

ОХОРОНА ТА КОНТРОЛЬ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 581.5.621.571

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ ЧУТЛИВОСТІ БІОІНДИКАТОРІВ ДО ДІЇ СТРЕСОРУ ЗА РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ

Злотін О.З., Маркіна Т.Ю.¹, Эгорова О.А.², Горецький О.С.,
Маслодудова К.М.³

¹Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

²ННЦ «Інститут експериментальної та клінічної ветеринарної медицини»

³Донецький національний університет

Наведено біологічне обґрунтування принципів визначення порогів чутливості гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда до дії токсикантів. Експериментально визначені порогові чутливості біоіндикатора до дії фосфорорганічних інсектицидів. Основною вимогою проведення робіт щодо тестування за запропонованими методиками є забезпечення оптимальних для виду (тест-об'єкта) температурних умов.

Ключові слова: біоіндикація, шовковичний шовкопряд, межі чутливості, температурний фактор.

Definition tht limits of sensitivity of stressors bioindicators to action for various temperature conditions. Zlotin A.Z., Markina T. Yu., Egorova O.A., Goretzkyi O.S., Maslodudova K.M. – A biological studying of the principles determining sensitivity of the limits of caterpillars silkworm to the action of toxicants. The limits of sensitivity of insects-bioindicators for organophosphorus insecticides are determined experimentally. The main requirement of the work on testing for the proposed methodology is to ensure of optimal temperature conditions to species (test object).

Key words: bioindication, silkworm, limits of sensitivity, temperature factor.

ВСТУП

Розглядаючи стресори антропогенного походження як токсиканти широкого спектру дії, слід, перш за все, визначити фактори, від яких залежать межі чутливості до них біоіндикаторів.

У зв'язку з тим, що межі чутливості біоіндикаторів можуть бути обумовлені тими факторами, якими визначається межа чутливості

біоіндикатора до біологічноактивних речовин взагалі. У цьому плані заслуговують на увагу відомі дані щодо особливостей та механізмів дії біостимуляторів на комах [4].

Виходячи з цих даних, стає можливим визначити основні фактори, що обумовлюють межі чутливості біоіндикатора до дії стресорів антропогенного походження на організм, а саме:

1. Фізіологічний стан біоіндикатора під час дії стресора.
2. Активність (концентрація, або «сила дії») стресору та її тривалість.
3. Механізми дії стресора на організм біоіндикатора.
4. Гіротермічні та світлові умови під час дії стресора.
5. Точність визначення ознак стану біоіндикатора.

У наших попередніх дослідженнях доведено ефективність використання шовковичного шовкопряда як тест-об'єкта біоіндикації стану довкілля. Актуальним залишається питання визначення порогів чутливості шовковичного шовкопряда до дії стресорів та вплив абіотичних факторів середовища на результати біотестування.

Як показали наші дослідження щодо вивчення теоретичних аспектів проблеми, реалізація поставленої мети принципово можлива при урахуванні нищевказаних положень.

Фізіологічний стан біоіндикатора визначається інтенсивністю процесу метаболізму (перш за все активністю ферментних систем), що залежить, як правило, від його віку, рівнем забезпеченості життєвими умовами існування (ступінь відхилення від оптимальних), а також генетичними особливостями популяції. Серед останніх першочергове значення мають [1]:

- а) ступінь гетерозиготності популяції;
- б) однорідність популяції за віком (вирівняність популяції);
- в) статеве співвідношення особин у популяції;
- г) особливості проходження біологічних ритмів активності.

Відома залежність чутливості біоіндикаторів від концентрації діючого стресора та її тривалості. У переважній більшості випадків спостерігається пряма залежність між чутливістю біоіндикатора, його концентрацією та тривалістю дії [1]. Дослідженнями Т.Ю. Маркіної, О.З. Злотіна, В.О. Головка [8] доведено, що межі чутливості біоіндикатора до дії стресора залежать також від присутності інших (випадкових) стресорів і можуть зростати в разі потенціювання або синергізму дії стресорів. Можливі випадки олігодинамічної дії (ефект надзвичайно малих концентрацій).

