

УДК 575.167:638.22

© 2002 г. Е. А. БОЙКО, В. М. ЛИТВИН,
О. А. ШАЛАМОВА, С. В. СУХАНОВ

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ГРЕНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ СВЧ-ДИАПАЗОНА НА НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДВУХ ПОКОЛЕНИЙ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA: LYMANTRIIDAE)

Многочисленными экспериментами показано, что ЭМП (электромагнитные поля) СВЧ-диапазона могут влиять на биологические объекты и их системы, в том числе и при самых слабых интенсивностях воздействия (Акоев, 1983). Облучение отдельных органов или организма в целом ЭМП низкой интенсивности может приводить к различным стимулирующим эффектам. Например, под действием ЭМП происходит повышение секреции гормонов щитовидной железы и стимуляция иммунных реакций крыс, увеличение количества лимфоидных клеток селезенки мышей (Крылов, 1983), активация полинуклеаз в коже крыс (Керова, 1964), ускорение роста бактерий, простейших, клеток культуры тканей (Материалы ..., 1963). На дубовом шелкопряде *Antheraea pernyi* Guépin отмечено, что облучение грены низкоинтенсивными ЭМП СВЧ-диапазона вызывает стимуляцию некоторых биологических признаков (Применение ..., 1998). Интерес исследователей вызывает эффект последствия облучения как на первом, так и на последующих поколениях. Так, на *Drosophila melanogaster* Mg. обнаружено влияние облучения имаго в СВЧ-диапазоне низкой интенсивности на теплоустойчивость и плодовитость имаго-потомков после облучения (ENF-radiation ..., 1998).

Целью данной работы было изучение ряда биологических показателей тутового шелкопряда после облучения грены электромагнитными полями (ЭМП) СВЧ-диапазона низкой интенсивности, а также исследование этих показателей у потомства (A_2) от родителей, полученных из грены, обработанной ЭМП.

Материалы и методы. Объектами исследования служили породы Б-1_{ул}, Б-2_{ул} и партеноклон Укр-27 тутового шелкопряда. Грену на вторые сутки инкубации подвергали воздействию ЭМП СВЧ-диапазона (весна 1998 г.). В качестве источника излучения использовался генератор поля СВЧ-диапазона с $\lambda = 2,29$ см. Контрольная гrena этих генотипов не подвергалась облучению ЭМП.

После завершения инкубации учитывали показатель выхода гусениц из грены. Гусениц из контрольной и опытной партий грены выкармливали по общепринятой методике и учитывали количественные признаки: жизнеспособность гусениц, массы кокона и шелковой оболочки, шелконосность самок и самцов.

Потомство (A_2) облученных и необлученных (контроль) родителей этих генотипов использовали в эксперименте весной 1999 года. Изучались все вышеуказанные показатели для генотипов Б-1_{ул} и Укр-27, а также показатель эмбриональной терморезистентности для генотипов Б-1_{ул}, Б-2_{ул} и Укр-27. Для его определения использовали метод термотеста, разработанный ранее (Шахбазов, 1975; Оцінка ..., 1996; Шаламова, 1997). Грену облученных и необлученных родителей делили на равные части, одну из которых (контроль) выдерживали в течение 21 минуты в дистиллированной воде комнатной температуры (21°C), вторую (тест) прогревали 20 минут в водном термостате (48±0,1°C), а затем в течение 1 минуты охлаждали в дистиллированной воде. После завершения инкубации проводили подсчет оживления грены. Эмбриональную терморезистентность характеризовали по проценту выхода личинок I возраста после термотеста, отнесенному к контролю, принятому за 100 %.

Результаты и обсуждение. Значения биологических показателей первого поколения (A_1) тутового шелкопряда в зависимости от экспозиции облучения полем СВЧ-диапазона по результатам весны 1998 г. представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, у партеноклона Укр-27 при экспозиции 20 минут выявлено увеличение жизнеспособности гусениц на 13,1 % ($P < 0,01$) по сравнению с контролем. При 10- и 20-минутных экспозициях облучения отмечено увеличение массы кокона на 7,4 и 9,9 % ($P < 0,01$ и $P < 0,001$), массы шелковой оболочки на 12,0 и 17,0 % ($P < 0,001$) и шелконосности на 0,8 и 1,2 % ($P < 0,05$ и $P < 0,001$) соответственно.

У породы Б-1_{ул} после облучения грены наблюдалось увеличение массы оболочки кокона самцов на 14,1 % ($P < 0,001$) при 10-минутной экспозиции, шелконосности самцов – на 1,2 и 1,8 % ($P < 0,05$ и $P < 0,01$), самок – на 0,9 и 1,1 % ($P < 0,05$ и $P < 0,01$) при экспозициях 10 и 20 минут соответственно.

