

ДІЯ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

УДК 577.3

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ НАДВИСОКОЇ ЧАСТОТИ НА ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ ІМАГО ШОВКОВИЧНОГО ШОВКОПРЯДА

В.М. Литвин, С.В. Суханов, О.А. Бойко, М.М. Горобець*, В.І. Кийко*

Інститут шовківництва Української академії аграрних наук

м. Мерефа, Харківська обл 62472

e-mail:litvm@ua.fm.

*Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

м. Харків, пл. Свободи, 4

e-mail:nikolay.n.gorobets@univer.kharkov.ua

Надійшла до редакції 18 квітня 2006 року.

Проведено дослідження впливу низькоінтенсивних електромагнітних полів надвисокої частоти з довжиною хвилі 2,29 см і щільністю потужності 700 мкВт/см² на яйця різних генотипів шовковичного шовкопряда. Виявлено вплив післядії опромінювання цих полів на середню тривалість життя його імаго. Опромінювання при експозиції 10 хв. збільшило середню тривалість життя імаго високогетерозиготного клону Р 29 на 1,7 діб, зменшило на 2,8 доби цей показник у імаго-самців гібрида Б-1пол.×Б-2пол., на 2,3 доби у самок гібрида Б-2пол.×Б-1пол. та на 4,1 доби у самців порівняно з контролем. Із досліджених факторів найбільшу силу впливу (7,1 %) на тривалість життя справляє стать імаго, найменшу (2,1 %) – експозиція опромінювання яєць.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: електромагнітні поля, надвисока частота, тривалість життя, імаго, шовковичний шовкопряд

Вивчення біології тривалості життя є актуальною проблемою сучасної науки [5, 6, 10, 13], розв'язання якої дасть змогу прогнозувати та управляти тривалістю життя організмів і, що особливо важливо, подовжити життя людини. Крім того, дослідження за цим напрямом дають змогу вивчати фундаментальну проблему біології – часову організацію живого.

Тривалість життя – один із важливих показників пристосовуваності, який визначається як внутрішніми, так і зовнішніми чинниками. Серед внутрішніх чинників, які в першу чергу визначають тривалість життя, є генотип [5, 10] та стать [1, 5]. Крім того, зовнішні чинники середовища біотичної та абіотичної природи можуть призводити, як до збільшення, так і до зменшення тривалості життя [6].

Імаго шовковичного шовкопряда є зручним модельним об'єктом для дослідження механізмів старіння й тривалості життя [11]. Це пояснюється тим, що екологія та біологія цього виду в нормі вивчена і він, як експериментальний об'єкт, має кілька переваг. Імаго шовкопряда не харчуються і тому, на тривалість життя не впливає харчовий фактор. Крім того, шовковичний шовкопряд відноситься до пойкилотермних видів і тривалість життя імаго в значній мірі залежить від температури, легко контролюваного в лабораторних умовах фактора навколишнього середовища [16].

Серед абіогічних факторів слід виділити електромагнітні поля (ЕМП). З кожним роком рівень антропогенних ЕМП, особливо надвисокої частоти (НВЧ), внаслідок застосування їх у різних галузях діяльності людини, підвищується [2]. У зв'язку з цим, зважаючи на перспективи розвитку людства, дослідження впливу слабких ЕМП НВЧ діапазону є особливо актуальним [15]. Це стосується і впливу ЕМП малої потужності на тривалість життя біологічних об'єктів.

Метою даної роботи було вивчення тривалості життя імаго шовковичного шовкопряда в залежності від експозиції опромінення яєць слабким ЕМП НВЧ частоти.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Об'єктом досліджень був клон Р 29; породи Б-1_{пол.}, Б-2_{пол.} та реципрочні гібриди (Б-1_{пол.}×Б-2_{пол.}, Б-2_{пол.}×Б-1_{пол.}) шовковичного шовкопряда (*Bombyx mori* L.).