При визначенні механізмів дії стресорів антропогенного походження перш за все необхідно враховувати їх величезну кількість – понад 20 тис. забруднювачів довкілля різної хімічної природи. Це багаточисельні викиди в атмосферу хімічних сполук та сумішей, надходження у водне середовище всіляких виробничих та комунально-побутових відходів, нафтопродуктів, сміття, засмічення полів, луків та лісів, водосховищ пестицидами, мінеральними добривами, також радіоактивними сполуками тощо [3; 12].

Незважаючи на велику кількість забруднювачів, різноманітність їх хімічного складу та особливості токсичної дії, спільним для них є інгібування ферментів біоіндикатору. При цьому забруднювачі можуть взаємодіяти з білковою частиною ферменту, повністю її інактивуючи.

Інгібіторами загальної дії є солі важких металів, які здатні інгібувати всі ферментні системи організму біоіндикатору. Серед специфічних інгібіторів поширені ціаніди, H_2S , сульфіді, нітроген і окис вуглецю, що діють на метали ферментних комплексів організму, інактивуючи їх (наприклад, дихальний фермент – цитохром, це так звані «дихальні отрути»). На сульфо-гідрильні групи ферментів діють сполуки миш'яку, ртуті. Забруднювачі, що містять фосфороорганічні сполуки, інгібують ферменти, які каналізують розщеплення складних ферментів, особливо холінестерази та ацетилхолінестерази та інгібують передачу нервових імпульсів – нервові отрути. Характер дії сполук інших груп на організми тварин та людини висвітлено у літературі [6; 10; 16].

Суттєве значення при визначенні меж чутливості біоіндикатора до токсикантів мають особливості перетворення токсикантів при їх надходженні в організм біоіндикатора [2; 12; 16].

Найбільш поширеною реакцією організму на проникнення чужорідної речовини є її розкладання з виникненням продуктів, які мають меншу або більшу токсичну дію (явища детоксикації або активації токсину).

У комах-біоіндикаторів розкладання токсикантів продовжується також після їх потрапляння в гемолімфу, частина речовин знешкоджується в жировому тілі (особливо при потраплянні через шкіряні покрови) й виводяться через мальпігієві судини та з хітином при линянні.

Необхідно зазначити, що ступінь токсичності забруднювачів для певного біоіндикатора залежить від особливостей хімічної природи токсиканта та його дози. Незважаючи на значні успіхи вивчення при-

роди токсикантів, загальної теорії залежності токсичності речовин від їх хімічної природи не існує, хоча встановлені закономірності щодо деяких класів хімічних сполук. Так токсичність значно зростає у разі присутності в їх будові токсифорних груп – галоїдів (Cl, Br, I, F), нітрогруп, солей, важких металів (Hg, Sn, Cu), груп радикалів та ін. [13].

За сучасними даними токсикології щодо механізмів дії токсикантів, кожен токсикант уражає специфічний орган (тканину, фермент, певний молекулярний рецептор, що отримав назву «мішень»), викликаючи його (рецептора) зміни. Токсичний ефект буде залежати від того, яка кількість токсиканту надійде до рецептора («мішені») та вступить з ним у взаємодію.

Токсичність забруднювачів багато в чому залежить від здатності їх розчинення у воді та ліпідах організму біоіндикатора. Дуже високу стійкість до токсикантів виявляють яйця комах, вкриті щільною хітиною оболонкою, та більшість комах у стані діапаузи (не залежно від фази розвитку) [13; 15].

Деякі біоіндикатори мають здатність виробляти особливі захисні реакції, що перешкоджають надходженню забруднювача (токсиканта) в організм. Так при отруєнні їжею – це блювання, пронос, при отруєнні газами – зачинення дихалець, а при дії контактним шляхом – виділення слизу, який скріплює частки забруднювача, утворюючи захисний чохол, при цьому кількість токсиканта, що потрапляє в організм біоіндикатора суттєво зменшується.

У процесі визначення граничних меж токсичності забруднювачів для біоіндикаторів необхідно також враховувати явище стійкості певних груп організмів (можливих біоініціаторів) до токсикантів, яке полягає у біологічній властивості організму опиратися токсичній дії токсиканта, нормально функціонувати, розвиватися та розмножуватися у середовищі, що містить токсикант [17].