Таблица 1. Влияние облучения грены ЭМП СВЧ-диапазона на биологические показатели первого поколения (A₁) тутового шелкопряда (весна 1998 г.)

Ге- но- тип	Экспо- зиция, мин	Выход гусениц из грены, %	Жизне- способно- сть гусе- ниц, %	Масса кокона, г		Масса оболочки, г		Шелконосность, %	
				♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂
Укр-27	кон- троль	37,30±2,04	72,16	2,02±0,03	—	0,393±0,09	—	19,40±0,19	—
	10	40,40±2,20	68,82**	2,17±0,03**	—	0,436±0,006***	—	20,18±0,27*	—
	20	38,56±2,11	85,28	2,22±0,03***	—	0,458±0,009***	—	20,59±0,20***	—
Б-1 _{ул}	кон- троль	95,40±0,37	93,53	2,29±0,03	1,80±0,03	0,354±0,009	0,326±0,07	15,41±0,24	18,06±0,21
	10	93,80±0,71	92,91	2,27±0,03	1,87±0,04	0,376±0,009	0,372±0,008***	16,53±0,24**	19,89±0,20***
	20	92,30±1,76	87,72	2,21±0,04	1,74±0,03	0,361±0,009	0,335±0,008	16,27±0,26*	19,22±0,29**
Б-2 _{ул}	кон- троль	85,60±1,06	93,37	2,38±0,04	1,89±0,02	0,376±0,008	0,387±0,005	15,83±0,24	20,46±0,21
	10	94,50±0,58***	94,79	2,40±0,04	1,84±0,03	0,394±0,009	0,377±0,007	16,39±0,26	20,47±0,30
	20	92,40±1,04***	87,82	2,23±0,04**	1,78±0,02***	0,362±0,007	0,357±0,007***	16,28±0,23	20,06±0,25

Примечание. ** – P<0,01 (по критерию χ^2); * – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001 (по критерию Стьюдента).

Обработка грены породы Б-2_{ул} при экспозиции 20 минут привела к уменьшению массы кокона самок и самцов на 6,3 % (P<0,01) и 5,8 % (P<0,001) соответственно, массы шелковой оболочки кокона самцов на 7,7 % (P<0,001). В то же время выход гусениц из грены этой породы при экспозиции 10 и 20 минут увеличился на 7,9 и 10,4 % (P<0,01) соответственно.

Таким образом, после СВЧ-облучения грены тутового шелкопряда выявлено изменение ряда количественных признаков на дальнейших стадиях онтогенеза, при этом эффект облучения зависел от генотипа. Так, у клона Укр-27 и породы Б-1_{ул} облучение грены СВЧ-полем вызвало повышение исследуемых параметров, в то время как при тех же экспозициях облучения у породы Б-2_{ул} наблюдалось снижение показателей коконов.

Результаты термотестирования грены A₂ (весна 1999 г.) приведены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние облучения грены ЭМП СВЧ-диапазона на выход гусениц из грены и эмбриональную терморезистентность второго поколения (A₂) тутового шелкопряда (весна 1999 г.)

Генотип	Экспозиция, мин	Выход гусениц из грены, %	Эмбриональная терморезистентность, %
Укр-27	контроль	61,70±0,67	74,80±2,78
Укр-27 (A ₂)	10	70,60±1,86***	70,22±2,84
	20	59,40±1,74	69,09±3,56
Б-1 _{ул}	контроль	98,60±0,67	51,22±1,62
Б-1 _{ул} (A ₂)	10	99,00±0,54	74,03±3,25***
Б-2 _{ул}	контроль	93,60±0,88	55,11±5,35
Б-2 _{ул} (A ₂)	20	93,11±1,25	73,76±3,39*

Примечание. см. табл. 1.

Из табл. 2 следует, что во втором поколении, в варианте с облучением грены при экспозиции 10 минут, наблюдалось увеличение выхода гусениц по сравнению с контролем на 8,9 % (P<0,001). Значения эмбриональной терморезистентности во втором поколении находились на уровне контрольных вариантов.

У пород Б-1_{ул} и Б-2_{ул} наблюдалась иная картина. Выход гусениц из грены A₂ облученных и контрольных вариантов этих пород не различаются между собой. В то же время обработка грены ЭМП СВЧ-диапазона привела к увеличению эмбриональной терморезистентности A₂ на 22,9 % (P<0,001) и 18,6 % (P<0,01) у Б-1_{ул} и Б-2_{ул} соответственно.