Опромінення яєць шовкопряда проводили на кафедрі генетики ХНУ ім. В.Н. Каразіна. В якості джерела ЕМП НВЧ використовували генератор поля сантиметрового діапазону з довжиною хвилі 2,29 см. Генератор реалізовано на серійному діоді Ганна типу АА 716А на хвилеводному резонаторі з поперечним перетином 19х7 мм² з потужністю випромінювання 15,5 мВт. Яйця розміщували у зоні безпосередньої дії безперервного немодульованого випромінювання лінійної поляризації. Під час опромінювання, вони торкаючись одне одного, розташовувалися одним шаром на дні горизонтальної скляної чашки Петрі діаметром 30 мм. Опромінювач у вигляді пірамідального рупору з розмірами сторін 47×47 мм разом з генератором розташовувався вертикально. Відстань між яйцями та розкритом рупору складала 10 мм. При цьому площа поверхні з яйцями, що опромінювалася, складала 1,77 см². Середній

діаметр яєць становив $1,2 \pm 0,1$ мм. У кожному варіанті досліді одночасно опромінювалося по 100 яєць. Слід зазначити, що у дослідних варіантах чашка істри знаходилася в області прожекторного променя в ближній зоні рупорного опромінювача. Дійсно, розміря випромінюючого розкриття рупора вибрані 47×47 мм, що відповідає відношенню ширини стінки рупора до довжини хвилі $L/\lambda = 2,05$. За таких умов, як показано в [7], в ближній зоні рупора формується прожекторний промінь з дуже малою зміною щільності потоку потужності НВЧ поля вздовж променя. Тому в області розташування яєць щільність потоку потужності НВЧ поля практично така ж, як і на виході рупора, яка дорівнює 700 мкВт/см^2 . Таким чином, в зоні знаходження яєць градієнти полів як у поперечних, так і в повздовжніх площинах були мінімальні.

Опромінення здійснювали при експозиції 10 та 20 хв. в неперервному режимі, при кімнатній температурі $+24,0 \pm 0,5$ °C на третій день інкубації яєць шовкопряда. Під час опромінення температура яєць та прилеглого повітря не контролювалася, тому що теплова дія ЕМП використаної потужності та експозиції опромінення, як добре відомо, нехтовно мала.

Контроль інтенсивності випромінювання генератора в місці локалізації яєць здійснювали до та після опромінювання за допомогою датчика поля у вигляді несиметричного вібратора, який з'єднується коаксіальним кабелем із детектором та стрілочним індикатором. Згідно попередніх досліджень, нестабільність інтенсивності випромінювання генератора на протязі експозиції опромінювання не перевищувала одиниць відсотків.

Контрольні варіанти не опромінювалися і під час досліджень знаходилися на відстані 5 м від генератора випромінювання.

Інкубацію яєць шовкопряда проводили в добре провітрюваному приміщенні при температурі $+24,0 \pm 0,5$ °C та високій вологості повітря (80 %), яка запобігає їх висиханню. Вигодівлю шовкопряда за всіма варіантами досліді проводили за загальноприйнятою методикою [14].

Оцінку тривалості життя імаго здійснювали для одновікових неспарених імаго У всіх варіантах досліді та контролю тривалість життя імаго визначали окремо самок і самців. Для цього їх по 10 штук розміщували в ізолюючі паперові пакети з об'ємом повітря $1,5 \text{ дм}^3$. Розміщення в одному пакеті такої кількості імаго забезпечувало їм нормальну життєздатність і надійно ізолювало імаго різної статі один від одного. Кожний варіант досліді складався з 3 штук пакетів. Щодня о дев'ятій годині ранку, за відсутності реакції на механічне подразнення, визначали загиблих імаго і фіксували тривалість їх життя. Дослідження проводили до часу загибелі останнього метелика. За отриманими даними визначали середню тривалість життя імаго (в добах) для кожного варіанта досліді.

Обробку бази даних проведено методом чотирьохфакторного дисперсійного аналізу на ПК з використанням програмних продуктів Windows XP та Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз результатів досліджень засвідчив, що опромінення яєць шовковичного шовкопряда ЕМП НВЧ призводить до змін середньої тривалості життя імаго. У той же час, виявляються відмінності за силою впливу опромінювання на показники, які залежать від генотипу об'єкта.

Опромінювання яєць клону Р29 при експозиції 10 хв. суттєво підвищує середню тривалість життя імаго-самок на 1,7 діб порівняно з контролем ($F(1, 102)=6,3$; $p=0,01$) (рис. 1). Подальше ж підвищення експозиції опромінювання яєць шовкопряда до 20 хв. не призводить до збільшення середньої тривалості життя відносно рівня показника при 10 хв. експозиції. Навпаки виявлена тенденція до зниження тривалості життя імаго.

