тутового шелкопряда кратковременным прогревом в горячей воде // Труды Ин-та морфол. животных. – № 21. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 184–215.
- Покозий И. Т., Шкаруба Н. Г. Влияние силатранов на продуктивность и плодовитость тутового шелкопряда // Междунар. науч. конф., посвящ. 150-летию со дня рождения И. И. Мечникова: Матер. докл. – Х., 1996. – С. 166–170.
- Струнников В. А. Генетические методы селекции и регуляции пола тутового шелкопряда. – М.: Агропромиздат, 1987. – 327 с.
- Шаламова О. А. Генетичні відмінності порід і гібридів шовковичного шовкопряда в реакції на термічні впливи: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Х., 1997. – 19 с.
- Шахбазов В. Г. Прогнозирование эффекта гетерозиса семян сельскохозяйственных растений методом термотестирования // Гетерозис сельскохозяйственных растений, его физико-биохимические и биофизические основы. – М., 1975. – С. 224–229.
- Шахбазов В. Г. Новое представление о роли температуры в формировании биоэлектрического потенциала и генетических функций клеточного ядра // Докл. АН СССР. – 1989. – Т. 308, № 4. – С. 994–997.
- Шахбазов В. Г., Шаламова О. А., Суханов С. В. Термостимуляция – новый способ повышения плодовитости и жизнеспособности тутового шелкопряда // Междунар. науч. конф., посвящ. 150-летию со дня рождения И. И. Мечникова: Матер. докл. – Х., 1996. – С. 43–45.
- Юсифов Н. И., Агаев Р. А., Кузин А. М. Повышение сопротивляемости к неблагоприятным условиям среды тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L.) под влиянием  $\gamma$ -облучения в малых дозах // Радиобиология. – 1991. – Т. 31, № 2. – С. 265–268.

UDC 575.167:638.22

**V. G. SHAKHBAZOV, S. V. SUKHANOV, O. A. SHALAMOVA**

**THE EFFECT OF HIGH TEMPERATURE EXPOSITION  
ON BIOLOGICAL PROPERTIES OF CHINESE SILKWORM,  
*BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA: LYMANTRIIDAE)  
AND THE PROBLEM OF PREDICTION OF THIS EFFECT**

*Institute for Sericulture of Ukrainian Academy of Agrarian Sciences*

SUMMARY

The effect of short egg 'warming-up' on some adaptive characters of Chinese silkworm has been studied. The rate of egg hatching and egg thermoresistance are proposed for preliminary evaluation of the effects of warming-up, which are generally beneficial under moderate temperatures.

4 tabs, 14 refs.