Тривалість збереження токсичної дії забруднювача (токсиканта) суттєво зменшується під впливом вологості, опадів, вітру, а також сонячної радіації (окрім випадків, коли зайва вологість сприяє гідролізу токсиканта й появі більш токсичних речовин). Таким чином, токсичність забруднювача для певного індикатора може бути визначена лише для певних умов середовища, у якому відбувається дія токсиканта з урахуванням тривалості його впливу на тест-об'єкт.

Метою нашої роботи було визначення порогів чутливості шовковичного шовкопряда, як тест-об'єкта біоіндикації до дії екологічно несприятливих факторів середовища та експериментальне вивчення залежності меж чутливості тест-об'єкта від дії температурного фактора.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Точність визначення стану біоіндикатора за дії стресора – важливіша умова отримання вірогідних результатів процесу біоіндикації, особливо в експериментах, коли мова йде про можливість визначення граничних меж чутливості біоіндикатора до певного стресора.

Першою вимогою для таких досліджень повинна бути наявність базових трьох варіантів дослідження з однаковою за всіма біологічно-вагомими показниками (однакове походження, генетична та фізіологічна однорідність) вихідною якістю біоіндикатора (тест-об'єкта біоіндикації). Проведені нами досліди включали наступні варіанти:

1. Контроль – утримання біоіндикатора в умовах ідентичних з іншими варіантами, але з гарантованою відсутністю забруднювача.

2. Еталон – утримання біоіндикатора в аналогічних умовах, але з впливом на нього токсиканта в концентраціях, що забезпечують загибель у межах 10-100% (смертність у межах 10% може спостерігатися в контрольному варіанті і вважається за природну).

3. Вплив на біоіндикатор дійсного техногенного забруднення під час його експонування в зоні дії забруднювача протягом доби. У цей час контрольний варіант та еталон експонуються в тих самих умовах, але розташовані у спеціальних пристроях, які гарантують відсутність надходження токсиканту із зовні.

При неможливості попереднього визначення природи забруднювача, еталонний варіант має складатися з декількох, що імітують можливі токсиканти.

Усі варіанти відбирали у повторностях (не менше трьох) з об'ємом вибірок, які можуть забезпечити отримання вірогідних результатів з вірогідністю 99% та вище.

У дослідах з визначення меж чутливості тест-об'єкта до дії інсектициду використовували гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда одного часу виходу з яєць в день їх відродження. Для досліджень було обрано стабільно високу за життєздатністю породу шовковичного шовкопряда Білококонна -2 поліпшена (Б-2 пол.)

Протягом 2009-2010 років було проведено 3 серії дослідів. Брали широкий діапазон концентрацій фосфор-органічного інсектициду фосфаміду (від 0 до 0,1 мг/л) – що забезпечило загибель гусениць від 0 до 100 %. Кожна концентрація випробовувалась у 5-ти кратній повторності (по 30 гусениць-мурашів у повторності). Для визначення практичних меж чутливості біоіндикатора гусениць-мурашів використовували метод сухої плівки [1].

Спостереження за загибеллю гусениць-мурашів проводили до початку загибелі гусениць у контролі. Під час проведення досліду освітлення було природнім, температура повітря в термостаті $+25^{\circ}\text{C}$, вологість повітря 90 %. Облік загиблих гусениць проводили щодня. Результати спостережень обробляли статистично (достовірність відмінностей визначали за допомогою t-критерію Ст'юдента) [7]. Отримані результати (значення відсотку загиблих) переводили в пробіти для встановлення лінійної залежності і визначення ефекту (смертності) від певної дози інсектициду. За отриманою кореляційною залежністю визначали межі чутливості біоіндикатора до дози інсектициду.

У подальшому (2011 рік) було проведено серію дослідів, у яких дози (концентрації) фосфаміду відповідали дозам у попередніх дослідженнях (від 0% до 0,1 мг/л – 8 концентрацій), а температурний режим змінювався. Було перевірено дію більш високої – $+30^{\circ}\text{C}$ та більш низької – $+20^{\circ}\text{C}$ по відношенню до оптимальної температури утримання комах. Кожний варіант досліду нараховував 5 повторностей. Визначались середні дані за кожною концентрацією. У якості тест-об'єкта були використані гусениці-мураші шовковичного шовкопряда одного часу виходу з яєць. Вибір фосфаміду як токсиканту пов'язаний з встановленою залежністю підвищення токсичності даного препарату при підвищенні температур у межах $+20-30^{\circ}\text{C}$ [9]. Облік загибелі гусениць проводили щоденно протягом 4-х діб. Для визначення залежності ефекту від концентрації токсиканту отримані результати загибелі гусениць були переведені в пробіти та статистично оброблені [7; 12].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Середні результати вивчення чутливості (% загибелі) гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда до різних доз розчину фосфаміду наведені в табл. 1.