Неодинаковая реакция A₂ на облучение у клона Укр-27 и породы Б-1_{ул} отмечалась и по хозяйственно важным показателям (табл. 3). Жизнеспособность второго поколения как у клона Укр-27, так и у породы Б-1_{ул} опытных и контрольных вариантов не различались между собой. Показатели коконов A₂ в опыте у клона Укр-27 достоверно выше, чем в контроле. Так, масса кокона выше на 12,7 % (P<0,001), масса оболочки – на 21,3 % (P<0,001), шелконосность – на 7,5 % (P<0,001). В отличие от клона Укр-27 обработка грены ЭМП не оказала достоверного влияния на параметры коконов породы Б-1_{ул} как самок, так и самцов.

Таким образом, облучение грены клона Укр-27 ЭМП СВЧ-диапазона при экспозиции 20 минут привело к увеличению массы кокона, оболочки и шелконосности как в первом, так и во втором поколениях. У породы Б-1_{ул} при экспозиции облучения 10 минут наблюдалось превышение массы

оболочки и шелконосности только в первом поколении. Во втором поколении опытные и контрольные варианты этой породы различались только по показателю эмбриональной терморезистентности, в то время как у клона Укр-27 различий по этому показателю, напротив, не наблюдалось.

Таблица 3. Влияние облучения гены ЭМП СВЧ-диапазона на некоторые биологические показатели второго поколения (A₂) тутового шелкопряда (весна 1999 г.)

Генотип	Экспозиция, мин	Жизнеспособность гусениц, %	Масса кокона, г		Масса оболочки, г		Шелконосность, %	
			♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂
Б-1 _{ул}	контроль	93,22	2,19±0,04	1,80±0,04	0,402±0,009	0,382±0,009	18,32±0,23	21,27±0,32
Б-1 _{ул} (A ₂)	10	95,28	2,15±0,03	1,80±0,03	0,383±0,008	0,390±0,005	17,78±0,29	21,81±0,27
Укр-27	контроль	84,1	1,66±0,03	—	0,328±0,008	—	19,77±0,26	—
Укр-27 (A ₂)	20	89,30	1,87±0,03***	—	0,398±0,009***	—	21,25±0,23***	—

Примечание. см. табл. 1.

В настоящее время установлен факт активации функций генома под действием физических факторов, в том числе и микроволн (Крылов, Соколов, Михалик, 1981; Крылов, 1982). Совершенно иначе стоит вопрос о способности микроволн изменять саму структуру наследственного кода. Данная гипотеза вызывает много сомнений, которые относят, прежде всего, к корректности полученных данных. Поэтому некоторые исследователи совершенно обоснованно утверждают, что сегодня нет твердых фактов, которые бы доказывали способность микроволн низкой и средней интенсивности вызывать генетические изменения (Крылов, 1983). Тем не менее, сведения о том, что микроволны даже низких интенсивностей изменяют структуру наследственного аппарата продолжают поступать. Так, А. М. Шеметун и Г. И. Леонская (1982) доказывают способность микроволн нетепловых интенсивностей повреждать генетический аппарат лимфоцитов крови человека в условиях культуры. Они отмечают, что при увеличении интенсивности облучения усиливаются цитогенетическое действие микроволн.

Недавно было показано, что облучение низкоинтенсивным СВЧ-полем клеток буккального эпителия вызывает уменьшение электрического заряда нативного ядра и увеличение хроматиновой конденсации в ядрах (Microwave ..., 1998).

Проведенные нами исследования показали влияние ЭМП СВЧ низкой интенсивности на некоторые количественные признаки двух поколений тутового шелкопряда. В данном случае неизвестны процессы, которые произошли в клетках зародыша тутового шелкопряда, находящегося в момент облучения на стадии «удлинения», и вследствие которых изменились изучаемые показатели двух поколений. Возможно, стимулирующий эффект электромагнитных волн, наблюдающийся и в следующем поколении по показателям массы кокона, массы шелковой оболочки, шелконосности и эмбриональной терморезистентности является примером интересного и малоизученного генетического явления – длительной модификации. Отличия в реакции на электромагнитное облучение второго поколения партеноклона и породы можно связать с различиями в способах их размножения.

Выводы.

1. Однократное облучение гены тутового шелкопряда ЭМП СВЧ-диапазона при экспозициях 10 и 20 минут приводит как к повышению, так и к снижению некоторых количественных признаков первого поколения партеноклона Укр-27 и пород Б-1_{ул} и Б-2_{ул}. Эффективность действия зависит от генотипа и экспозиции облучения.

