

ГОРЕНСКАЯ О.В., ¹ПОВАР М.В., ²ГАВРИЛОВ А.Б.

¹Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,
Украина, 61077, Харьков, пл. Свободы, 4, e-mail: olgavg@bk.ru

²Метрологический центр военных эталонов ВС Украины, Харьков

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРЕДИМАГИНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ У ДРОЗОФИЛЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МАЛЫХ ДОЗ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В то время как живые организмы были окружены электромагнитными полями (ЭМ) естественных источников миллионы лет и в процессе эволюции успели к ним адаптироваться, искусственно созданные электромагнитные поля антропогенного происхождения являются новым фактором окружающей среды и множество различных аспектов действия их на биологические объекты остается не изученными [3, 8]. Дрозофила, как классический генетический объект, является наиболее удобной моделью для изучения многих аспектов действия данного физического фактора. В частности, в опытах на дрозофиле, показано изменение характера проявлений адаптивно важных признаков после воздействия электромагнитных полей, но полученные разными авторами результаты значительно различаются [9, 10]. Более того, не изученными остаются механизмы действия малых доз сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения на клетку и геном, и зависимость полученных эффектов от генотипа особей. Одной из компонент адаптивной ценности у дрозофилы является скорость предимагинального онтогенеза. Этот признак непосредственно связан с активностью генов, что подтверждается показанной ранее тесной отрицательной корреляцией с показателем степени политемии гигантских хромосом [7]. Кроме того, длительность личиночного развития насекомых зависит от баланса в гемолимфе основных гормонов онтогенеза, которые являются и важнейшими звеньями эволюционно консервативной стресс-реакции [5]. Целью данной работы было изучение влияния малых доз СВЧ облучения на динамику предимагинального онтогенеза и зависимость эффекта от стадии развития зародыша и генотипа. Исследование этих вопросов является актуальным и в свете современных проблем экологической генетики.

Материалы и методы

В работе использовалась неселектированная линия дикого типа *Canton-S* (*C-S*) и линии с замещенным генотипом *white_{C-S}*, *white^{apricot}_{C-S}*, *white^{satsuma}_{C-S}* (мутации *white*, *white^{apricot}*, *white^{satsuma}* соответственно перенесены на генетический фон линии дикого типа *Canton-S* путем возвратных насыщающих скрещиваний [1]) *Drosophila melanogaster*. Данные плейотропные мутации фенотипически проявляются в изменении цвета глаз у имаго. Мух выращивали на стандартной сахарно-дрожжевой среде при температуре 24±0,5 °С. В качестве объекта воздействия использовали 2-х часовые синхронизиро-

ванные кладки яиц от четырехдневных имаго. Для получения синхронизированных кладок виргинных самок содержали в течение трех дней на стандартной среде, а затем скрещивали в течение суток с трехдневными самцами и помещали в пробирки на два часа. Воздействию подвергались кладки на разных стадиях морфогенеза, через 120, 240, 360 и 480 минут после начала откладки яиц (различные варианты опытов — 1, 2, 3 и 4 соответственно) [11].

Длительность предимагинального развития (в часах) учитывали от момента начала яйцекладки до выхода имаго. В качестве контроля использовали синхронизированные кладки, полученные от мух линий $C-S$, $white_{C-S}$, $white^{apricot}_{C-S}$, $white^{satsuma}_{C-S}$, которые развивались на стандартной среде, без внешнего воздействия.

Для получения электромагнитного излучения (ЭМИ) с заданными характеристиками (частота — 37,7 ГГц, плотность потока энергии в точке размещения объекта — 10 мкВт/см²) использовали генератор высокочастотных сигналов Г4-56 и измерительные антенны типа П6-10А и П6-11А. Плотность потока энергии в точке размещения объекта контролировалась ваттметром МЗ-22А [2, 6]. Время воздействия ЭМИ на объект в экспериментах составляло 60 секунд.

Статистическая обработка результатов. Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента [4]. Статистическая обработка данных и математический анализ осуществлен с использованием программ Excel 2003, Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Изменения в длительности предимагинального развития у дрозофилы, вызванные действием малых доз СВЧ излучения, показаны в таблице.

Известно, что насекомые имеют поверхностный тип дробления яйца. При этом деление ядра зиготы происходит автономно, т.е. не сопровождается делением цитоплазмы. В результате синхронных кариокинетических явлений возникают многочисленные ядра, которые согласованно перемещаются из глубоких слоев яйца на его периферию. В наших экспериментах в опыте 1 (120 минут от момента откладывания яиц) воздействию подвергается как раз сформировавшаяся на тот момент синцитиальная бластодерма. При этом наблюдается снижение длительности предимагинального развития у самок ($p < 0,001$) всех изученных в работе линий дрозофилы и у самцов линий $white^{apricot}_{C-S}$, $white^{satsuma}_{C-S}$ ($p < 0,001$). Через 240 минут от момента откладывания яиц (опыт 2) появляются первичные половые или полярные клетки. В этом случае, как и в опыте 3 (360 минут от момента откладывания яиц; на этом этапе прошла целлюляризация бластодермы и происходит формирование половых зачатков) полученные результаты неоднозначны: отмечена зависимость эффекта от генотипа. Так, для линий $C-S$ и $white_{C-S}$ показано увеличение длительности предимагинального развития ($p < 0,05-0,001$) (для ♂ в опыте 2 для линии $C-S$; ♀ и ♂ в опыте 3 для линии $white_{C-S}$). Однако продолжительность предимагинального развития особей линий $white^{apricot}_{C-S}$,