Представлені дані можуть слугувати основою для розрахунків чутливості популяцій до різних доз інсектициду, але практично це можливо лише у разі необхідності розрахунку ефекту загибелі від доз, що викликають загибель гусениць у межах СК-50. Для цього зазвичай будують графік залежності ефекту загибелі від дози. Однак експериментальні дані свідчать, що залежність ефекту (у %) від дози хімікату виражається несиметричною S-подібною кривою, бо зростаючі дози інсектициду дають, як правило, поступове вгасання ефекту. Це ускладнює визначення доз. Якщо для побудови графіка брати не аб-

солотні значення доз, а їх логарифми, то крива приймає вигляд симетричної S-подібної кривої й при середніх значеннях ефекту наближається до прямої. Але при дозах, що викликають ефект, близький до 0 або 100 %, зв'язок суттєво відрізняється від прямолінійного. Звідси зрозуміло, що для визначення порогів мінімальної чутливості біоіндикатора до доз інсектицидів (а саме вони розташовані в зоні 0-20% загибелі) та максимальні дози токсичності (вони розташовані в інтервалі смертності 80-100%) дана таблиця залежності відсотку загибелі гусениць в залежності від доз токсиканту використана бути не може.

Таблиця 1

Чутливість гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда до розчину фосфаміду (за % загиблих). Середнє за 2009-2010 рр.

№ п/п	Концентрація фосфаміду, мг/л	Кількість загиблих за днями спостережень, %			
		1	2	3	4
1	контроль	0	0	0	2,8 ± 1,4
2	0,001	0	0	2,8 ± 1,4	20,1 ± 2,2
3	0,004	0	0	5,2 ± 1,7	41,1 ± 3,3
4	0,008	0	6,5 ± 3,9	28,1 ± 3,1	79 ± 3,1
5	0,01	0	15 ± 3,8	38,7 ± 3,1	89,8 ± 4,7
6	0,04	7,3 ± 3,3	41 ± 4,2	84 ± 5,2	97,4 ± 3,7
7	0,08	19,7 ± 2,1	72,6 ± 4,1	96 ± 4,4	100
8	0,1	42,3 ± 4,5	88 ± 3,6	100	

Для вирівнювання цієї лінії використовують метод пробіт-аналізу, при якому відсотки ефекту загибелі переходять в умовні вирогідні одиниці – пробіти. Значення пробіту, що відповідає даному відсотку ефекту, знаходять у спеціальній таблиці. На графік наносять значення пробіту і логарифма доз. Пряму залежності ефекту від дози пестициду будують на основі вирішення кореляційного рівняння зв'язку або емпірично і за нею знаходять порогові дози чутливості біоіндикатора до доз інсектицидів (рис. 1).

Нижню межу чутливості біоіндикатора визначають, як першу вирогідну відмінність прояву відповідних реакцій тест-об'єкта на дозу токсиканту у порівнянні з контролем. Тобто, у нашому випадку це найменша концентрація фосфаміду, що викликає смертність до 10% особин.

Верхня межа токсичності в цьому випадку – це мінімальна концентрація токсиканту, яка викликає реакцію відповіді або загибель 100% особин біоіндикатора у досліді (токсиканти, за шкалою переведення процентів у пробіти (99,9% – 8,719 пробіт).

