

УДК 595.7.082: 577.84

## **ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОПУЛЯЦИЙ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА *BOMBYX MORI L.* (*LEPIDOPTERA, BOMBYCIDAE*) ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ**

© 2009 г. Т. Ю. Маркина

*Харьковский национальный педагогический университет им. Г.С. Сковороды  
(Харьков, Украина)*

Изучено влияние оптимизации половой, экологической, возрастной структур на изменения структурных параметров и биологических показателей искусственной популяции тутового шелкопряда. Отмечено проявление полового диморфизма в реакции особей на действие факторов оптимизации. Показана целесообразность дифференцированного подхода к выбору метода оптимизации в зависимости от исходной жизнеспособности популяции.

**Ключевые слова:** *Bombyx mori L.*, искусственная популяция, оптимизация, половая структура, возрастная структура, экологическая структура

Оптимизация культивирования является одним из неотъемлемых этапов разведения и поддержания культур насекомых (Злотин, 1989). В настоящее время в технической энтомологии широко используются различные приемы оптимизации, направленные на повышение жизнеспособности и продуктивности культур насекомых. В основном это приемы, соответствующие двум направлениям (Злотин, 1981):

- приемы оптимизации культивирования (создания благоприятных условий выращивания насекомых, улучшения качества корма, проведение мер профилактики заболеваний);

- приемы селекции направленные на получение генотипа, адаптированного в соответствии с целями программ разведения.

На основе современных представлений о структуре и механизмах функционирования популяций (Алтухов, 2003) нами разработаны биологические основы оптимизации структурных параметров искусственных популяций насекомых в направлении получения особей, обладающих генотипом, максимально отвечающим целям конкретных программ разведения

(Маркина, Злотин, 2002; Маркіна, 2004). Это позволяет значительно увеличить эффективность использования разработанных ранее методов оптимизации (Калініна та ін., 2004; Маркіна, Бачинська, 2005).

Положенные в основу концепции принципы позволили разработать и успешно апробировать методы оптимизации возрастной, половой, экологической (действие определенных факторов), этологической, пространственной и генетической структур искусственных популяций насекомых (Бачинская, Маркина, 2002; Гайдук та ін., 2005 (2006); Калініна та ін., 2004; Маркіна, Бачинська, 2005; Маркіна, Пальчик, 2006).

Отмечено, что в ходе проведения оптимизации культур насекомых по одним структурным параметрам происходят изменения, затрагивающие другие, не оптимизируемые структурные параметры, а также наблюдаются процессы саморегуляции, способствующие поддержанию внутривидового гомеостаза. В ряде случаев это приводит к снижению эффекта оптимизации, а иногда к его отсутствию. Подобные ситуации обусловили необходимость проведения комплексного исследования, позволяющего изучить, как влияет оптимизация возрастной, половой, экологической структур искусственных популяций насекомых на динамику структурных параметров. Полу-

ченные данные будут способствовать повышению эффективности реализации программ разведения насекомых и расширят понимание механизмов внутривидовых процессов.

Таким образом, целью наших исследований явилось изучение изменений структурных параметров популяции тутового шелкопряда в ходе оптимизации и оценка степени влияния отдельных структурных параметров на биологические и хозяйственно-ценные показатели культуры.

## **МЕТОДИКА**

Исследования проводили в течение 2006-2007 гг. на экспериментальной базе Института шелководства УААН. Для реализации поставленной задачи была использована меченная по полу на стадии яйца низкожизнеспособная порода тутового шелкопряда – Советская-5. Выбор данной породы был обусловлен возможностью достоверно определить влияние изучаемых методов оптимизации на динамику половой структуры популяции, а также оценить эффективность изучаемых приёмов для низкожизнеспособного биоматериала.

Для оптимизации структурных параметров были выбраны успешно апробированные в технической энтомологии методы. Оптимизацию экологической структуры популяции проводили путем отбора наиболее жизнеспособных гусениц-«мурашей» по интенсивности хемотаксиса на запах листа шелковицы (*Morus alba* L.) (Остапенко, Злотин, 2000), а также наименее жизнеспособных особей на запах нетрадиционного кормового раздражителя – листа одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.) (Гайдук та ін., 2003). Данный метод позволяет отобрать наиболее жизнеспособный материал и выделить часть популяции, склонную к олигофагии. Изучение влияния оптимизации половой структуры проводили путем изменения соотношения полов при культивировании.