Изменения в длительности предимагинального развития у дрозофилы, вызванные действием малых доз СВЧ излучения

Варианты опыта	Пол	Генотип			
		<i>Canton-S</i>	<i>white_{C-S}</i>	<i>white^{apricot}_{C-S}</i>	<i>white^{satsuma}_{C-S}</i>
Контроль	♀	217,52±0,8	216,04±0,7	235,55±2,9	216,61±0,4
	♂	217,3±2,1	217,44±0,8	262,4±3,9	225,97±1,4
Опыт 1	♀	213,28±0,7***	210,17±0,7***	213,38±1,4***	211,32±0,3***
	♂	214,9±0,6	214,88±3,3	216,68±1,4***	213,1±1,1***
Опыт 2	♀	219,05±1,1	214,64±1,1	233,11±1,5	212,8±0,4***
	♂	223,04±1,5*	216,32±1,1	234,4±1,7***	214,94±0,6***
Опыт 3	♀	218,23±1	222,81±1,3***	224,15±2,3**	216,89±0,4
	♂	220,39±1,5	221,95±1,5**	224,14±2,8***	221,26±1**
Опыт 4	♀	217,4±0,8	225,46±1,9***	259±2,7***	244,76±2,2***
	♂	223±1,3*	226,92±2,1***	270,35±3,1*	245,56±1,8***

Примечание: *Достоверность отличий от контроля $p < 0,05$; **Достоверность отличий от контроля $p < 0,01$; ***Достоверность отличий от контроля $p < 0,001$.

white^{satsuma}_{C-S} снизилась ($p < 0,01 - 0,001$), за исключением самок линии *white^{apricot}_{C-S}* (в опыте 2) и *white^{satsuma}_{C-S}* (в опыте 3). Что касается опыта 4 (480 минут от момента откладки яиц; на этом этапе идут процессы гастрюляции и формирование зародышевой полоски), то в данном случае во всех вариантах эксперимента отмечено увеличение длительности предимагинального развития ($p < 0,05 - 0,001$), за исключением самок дикого типа, где различия между опытом и контролем не достоверны.

Влияния электромагнитных полей на проявление различных адаптивно важных признаков у дрозофилы изучалось и ранее, однако данные, полученные разными авторами, значительно различаются. Очевидно, это связано с методическими особенностями постановки экспериментов, поскольку в большинстве случаев не указана стадия развития особи, на которой прошло воздействие. Кроме того, не менее важно и использование высокоточных приборов для достоверного формирования и контроля ЭМИ с заявленными параметрами [6]. Так, в экспериментах на дрозофиле отмечено увеличение продолжительности развития особей на стадии куколки после облучения личинок дикого типа *Dr. melanogaster* электромагнитным полем частотой 10 ГГц на протяжении 3, 4 и 5 часов с полчасовыми интервалами [10], негативный эффект на плодovitость и жизнеспособность имаго дрозофилы показан и в обзоре [9].

Известно, что длительность личиночного развития зависит от концентрации экдизона в гемолимфе насекомых. Полученные в работе изменения

продолжительности предимагинального онтогенеза можно объяснить изменениями гормонального баланса в гемолимфе насекомых, вызванного внешним стрессовым воздействием на ранних этапах развития. Известно, что важнейшими звеньями стресс-реакции насекомых являются биогенные амины (дофамин, октопамин), ювенильный гормон и экдистероиды; был выявлен механизм функционирования генной системы, контролирующей центральное звено неспецифической адаптивной гормональной реакции, аналогичной стрессу у млекопитающих [5]. Можно предположить, что воздействие малыми дозами СВЧ излучения неспецифически регулирует генетическую активность, вызывая изменение баланса основных гормонов развития в гемолимфе насекомых, а именно экдистерона и ювенильного гормона.

При анализе эффектов от действия СВЧ ЭМИ, показанных в данной работе, необходимо учитывать генотип объекта воздействия. Двухфакторный дисперсионный анализ показал зависимость длительности предимагинального развития как от генотипа $F_{\zeta}=138,9$, $F_{\xi}=167,1$ и от стадии, на которой прошло воздействие изучаемого физического фактора $F_{\zeta}=97,6$, $F_{\xi}=83,9$, так и от сочетанного действия обоих факторов $F_{\zeta}=14,3$, $F_{\xi}=10,9$ (для самок и самцов соответственно). При этом сила влияния на изучаемый показатель генотипа составила 20,42% и 24,8%, стадии морфогенеза насекомых — 17,9% и 15,5%, сочетанного действия обоих изучаемых факторов — 9,82% и 7,4% (для самок и самцов соответственно).