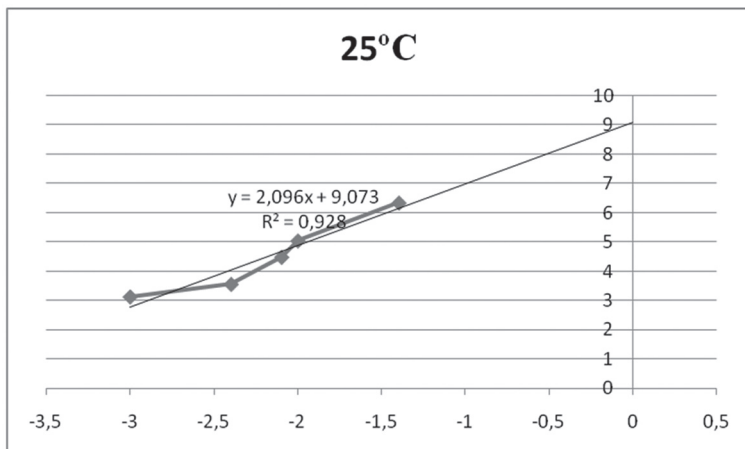


Рис. 1. Залежність загибелі гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда від концентрації токсиканту (за результатами пробіт-аналізу)

Таким чином було встановлено, що нижня межа чутливості становить 3% (концентрація фосфаміду 0,001 мг/л), а верхня межа 96% (концентрація фосфаміду 0,08 мг/л). На підставі проведеного дослідження запропоновано новий спосіб визначення граничних значень чутливості тест-об'єктів до дії токсикантів [11].

Серед зовнішніх (абіотичних) факторів середовища, найбільш суттєвий вплив на токсичність стресорів (токсикантів) має температура повітря, вологість та інтенсивність сонячного випромінювання.

Так, під впливом температури змінюється активність діючих речовин токсиканту, а також реакція організму на них. При підвищенні температури повітря зростає токсичність фосфорорганічних токсикантів, але зменшується токсичність синтетичних перетроїдів. У той же час в умовах оптимуму підвищується інтенсивність процесів метаболізму в організмі біоіндикатора і зростає його чутливість до дії токсиканту. Особливе значення це набуває при роботі з пойкилотермними організмами.

Враховуючи те, що дія стрес-факторів багато в чому залежить від умов середовища, особливо дії температури оточуючого тест-об'єкт середовища, ми вважали за доцільне провести експериментальне вивчення впливу різних температур (у межах екологічного оптимуму) на зміну меж чутливості гусениць-мурашів до дії фосфорорганічного інсектициду — фосфаміду.

З наведених у табл.2 даних видно, що спостерігається чітка залежність між ступенем чутливості тест-об'єкту до токсичної дії фосфаміду та температурними умовами тестування. Якщо виходити з базової температури +25°C (оптимум для гусениць-мурашів), то за всіма концентраціями чутливість до токсиканту в умовах підвищеної температури (+30°C) суттєво зросла, в той час, як при температурі +20°C навпаки, спостерігається підвищення стійкості тест-об'єкта до токсиканту у всіх випробуваних дозах (концентраціях).

Таблиця 2

Чутливість гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда до розчину фосфаміду (за % загиблих). Середнє за 2011

Концентрація фосфаміду, мг/л	Температура тестування, °C	Загибель гусениць за днями спостережень, %			
		1	2	3	4
контроль	20	0	0	0	0
	25	0	0	0	1,0±0,7
	30	0	0	0	2,0±0,5
0,001	20	0	0	0	7,5±0,8
	25	0	0	2,9±1,1	23,0±1,2
	30	0	1,6±0,8	4,1±1,4	41,5±1,4
0,004	20	0	0	4,0±1,2	30±1,3
	25	0	0	5,5±1,4	44,0±1,4
	30	0	3,5±1,0	8,0±1,5	51,3±1,7
0,008	20	0	0	12,1±1,6	67,2±1,8
	25	0	7,3±4,8	30,1±2,7	81,11±1,0
	30	2,1±1,3	10,7±1,8	59,8±2,1	98,2±2,3
0,01	20	0	5,7±2,1	29,2±2,1	76,9±2,7
	25	0	18,5±2,2	51,9±3,0	91,9±2,3
	30	4,7±2,0	27,0±2,3	72,3±1,3	100
0,04	20	5,9±1,7	37,0±2,5	99,0±1	100
	25	8,9±1,8	42,5±1,9	91,22±1,9	100
	30	15,9±2,4	69,3±1,3	100	100
0,08	20	12±13	49,7±2,5	100	
	25	21,0±1,7	74,3±3,0/	100	
	30	29,9±1,9	74,1±1,3	100	
0,1	20	30,1±2,0	89,9±3,1	100	
	25	44,3±2,0	90,0±3,0	100	
	30	62,81±2,1	99,0±1,9	100	