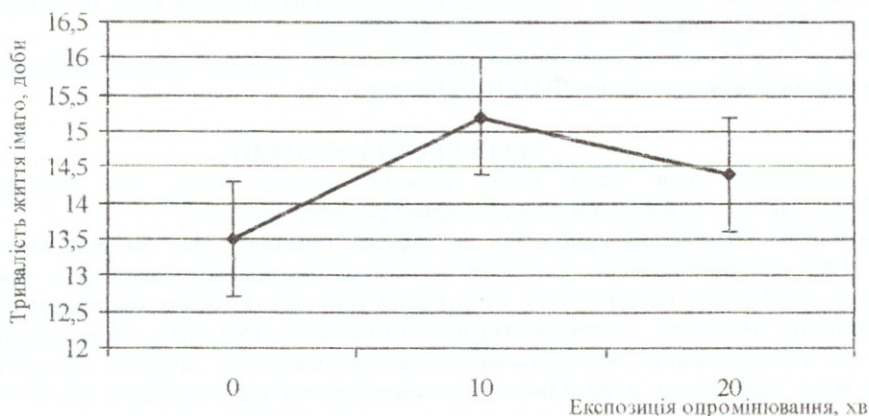


Рис. 1. Вплив експозиції опромінювання яєць шовковичного шовкопряда клону Р29 ЕМП НВЧ на тривалість життя імаго

Вплив електромагнітних полів надвисокої частоти...

Опромінювання яєць шовкопряда породи Б-1_{пол.} при експозиції 10 хв. призводить, порівняно з контрольним показником, лише до тенденції зменшення середньої тривалості життя імаго як у самок, так і самців ($p > 0,05$) (рис. 2). При цьому зниження тривалості життя у самок більш виражене, ніж у самців. Підвищення експозиції опромінювання до 20 хв. не змінює середню тривалість життя імаго обох статей (рис. 2).

У контрольному варіанті для цього генотипу не виявилась різниця між тривалістю життя самок та самців ($p > 0,05$). Однак при експозиції опромінювання 10 хв. ця різниця досягає суттєвої величини 2,4 доби ($F(1, 87) = 6,40$; $p = 0,013$). При експозиції опромінювання 20 хв. різниця між середньою тривалістю життя самки та самця залишається суттєвою ($F(1, 50) = 4,85$; $p = 0,032$).

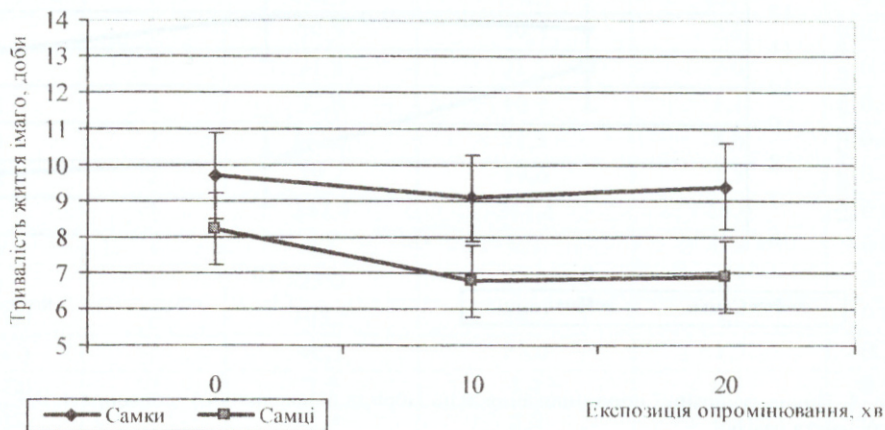


Рис. 2. Вплив експозиції опромінювання яєць шовковичного шовкопряда породи Б-1_{пол.} ЕМП НВЧ на тривалість життя імаго