2. Выявлены генетические различия в реакции второго поколения на СВЧ-облучение гены.

3. У клона Укр-27 повышение показателей коконов по сравнению с контролем, наблюдаемое после облучения гены ЭМП СВЧ-диапазона, сохранилось и во втором поколении.

4. Выявлено положительное влияние обработки гены ЭМП СВЧ-диапазона на эмбриональную терморезистентность второго поколения пород Б-1_{ул} и Б-2_{ул}.

5. Полученные результаты дают новый экспериментальный материал для анализа природы реакции биологических объектов на ЭМП и такого сложного явления, как длительная модификация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акоев И. Г.* Некоторые итоги и очередные задачи электромагнитобиологии // Проблемы экспериментальной и практической электромагнитобиологии. – Пушино, 1983. – С. 3–34.
- Керова Н. И.* Влияние СВЧ электромагнитного поля на активность полинуклеаз и содержание нуклеиновых кислот // Биологическое действие ультразвука и сверхвысокочастотных колебаний. – К.: Наукова думка, 1964. – С. 108–118.
- Крылов О. А.* Пути эволюции молекулярных механизмов функционирования нейронов // Вестн. АМН СССР. – 1982. – № 2. – С. 56–62.
- Крылов О. А.* Особенности соматических и вегетативных реакций на действие микроволн // Проблемы экспериментальной и практической электромагнитобиологии. – Пушино, 1983. – С. 57–71.
- Крылов О. А., Соколов З. А., Михайлик Л. В.* Особенности формирования следовых реакций в нервной системе на действие естественных и перформированных факторов // Биологическое действие и лечебное применение физических факторов / Тр. ЦНИИКиФ. – М., 1981. – С. 12–14.

- Материалы о биологическом действии микроволн различных диапазонов / З. В. Гордон, Е. А. Лобанова, И. А. Клицовская и др. // Биологическая и медицинская электроника. – 1963. – Вып. 6. – С. 72–76.
- Оцінка життєздатності та неспецифічної стійкості порід і гібридів шовковичного шовкопряда методом термотестування / В. Г. Шахбазов, В. А. Головки, О. О. Шаламова та ін. // Шовківництво. – 1996. – Вип. 21. – С. 3–6.
- Применение электромагнитных полей СВЧ и КВЧ-диапазонов для стимулирования продуктивности дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.) / В. Г. Шахбазов, В. М. Литвин, Ж. В. Смирнова и др. // Изв. Харьков. энтомол. о-ва. – 1998. – Т. VI, вып. 2. – С. 125–127.
- Шаламова О. О. 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.
- Шеметун А. М., Леонская Г. И. Влияние микроволн на проявление отдаленных последствий // Биологическое действие электромагнитных полей: Тез. докл. всесоюз. симп. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1982. – С. 114.
- ENF-radiation impact *Drosophila melanogaster* viability / V. G. Shachbasov, B. M. Bulgakov, S. P. Sirenko et al. // 3rd Int. Kharkov Symp. 'Physics and engineering of millimeter and submillimeter waves', Ukraine, Kharkov, 15–17 Sept. 1998. – Kharkov, 1998. – Vol. 2. – P. 766–767.
- Microwave irradiation influences on the state of human cell nuclei / Y. G. Shckorbatov, N. N. Grigoryeva, V. G. Shahbazov et al. // Bioelectromagnetics. – 1998. – Vol. 19. – P. 414–419.

Институт шелководства УААН

Поступила 23.02.2000

UDC 575.167:638.22

YE. A. BOYKO, V. M. LITVIN, O. A. SHALAMOVA, S. V. SUKHANOV

THE INFLUENCE OF UHF IRRADIATION OF EGGS ON SOME
BIOLOGICAL PROPERTIES IN TWO GENERATIONS OF CHINESE
SILKWORM, *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA: LYMANTRIIDAE)

Institute for Sericulture of Ukrainian Academy of Agrarian Sciences

SUMMARY

The effect of UHF impulse irradiation on eggs of Chinese silkworm has been shown to depend both on the genotype of the object and on the exposition time. Also, expression of various characters was either inhibited or enhanced depending on the exposition time. In the second generation, no adverse effect of UHF irradiation have been detected, while, in line Ukr-27, post-exposure improvement of cocoon properties subsisted in the second generation. The experimental data obtained provide a new evidence on the complex effect of electromagnetic waves on biological objects and, in particular, on the phenomenon of prolonged modification.

3 tabs, 13 refs.