Так, як показано на рис. 1, 2 при +20°С мінімальна, вірогідно відмінна від контрольної, загибель гусениць у перший день спостерігається при концентрації фосфаміду 0,04 мг/л, це свідчить про зсув порогу чутливості до токсиканту за рахунок підвищення стійкості особин. У той час, як при +30°С загибель гусениць у перший день спостерігалась вже при концентрації фосфаміду – 0,008 мг/л.

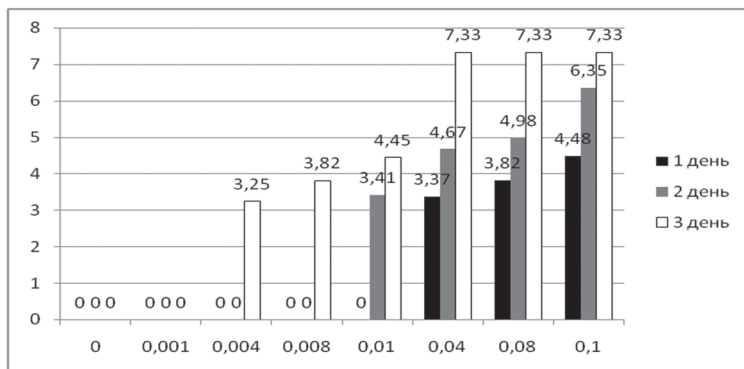


Рис. 2. Залежність загибелі гусениць (у пробітах) від концентрації фосфаміду (у мг/л) при +20°С

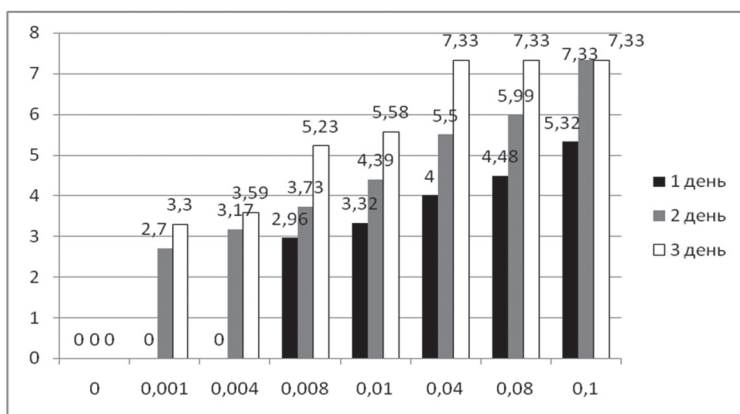


Рис.3. Залежність загибелі гусениць (у пробітах) від концентрації фосфаміду (у мг/л) при +30°С

Отриманий у роботі ефект пов'язаний, на нашу думку із наступними обставинами. Відомо, що токсичність фосфорорганічних інсектицидів пов'язана з їх інгібуючою дією на холінестерази (особли-

во на ацетілхолін), які приймають участь у передачі імпульсів через синапс. У пойкилотермних організмів, яким є шовковичний шовкопряд, інтенсивність фізіологічних процесів цілком залежить від температури навколишнього середовища і зростає з підвищенням температури. У свою чергу зростає і активність холінестераз, ферментів, які обумовлюють переважну більшість життєвих процесів комах.

З іншого боку, як відомо з літературних джерел, підвищення токсичності фосфаміду відбувається, як результат підвищення температури повітря. Підвищення температури в межах життєвого оптимуму комах призводить до зростання ферменто-інгібуючої дії токсиканту по відношенню до холінестераз.

Отримані дані свідчать, що при визначенні меж чутливості комах до токсикантів (інсектицидів) та інших стресорів обов'язково необхідно враховувати особливості дії токсикантів та фізіологічний стан тест-об'єкта (інтенсивність процесів метаболізму), а при визначенні технічних умов для проведення тестування необхідно враховувати вплив середовища (особливо температури). Таким чином, основною вимогою проведення робіт щодо тестування за запропонованим нами методом є забезпечення оптимальних для виду (тест-об'єкта) температурних умов.