Дисперсійний аналіз показав, що, в цілому, експозиція опромінення яєць шовкопряда ЕМП НВЧ породи Б-2_{пол.} суттєво впливає на тривалість життя імаго ($F(2, 158) = 3,97$; $p = 0,02$). Для Б-2_{пол.}, як і для породи Б-1_{пол.}, при 10 хв. експозиції опромінювання яєць спостерігається тенденція до зменшення тривалості життя імаго як самок, так і самців (рис. 3). Однак підвищення експозиції до 20 хв. змінює тенденцію зміни показника в протилежному напрямку в самок, а в самців показник, порівняно з 10 хв. експозицією, достовірно підвищується на 2,3 доби ($F(1, 68) = 7,1$; $p = 0,01$). У контролі різниця між середньою тривалістю життя самки та самця складає 3,6 доби ($F(1, 40) = 10,83$; $p = 0,002$), при експозиції 10 хв. - 3,0 доби ($F(1, 55) = 7,47$; $p = 0,008$), при експозиції 20 хв. - 2,5 доби ($F(1, 63) = 5,79$; $p = 0,019$).

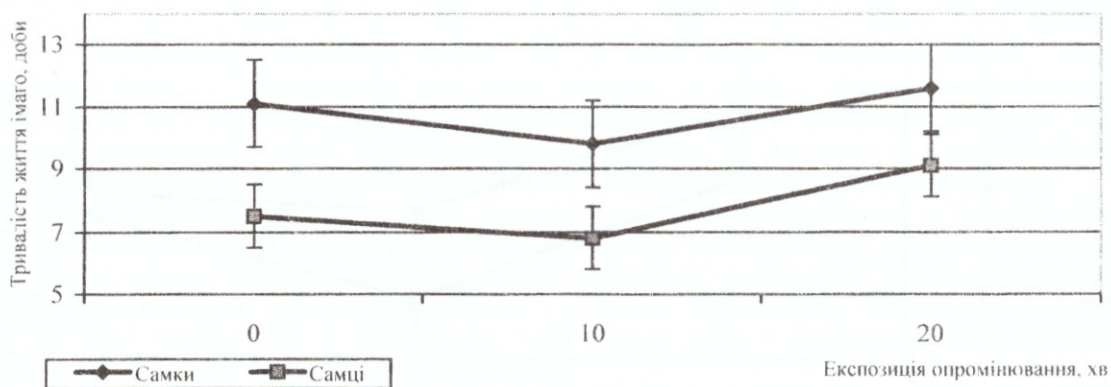


Рис. 3. Вплив експозиції опромінювання яєць шовковичного шовкопряда породи Б-2_{пол.} ЕМП НВЧ на тривалість життя імаго

Опромінювання ЕМП НВЧ яєць гібридів шовковичного шовкопряда також змінює тривалість життя імаго.

Взагалі опромінювання яєць гібрида Б-1_{пол.} × Б-2_{пол.} достовірно знижує тривалість життя імаго на 1,4 доби ($F(1, 228) = 4,31$; $p = 0,039$). Проте в самок виявляється лише тенденція до зниження цього показника при експозиції 20 хв. ($p > 0,05$) (рис. 4). У той же час спостерігається суттєве зниження середньої

тривалості життя самців на 2,8 доби при експозиції опромінювання яєць 10 хв. ($F(1, 72)=10,62$ $p=0,0017$) та на 3,0 доби при експозиції 20 хв. порівняно з контролем ($F(1, 63)=9,64$ $p=0,0029$).

У контрольному варіанті для гібрида $B-1_{\text{пол.}} \times B-2_{\text{пол.}}$ різниця між середньою тривалістю життя самки та самця несуттєва ($p>0,05$), при експозиції 10 хв. – 3,9 доби ($F(1, 92)=21,7$ $p=0,00001$), при експозиції 20 хв. – 3,1 доби ($F(1, 79)=9,03$; $p=0,0036$) (рис. 4).