Оптимизацию возрастной структуры осуществляли, используя метод отбора первоперелинявших на второй возраст гусениц (Калиніна та ін., 2004). Это позволяет отобрать наиболее жизнеспособный материал.

Эксперимент включал следующие варианты:

1. Культивирование без оптимизации 100% самцов.
2. Культивирование без оптимизации 100% самок.

3. Культивирование 100% самцов после отбора по интенсивности хемотаксиса на шелковицу.

4. Культивирование 100% самок после отбора по интенсивности хемотаксиса на шелковицу.

5. Культивирование 100% самцов после отбора по интенсивности хемотаксиса на одуванчик.

6. Культивирование 100% самок после отбора по интенсивности хемотаксиса на одуванчик.

7. Культивирование 100% самцов после отбора первоперелинявших на второй возраст гусениц.

8. Культивирование 100% самок после отбора первоперелинявших на второй возраст гусениц.

9. Совместное культивирование 50% самцов и 50% самок без оптимизации.

10. Совместное культивирование 50% самцов и 50% самок после отбора первоперелинявших на второй возраст гусениц.

11. Совместное культивирование 75% самцов и 25% самок без оптимизации.

12. Совместное культивирование 75% самцов и 25% самок после отбора первоперелинявших на второй возраст гусениц.

13. Совместное культивирование 25% самцов и 75% самок без оптимизации.

14. Совместное культивирование 25% самцов и 75% самок после отбора первоперелинявших на второй возраст гусениц.

Все варианты были взяты в трёх повторностях, по 50 мг (120 шт.) гусениц-«мурашей» в каждой. Гигротермические условия содержания тутового шелкопряда были оптимальны и соответствовали принятым в Украине агроправилам (Шовківництво, 1998). В ходе эксперимента определяли следующие показатели: жизнеспособность гусениц, %; индивидуальную плодовитость самок, шт.; соотношение полов на стадии имаго. Полученные данные подвергались статистической обработке.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

По нашему мнению половая структура популяций играет первостепенную роль в реализации эффекта оптимизации. Известно, что половая структура популяций определяется первичным, вторичным и третичным соотношением полов. Как отмечал С.С. Шварц (1980), оптимальное соотношение полов является важнейшим механизмом поддержания генетической разнородности популяции. Это обеспечи-

## ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

вается физиологическими и экологическими различиями между представителями разных полов. В этой связи мы предположили, что эффект оптимизации структурных параметров популяций у особей разного пола может проявляться по-разному. В свою очередь, изменения половой структуры популяции, происходящие в ходе оптимизации, могут существенно повлиять на эффективность предложенного в каждом конкретном случае метода.

Проводимые нами ранее исследования характера изменений соотношения полов у тутового шелкопряда в ходе онтогенеза показали дифференциальную жизнеспособность на разных стадиях развития насекомого (Маркина, Пальчик, 2006). Первичное соотношение полов (стадия яйца) было равно 1:1. Вторичное – в первых гусеничных возрастах, смещалось в сторону самцов (10:1), в четвертом возрасте в сторону самок (1:2,9). Третичное соотношение полов (куколка, имаго) смещалось в сторону увеличения доли самцов. Таким образом, было показано, что соотношение полов у тутового шелкопряда отвечает нормальному распределению (1:1), но прослеживается тенденция к увеличению доли самцов. Поэтому изучение динамики данного показателя имеет большое практическое значение. Исходя из вышесказанного, нами была экспериментально апробирована эффективность наиболее перспективных методов оптимизации структурных параметров на самцах и самках меченой по полу породы тутового шелкопряда.

Исследованные в данной работе методы оптимизации экологической структуры культур насекомых (Гайдук та ін., 2003; 2005 (2006)) базируются на положении о полиморфности популяции по интенсивности хемотаксиса и различной способности особей реагировать на кормовые раздражители. В наших работах ранее было показано, что популяция тутового шелкопряда состоит из высокожизнеспособных особей, интенсивно реагирующих на традиционный кормовой раздражитель (шелковицу) и низкожизнеспособных особей, реагирующих на нетипичный кормовой раздражитель – одуванчик. Оптимизация экологической структуры проводилась путем отбора наиболее жизнеспособных особей по интенсивности реакции хемотаксиса на лист шелковицы, а также путем отбраковки низко жизнеспособных особей, реагирующих на запах одуванчика.