Выводы

Показаны изменения в длительности предимагинального развития у дрозофилы при воздействии малых доз сверхвысокочастотного электромагнитного излучения на разных этапах морфогенеза дрозофилы. Выявлена зависимость эффекта от генотипа и стадии развития особи. Впервые установлен стимулирующий эффект СВЧ излучения на показатель длительности предимагинального развития дрозофилы.

Литература

1. *Зимина Л.Н.* Межлинейный гетерозис у дрозофилы // Журнал общей биологии. — 1977. — Т.38. — №4. — С. 595–602.
2. *Коршунов В.А., Воронов В.Л., Голуб Д.Н.* Метод уменьшения погрешности измерений мощности СВЧ путем электрической подстройки КСВН измерительного преобразователя с помощью изменения сопротивления рабочего термистора // Информационно-измерительные и управляющие системы. — 2004. — №4. — С. 30–32.
3. *Кучин Л.Ф.* Биологические объекты во внешних и внутренних магнитных полях // Харьков: Уч-метод. центр в уч. завед. 3–4 укр. аккредит., 2004. — Т.1. — 242 с.
4. *Лакин Г.Ф.* Биометрия // М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.
5. *Раушенбах И.Ю.* Нейроэндокринная регуляция развития насекомых в условиях стресса // Новосибирск: Наука, 1990. — 160 с.
6. *Середній В.П., Огар В.І., Голякова Т.М.* и др. Результати державних приймальних випробувань військового вторинного еталона одиниці потужності електромагнітних коливань у хвилеводних трактах у діапазоні частот від 37,5 ГГц до 78,33 ГГц // Український метрологічний журнал. — 2009. — №4. — С. 50–55.

7. Шаламов Ю.А. Температурные условия проявления эффекта гетерозиса у *Drosophila melanogaster* Meig.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Харьков, 1996.— 17 с.

8. Шеин А.Г., Никулин Р.Н. Электромагнитные поля СВЧ низкой интенсивности антропогенного происхождения как один из важнейших экологических факторов современного мира // Процессы и оборудование экологических производств: VI Традиционная науч.-техн. конф. стран СНГ, 2002: Тезисы докл.— Волгоград, 2002.— С. 145–149.

9. Шкорбатов Ю.Г., Шахбазов В.Г. Влияние микроволнового облучения на биологические объекты // Радиофизика и электроника.— 2000.— Т.5, №1.— С. 179–185.

10. Ati E., Unlu H. The effects of microwave frequency electromagnetic fields on the development of *Drosophila melanogaster* // Int. J. Radiat. Biol.— 2006.— V.82.— №6.— P. 435–441.

11. Foe V.E., Odell G.M., Edgar B.A. Mitosis and morphogenesis in the *Drosophila* embryo: Point and counterpoint // Bate, Martinez Arias, 1993.— P. 149–300.

Резюме

Изучено влияние малых доз сверхвысокочастотного электромагнитного излучения на показатель длительности предимагинального развития дрозофилы. Впервые установлен стимулирующий эффект при действии СВЧ излучения на стадии зиготы у дрозофилы. Выявлена зависимость эффекта от генотипа и стадии развития особи.

Вивчений вплив малих доз надвисокочастотного електромагнітного випромінювання на показник тривалості предімагінального розвитку дрозофіли. Вперше встановлений стимулюючий ефект при дії НВЧ випромінювання на стадії зиготи у дрозофіли. Виявлена залежність ефекту від генотипу й стадії розвитку особин.

It was learned that the duration parametr of predimaginal *Drosophila*'s development is influenced by small dozes of microwave electromagnetic radiation. It was revealed that effect is influenced by genotype and a stage of individual development. The stimulating effect was established for the first time with microwave action on *Drosophila*'s zygotes.

ГУДЗЕНКО В.М.

*Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААНУ,
Україна, 08853, Київська область, Миронівський район, с. Центральне,
e-mail: mwheats@ukr.net; mironovka@mail.ru; barleys@mail.ru*

ДЖЕРЕЛА СТІЙКОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ДО ЛИСТОВИХ ХВОРОБ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Загальні втрати зерна ячменю від хвороб в світовому масштабі становлять 7,8% [1], а в роки епіфітотії можуть сягати 50% [2]. В умовах потепління клімату частота останніх збільшилась, внаслідок чого значно зросло значення стійких сортів в інтегрованому захисті ячменю від хвороб [3]. Тому створення сортів з комплексною стійкістю проти найбільш поширених хвороб у поєднанні з іншими адаптивними ознаками і властивостями є одним з основ-