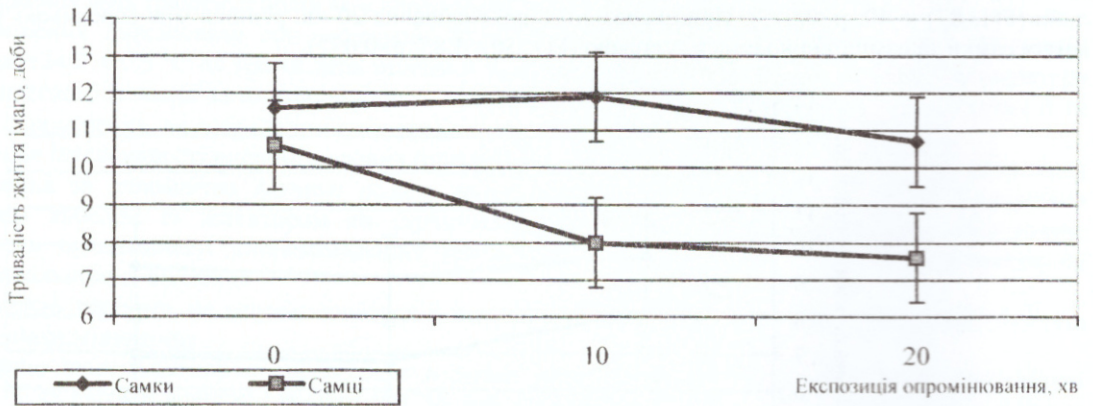


Рис. 4. Вплив експозиції опромінювання яєць гібрида шовковичного шовкопряда $B-1_{\text{пол.}} \times B-2_{\text{пол.}}$ ЕМП НВЧ на тривалість життя імаго

У контрольного варіанта гібрида $B-2_{\text{пол.}} \times B-1_{\text{пол.}}$ різниця між середньою тривалістю життя самки та самця становить 2,2 доби ($F(1, 43)=7,27$; $p=0,01$), при експозиції 10 хв. – 2,9 доби ($F(1, 79)=9,13$; $p=0,0035$), при експозиції 20 хв. – 0,8 доби ($p>0,05$) (рис. 5). Таким чином, опромінення яєць шовкопряда цього гібрида ЕМП НВЧ майже нівелює різницю між тривалістю життя імаго самки та самця.

При узагальненому розгляді результатів досліджень впливу ЕМП НВЧ на тривалість життя імаго порід та їх реципрокних гібридів (див. рис. 2 – 5) виявлено, що реакція показника на дію опромінювання в гібридів визначається реакцією самки відповідної породи. Особливо наочно це видно при порівнянні реакції породи $B-2_{\text{пол.}}$ (див. рис. 3) та гібрида $B-2_{\text{пол.}} \times B-1_{\text{пол.}}$ (див. рис. 5). Так, у імаго обох генотипів 10 хв. експозиція опромінювання зменшує середню тривалість життя імаго, а 20 хв. експозиція – призводить до зменшення реакції показника.

Результати чотирьохфакторного дисперсійного аналізу підтверджують роль материнського організму у визначенні реакції показника тривалості життя імаго гібридів на ЕМП НВЧ. Табличні дані (табл. 1) наочно свідчать про достовірний вплив взаємодії експозиція-мати ($p<0,01$).

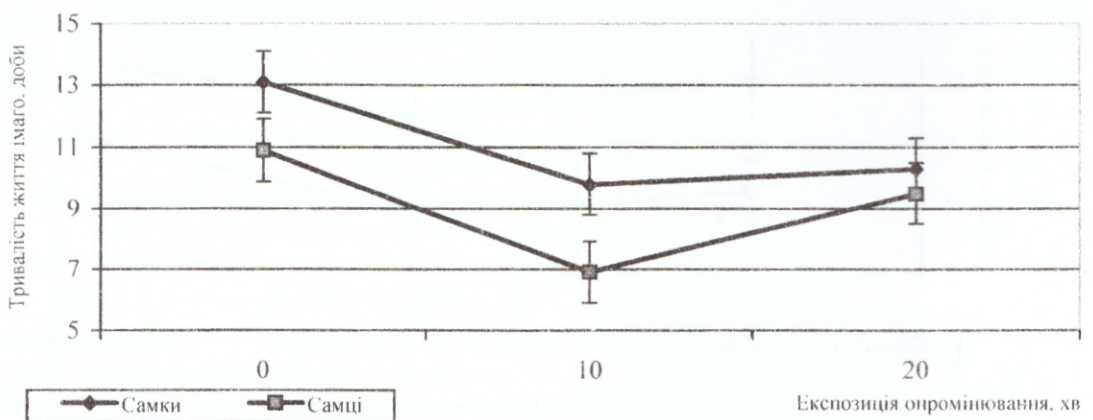


Рис. 5. Вплив експозиції опромінювання яєць гібрида шовковичного шовкопряда $B-2_{\text{пол.}} \times B-1_{\text{пол.}}$ ЕМП НВЧ на тривалість життя імаго

Крім того, в цілому (див. табл. 1) виявлено достовірний вплив експозиції опромінювання яєць шовковичного шовкопряда ЕМП НВЧ на тривалість життя імаго.