В ходе исследований было показано, что при раздельном культивировании жизнеспособность самцов достоверно ( $p < 0,001$ ) выше

жизнеспособности самок (рис. 1), как без оптимизации, так и при оптимизации экологической и возрастной структур популяции. Однако, показатели жизнеспособности самок при оптимизации путем отбора особей по интенсивности хемотаксиса на одуванчик, а также первоперелинявших на второй возраст гусениц достоверно ( $p < 0,001$ ) превышали контроль, в то время как жизнеспособность самцов при оптимизации падала. Таким образом, можно говорить о существовании полового диморфизма особей тутового шелкопряда по реакции на данные факторы отбора.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что фактор пола значимо ( $p < 0,001$ ) влияет на жизнеспособность особей, а эффективность оптимизации определяется долей самок в популяции. Это свидетельствует о сохранении самками данной породы гетерогенности, позволяющей им реагировать на отбор, в то время как самцы, подвергаясь отбору, снижают свою гетерогенность и, как следствие, жизнеспособность.

Как видно из рис. 2, в результате эксперимента зарегистрировано значимое ( $p = 0,00003$ ) взаимодействие между фактором пола и характером отбора. Отбор по интенсивности хемотаксиса на лист шелковицы и, особенно на одуванчик, снижает степень влияния фактора пола на жизнеспособность особей (различия в жизнеспособности полов уменьшаются).

Таким образом, учитывая известную зависимость между уровнем жизнеспособности и гетерогенностью популяций и полученные нами данные, можно утверждать, что оптимизация экологической структуры низко жизнеспособной популяции не эффективна. Ответ на от-

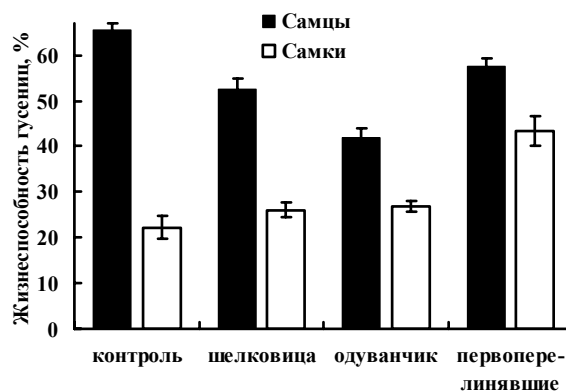
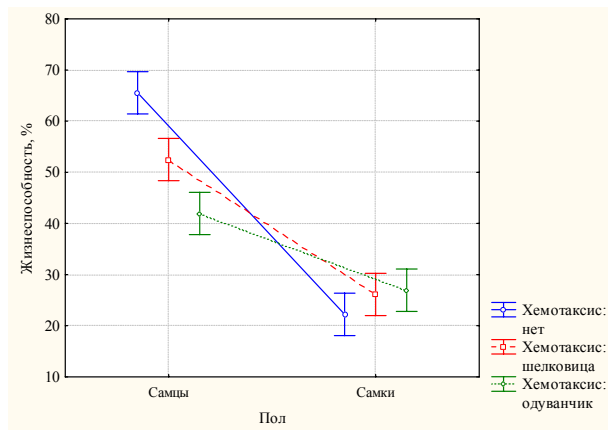


Рис. 1. Жизнеспособность самок и самцов тутового шелкопряда при оптимизации структурных параметров (раздельное культивирование).



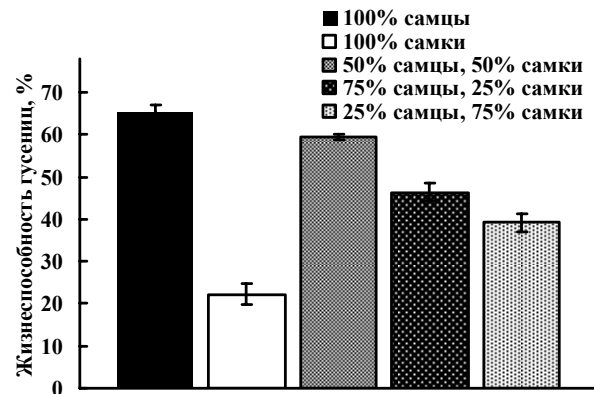
**Рис. 2. Зависимость жизнеспособности популяции тутового шелкопряда от пола особи и характера отбора.**

бор в таких ситуациях не наблюдается. Более того, искусственное уменьшение гетерогенности путем отбора, наоборот, приводит к уменьшению жизнеспособности популяции. В этом случае при сохранении в популяции нормального соотношения полов, низкая гетерогенность самцов данной породы является причиной отсутствия ответа на действие фактора отбора. Однако при увеличении в популяции доли самок отбор особей по интенсивности хемотаксиса дает хорошие результаты даже на низкожизнеспособном материале.