Слід зазначити, що середня тривалість життя імаго самок достовірно перевищувала тривалість життя самців на 2,6 діб ($F(1, 761)=75,3$; $p<0,0001$).

Вплив електромагнітних полів надвисокої частоти...

Таблиця 1.

Результати чотирьохфакторного дисперсійного аналізу впливу експозиції опромінювання яєць шовкопряда ЕМП НВЧ, статі імаго, матері та батька гібрида на тривалість життя імаго шовковичного шовкопряда

Джерело варіації	Число ступенів свободи, f	Сума квадратів, SS	Середній квадрат, MS	Критерій Фішера, F	Рівень значимості, p
Експозиція (А)	2	286,7	143,4	9,3	0,0001
Стать (В)	1	954,1	954,1	61,7	0,0000
Мати (С)	1	39,5	39,5	2,6	0,1101
Батько (D)	1	31,3	31,3	2,0	0,1552
Взаємодія (А-В)	2	33,8	16,9	1,1	0,3350
Взаємодія (А-С)	2	142,5	71,3	4,6	0,0102
Взаємодія (А-D)	2	39,2	19,6	1,3	0,2823
Взаємодія (С-D)	1	247,4	247,4	16,0	0,0001
Взаємодія (В-С)	1	0,7	0,7	0,0	0,8369
Взаємодія (В-D)	1	23,0	23,0	1,5	0,2231
Взаємодія (А-С-D)	2	108,5	54,2	3,5	0,0304
Взаємодія (А-В-С)	2	46,1	23,0	1,5	0,2257
Взаємодія (А-В-D)	2	2,7	1,4	0,1	0,9163
Взаємодія (В-С-D)	1	2,0	2,0	0,1	0,7218
Взаємодія (А-В-С-D)	2	25,1	12,5	0,8	0,4450
Залишкове	739	11419,9	15,5	-	-
Загалом	762	13402,4	-	-	-

Примітка: Значення достовірного рівня значимості виділено жирним шрифтом

При визначенні сили впливу факторів на показник тривалості життя (табл. 2) було виявлено, що загальна сила впливу врахованих факторів, які визначають варіацію тривалості життя імаго, становить 11,1 %. Найбільшим джерелом варіації показника є стать, а послідовність за силою впливу в напрямку зменшення величини – стать, експозиція, взаємодії експозиція-мати та експозиція-мати-батько.

Таблиця 2

Сила впливу факторів на тривалість життя імаго шовковичного шовкопряда

Сила впливу фактору, %					Усього, %
експозиція (А)	стать (В)	взаємодія (А – В)	взаємодія (А-С-D)	залишок	
2,1	7,1	1,1	0,8	88,9	100,0

Неабиякий інтерес для виявлення механізмів старіння, становлять впливи, які підвищують тривалість життя [6, 12]. Тому при дослідженні фундаментальних механізмів старіння імаго шовковичного шовкопряда є одним з найбільш зручним об'єктом, що пов'язано як з високим рівнем вивченості та можливістю контролю умов розведення, так і відсутністю впливу харчового фактора.

У науковій літературі існує багато гіпотез щодо біофізичних механізмів впливу на організм ЕМП НВЧ [9]. Проте досі жодна не знайшла загальної підтримки [3]. На нашу думку, дані, що отримані в роботі внаслідок короткочасного опромінювання яєць шовкопряда, можуть бути пояснені на підставі резонансної взаємодії цього виду випромінювання з власними когерентними коливаннями в живих системах на рівні мембран [8]. У подальшому відбуваються зміни в розгортанні онтогенетичної програми організму та його гомеостатичних реакціях [4].