При оптимизации половой структуры культуры тутового шелкопряда наблюдалось изменение жизнеспособности биоматериала (рис. 3).

Анализ полученных данных показал, что жизнеспособность популяции при оптимизации половой структуры возрастает с увеличением доли самцов. Однако в варианте  $75\♂ \times 25\♀$  жизнеспособность достоверно ниже, чем в варианте  $50\♂ \times 50\♀$ . Причины данного снижения показателя требуют дальнейшего изучения.

В варианте  $50\♂ \times 50\♀$  показатель жизнеспособности смеси был достоверно (на 6,12%) ниже жизнеспособности самцов, культивируемых отдельно. По нашему мнению, такое изменение показателя связано с проявлением эффекта повышения жизнеспособности самок в ходе личиночной стадии развития. Этим же можно объяснить и небольшую разницу в показателях жизнеспособности в вариантах  $75\♂ \times 25\♀$  и  $25\♂ \times 75\♀$ . В то же время оптимизация половой структуры популяции привела к изменению третичного соотношения полов. Произошло значительное смещение в сторону самцов в варианте  $75\♂ \times 25\♀$  (таблица). Вслед-



**Рис. 3. Жизнеспособность тутового шелкопряда при оптимизации половой структуры популяции.**

ствие низкой общей жизнеспособности самок в варианте  $25\♂ \times 75\♀$  изменение соотношения полов происходит в меньшей степени. Индивидуальная плодовитость самок во всех вариантах достоверно не отличалась. Таким образом, оптимизация половой структуры культур насекомых может привести к нежелательному изменению соотношения полов в популяции и, соответственно, к значительному снижению численности особей в следующем поколении и негативно скажется на реализации программы разведения.

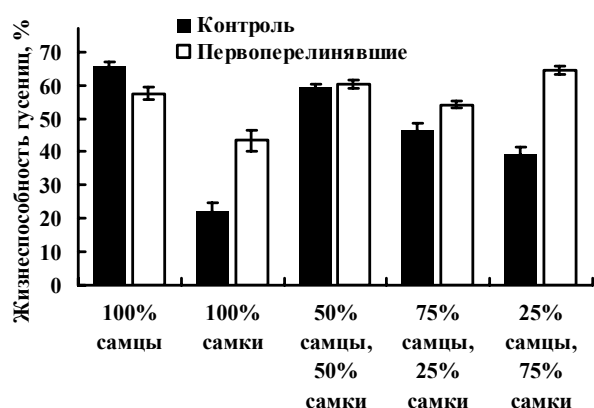
Как указывалось выше, оптимизация возрастной структуры культуры тутового шелкопряда путем отбора первоперелинявших на второй возраст гусениц также показала неравнозначность реакции самцов и самок на действие фактора отбора. Жизнеспособность самцов была достоверно ( $p < 0,001$ ) выше жизнеспособности самок (см. рис. 1). Однако отбор первоперелинявших самцов привел к уменьшению жизнеспособности по сравнению с контролем, в то время как отбор самок повысил изучаемый показатель на 21%. Это подтверждает наш вывод о более высокой генетической гетерогенности и сохранении изменчивости самок по сравнению с самцами даже в низкожизнеспособных популяциях. В дальнейшем было исследовано влияние данного метода отбора в популяциях, имеющих разное исходное соотношение полов (рис. 4).

В ходе эксперимента было показано, что данный метод оптимизации достаточно эффективен для низкожизнеспособной породы. Во всех вариантах оптимизация возрастной структуры популяции привела к повышению показателя жизнеспособности по отношению к контролю.

## ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

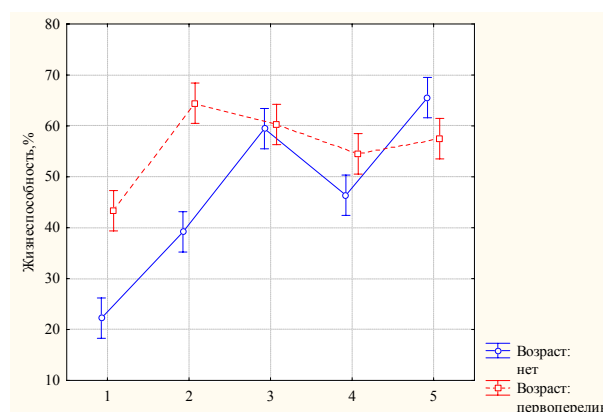
### Влияние оптимизации структурных параметров популяции тутового шелкопряда на третичное соотношение полов и индивидуальную плодовитость особей

Вариант	Индивидуальная плодовитость самок, шт	Третичное соотношение полов, ♂ : ♀
100% самцы, контроль	–	–
100% самки, контроль	472 ± 31,00	–
100% самцы, отбор на шелковицу	–	–
100% самки, отбор на шелковицу	478 ± 46,16	–
100% самцы, отбор на одуванчик	–	–
100% самки, отбор на одуванчик	487 ± 30,19	–
100% самцы, первоперелинявшие	–	–
100% самки, первоперелинявшие	581 ± 23,,23	–
50% самцы x 50% самки, контроль	483 ± 20,04	1,6 : 1
50% самцы x 50% самки, первоперелинявшие	582 ± 15,32	1,6 : 1
75% самцы 25% самки, контроль	498 ± 24,13	10 : 1
75% самцы 25% самки, первоперелинявшие	563 ± 24,38	4 : 1
25% самцы 75% самки, контроль	516 ± 27,83	1 : 1,7
25% самцы 75% самки, первоперелинявшие	561 ± 18,80	1 : 2



**Рис. 4.** Влияние оптимизации возрастной структуры популяции на жизнеспособность тутового шелкопряда.

В варианте 50♂x50♀ жизнеспособность была выше жизнеспособности самцов и самок, культивированных отдельно и практически равна контролю 50♂x50♀. По-видимому, за счет присутствия самок и их высокой реакции на прием оптимизации показатель увеличивается. Эта закономерность прослеживается и в вариантах 75♂x25♀ и 25♂x75♀ первоперелинявшие. В данном случае успех оптимизации низко жизнеспособной культуры зависит от доли самок в популяции. Чем она выше, тем выше эффективность оптимизации.



**Рис. 5.** Зависимость жизнеспособности тутового шелкопряда от пола особей и характера отбора. (Варианты соотношения полов: 1 – 100% самки; 2 – 25% самцы, 75% самки; 3 – 50% самки, 50% самцы; 4 – 75% самцы, 25% самки; 5 – 100% самцы).

Дисперсионный анализ (рис. 5) показал значимое ( $p < 0,001$ ) взаимодействие факторов пола и метода отбора. Проводимый отбор первоперелинявших гусениц достоверно снижает влияние состава группы на показатель жизнеспособности особей.

В вариантах преобладания самцов наблюдается значительное смещение третичного соотношения полов в сторону самцов. Это необходимо учитывать, используя данный метод оптимизации для культур насекомых имеющих

соотношение полов отличное от равновесного состояния (1:1).

Таким образом, в результате проведенных исследований впервые экспериментально показано первостепенное значение структурной организации популяции в успешности реализации программ разведения насекомых. Определяющим в эффективности реализации приемов оптимизации структурных параметров является половая структура популяций.

Отмечена дифференцированная реакция самцов и самок тутового шелкопряда на методы отбора по структурным параметрам. Жизнеспособность самцов достоверно выше жизнеспособности самок.

Оптимизация экологической структуры популяции низко жизнеспособных пород тутового шелкопряда не эффективна в силу низкой исходной гетерогенности самцов. Оптимизация культур насекомых с преобладанием самцов приводит к резкому изменению третичного соотношения полов, что негативно сказывается, в дальнейшем, на численности популяции.

В целом, апробированные приемы оптимизации экологической и возрастной структур популяции тутового шелкопряда значимо ( $p < 0,001$ ) снижают роль фактора пола в реализации эффекта.

## ЛИТЕРАТУРА

*Алтухов Ю.П.* Генетические процессы в популяциях. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 431 с.

*Бачинская Я.А., Маркина Т.Ю.* Оптимизация пространственной структуры популяции тутового шелкопряда *Bombyx mori* L. // Изв. Харьк. энтомолог. об-ва. – 2002. – Т. 10, вып.1–2. – С. 190-192.

*Гайдук К.В., Маркина Т.Ю., Злотин О.З.* Диференціація гусениць шовковичного шовкопряда першого віку за реакцією переваги на певний кормовий подразник // Наук.-тех. бюл.– Харків, 2003. – № 84. – С. 43-46.

*Гайдук К.В., Маркина Т.Ю., Злотин О.З.* Особливості харчової спеціалізації комах-фітофагів та їх використання при культивуванні // Изв. Харьк. эн-

томол. об-ва. – 2005 (2006). – Т. 13, вып. 1-2. – С. 195-199.

*Злотин А.З.* Теоретическое обоснование массового разведения насекомых // Энтомол. обозр. – 1981. – Т. 60, № 3. – С. 494-510.

*Злотин А.З.* Техническая энтомология. – К.: Наук. думка, 1989. – 183 с.

*Калініна 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. націон. аграрн. ун-ту. Сер. Энтомологія та фітопатологія. – 2004. – № 5. – С. 28-31.

*Маркина Т.Ю., Злотин А.З.* Биологические основы оптимизации структуры искусственных популяций насекомых для реализации программ разведения // Приспособление организмов к действию экстремальных экологических факторов. – Белгород, 2002. – С. 47-49.

*Маркіна Т.Ю.* Теоретичне обґрунтування оптимізації структури штучних популяцій комах в умовах розведення // Біологія та валеологія. Зб. наук. праць. Харків. націон. пед. ун-т. – 2004. – Вип. 6. – С. 20-24.

*Маркіна Т.Ю., Бачинська Я.О.* Оптимізація генетичної структури популяцій на прикладі лускокрилих комах // Біологія та валеологія. Зб. наук. праць. Харків. націон. пед. ун-т. – 2005. – Вип. 7. – С. 83-93.

*Маркіна Т.Ю., Пальчик О.О.* Методи регулювання статевої структури культури шовковичного шовкопряда // Біологія та валеологія. Зб. наук. праць. Харків. націон. пед. ун-т. – 2006. – Вип. 8. – С. 50-61.

*Остапенко Л.Н., Злотин А.З.* Отбор высокожизнеспособных гусениц тутового шелкопряда *Bombyx mori* L. (*Lepidoptera, Bombycidae*) по реакции хемотаксиса // Изв. Харьк. энтомолог. об-ва. – 2000. – Т. 8. – Вып. 2. – С. 171-173.

*Шварц С.С.* Экологические закономерности эволюции. – М.: Наука, – 1980. – 280 с.

*Шовківництво / Головка В.О., Злотін О.З., Браславський М.Ю. та ін.* – Х.: Оригінал, 1998. – 416 с.

*Поступила в редакцію  
06.12.2008 г.*

**ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ**

**CHANGES IN STRUCTURE PARAMETERS OF SILKWARM POPULATIONS  
*BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA, BOMBYCIDAE)  
UNDER THE OPTIMIZATION OF CULTIVATION**

T. Yu. Markina

*G.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University  
(Kharkiv, Ukraine)*

An influence of optimization of sexual, ecological, and age structures on changes of structure parameters and biological characteristics of the silk worm populations has been examined. A display of sexual dimorphism in individual reaction on the factor of optimization has been detected. Reasonability of differentiated approach to a chosen method of optimization depending on initial viability of population has been shown.

**Key words:** *Bombyx mori* L., artificial population, optimization, sexual structure, age structure, ecological structure

**ЗМІНИ СТРУКТУРНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОПУЛЯЦІЙ ШОВКОВИЧНОГО  
ШОВКОПРЯДА *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA, BOMBYCIDAE)  
ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ КУЛЬТИВУВАННЯ**

Т. Ю. Маркіна

*Харківський національний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди  
(Харків, Україна)*

Вивчено вплив оптимізації статеві, екологічної, вікової структур на зміни структурних параметрів та біологічних показників штучних популяцій шовковичного шовкопряда. Встановлено прояв статевого диморфізму в реакції особин на дію факторів оптимізації. Показана доцільність диференційованого підходу до вибору методу оптимізації залежно від вихідної життєздатності популяції.

**Ключові слова:** *Bombyx mori* L., штучна популяція, оптимізація, статеві структура, вікова структура, екологічна структура