У наш час, коли стрімко підвищується рівень ЕМП, зокрема, НВЧ [2] у просторі, постійно з'являються місця з високим градієнтом полів. Завдяки своїй мобільності організми можуть потрапляти в такі місця, де навіть короткочасне перебування в них, як видно з отриманих результатів, може в подальшому змінити тривалість життя.

ВИСНОВКИ

Імаго шовковичного шовкопряда є зручним модельним об'єктом для дослідження тривалості життя та впливу на цей показник електромагнітних полів надвисоких частот.

Опромінювання яєць шовковичного шовкопряда низькоінтенсивним ЕМП НВЧ впливає на середню тривалість життя імаго, а ефективність впливу залежить від генотипу шовкопряда та експозиції опромінення.

Середня тривалість життя імаго високогетерозиготного клону Р 29 під дією досліджених режимів опромінювання суттєво підвищується, а в порід Б-1_{пол.} і Б-2_{пол.} та їх реципрокних гібридів, у більшості випадків, – зменшується. Рівень показника залежить і від експозиції опромінювання.

Середня тривалість життя імаго-самок у всіх варіантах досліду вище ніж імаго-самців. При цьому, в залежності від генотипу та експозиції випромінювання, рівень відмін між показником самок і самців може як збільшуватися, так і зменшуватися.

Автори широ вдячні В. Г. Шахбазову за підтримку цієї роботи, О. О. Шаламовій за допомогу при проведенні досліджень, В. С. Лютенку за корисні поради, надані під час обробки статистичних даних.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алпатов В.В., Гордиенко Н.А. // Зоол. журн. – 1932. – Т. 2. – С. 60–65.
2. Баран Б.А., Березок О.Я., Покришко Г.А. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2005. – № 2. – С. 33–37.
3. Бинги В. Н. Магнитобиология: эксперименты и модели. – Москва: МИИТА, 2002. – 592 с.
4. Будаговский А.В. Дистанционное межклеточное взаимодействие. – М.: НИИЦ «Техника», 2004. – 104 с.
5. Влияние генотипа и среды на длительность жизни *Drosophila melanogaster* / Д.С. Билева, Л.Н. Зимина, А.А. Малиновский и др. // Генетика. – 1978. – Т. 14. – С. 848–852.
6. Гаврилов Л.А., Гаврилова Н.С. Биология продолжительности жизни количественные аспекты. 2-е изд. – М.: Наука, 1991. – 280 с.
7. Городец Н.Н. Амплитудные, фазовые и поляризационные диаграммы апертурных антенн в ближней, промежуточной и дальней зонах // Вестник Харьковского университета. Радиофизика и электроника. – 1980. – № 8. – С. 26–34.
8. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
9. Емец Б.Г. // Вісник Харківського державного університету, №422. – Біофізичний вісник. – 1998. – Вип. 2. – С. 118–130.
10. Иванок А.М., Данилов В.В. / Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121, №1. – С. 91–108.
11. Мечников И.И. Смерть бабочки тутового шелкопряда // Акад. собр. соч. – Москва: Гос. изд-во мед. лит., 1962. – Т. 15. – С. 79–83.
12. Никитин В.Н. Экспериментальные подходы к продлению жизни // Биологические проблемы старения: Итоги науки и техники ВИНТИ. М: ВИНТИ, 1984. – Т. 4. – С. 6–43.
13. Пианка Э. Эволюционная экология: Пер. с англ. / Перевод Гилярова А.М Матвеева В.Ф.; Под ред. и с предисл. М.С. Гилярова – М.: Мир, 1981. – 400 с.
14. Практичний посібник по шовківництву / І.О.Кириченко, Г.Д.Тарасов, Б.Ф.Пилипенко та ін. – К.: Урожай, 1991. – 140 с.
15. Чуян О.М. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти: Автореф. дис. ...д-ра біол. наук: 03.00.13 / Київськ. нац. ун-т. – 2004. – 40.
16. Шовківництво: Книга для студентів біологічних і сільськогосподарських спеціальностей вузів, викладачів біології пкїл та агрономів-шовківників / В.О. Головки, О.З. Злотін, М.Ю. Браславський та ін. – Харків: РВП "Оригінал", 1998. – 416 с.