ВИСНОВКИ

Розроблено біологічне обґрунтування принципів визначення порогів чутливості гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда до дії токсикантів.

Експериментально визначені пороги чутливості шовковичного шовкопряда як тест об'єкта біоіндикації до дії фосфорорганічних інсектицидів.

Запропоновано спосіб визначення меж чутливості біоіндикатора до стресору (наприклад, гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда *Bombyx mori* L. до токсиканту), який включає дію декількох концентрацій, що відрізняється тим, що нижня межа чутливості біоіндикатора визначається, як перша вірогідна відмінність прояву відповідних реакцій біоіндикатора на дозу подразника у порівнянні з контролем, а верхня межа чутливості, як перша концентрація, що забезпечує відповідь на дію дози стресора, близьку до 99,9% особин популяції біоіндикатора.

Встановлено, що при визначенні меж чутливості комах до токсикантів (інсектицидів) та інших стресорів обов'язково необхідно враховувати особливості дії токсикантів та фізіологічний стан тест-

об'єкта (інтенсивність процесів метаболізму), а при визначенні технічних умов для певних біоіндикаторів враховувати вплив температурних умов тестування.

Література

1. Без'язична О.З. Шовковичний шовкопряд як біоіндикатор для визначення залишків інсектицидів у субстратах. /Без'язична О.З. Злотін О.З., Головка В.О. – Харків: РВП «Оригінал», 1997. – 88 с.
2. Гар К.А. Методы испытаний токсичности и эффективности пестицидов. /Гар К.А. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 219 с.
3. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь./ Дедю И.И. – Кишенев: Молдавская советская энциклопедия, 1990 – 408 с.
4. Злотин А.З. Биостимуляторы – как фактор повышения устойчивости и продуктивности тутового шелкопряда: Метод реком. /Злотин А.З., Головка В.А., Мухина О.Ю. – Харьков: РИП Оригинал, 1993. – 83 с.
5. Злотін О.З. Новый тест-об'єкт для біологічної оцінки залишкових кількостей інсектицидів / Злотін О.З., Без'язична О.В. // Доповіді АН України. – 1994. – № 3. – С. 175–177.
6. Злотін О.З. Біоіндикація стану забруднення вод токсикантами. /Злотін О.З., Дегтярьова О.О. // Біологія та валеологія. Зб наук. Праць. – 2008. – вип.10. – С. 175–179.
7. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1973. – 343 с.
8. Маркина Т.Ю. Теоретическое и экспериментальное обоснование приемов комплексной оптимизации культур насекомых по жизнеспособности и продуктивности. /Маркина Т.Ю., Злотин А.З., Головка В.А. – Харьков: РВП “Оригинал”, 2001. – 108 с.
9. Мельников Н.Н. Химия технология пестицидов. / Мельников Н.Н. – М.: Химия, 1974. – 768 с.
10. Метелев В.В. Водная токсикология. /Метелев В.В., Канаев А.И., Дзасохова Н.Г. – М.: Колос, 1971. – 247 с.
11. Спосіб визначення граничних меж чутливості біоіндикатора до дії стресорів. Патент України № 60667 на корисну модель, Злотін О.З., Беспалова С.В., Горецький О.С., Маркіна Т.Ю., Ісиченко Н.В., Маслодудова К.М. Бюл. №12, 25.06. 2011. – 6 с.
12. Химическая защита растений /[Г.С. Груздев, В.А. Зинченко, В.А. Калинин, Р.И. Словцов]; /под. ред.. Г.С. Груздева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос. – 1980. – 448 с.
13. Clinio Locatelli Sea water quality criteria by Bioindicators. Possible classification based on metal contents in *Ulva rigida* and tapes philippinarum / Clinio Locatelli //Toxicological & Environmental Chemistry.– 1999. – V. 71, № 3. – P. 435–446.
14. Douglas A. Wolfe Selection of Bioindicators of Pollution for Marine Monitoring Programmes / Douglas A. Wolfe // Chemistry and Ecology. – 1992. – V. 6, № 1. – P. 149–167.

15. Joji Muramoto Bioindicators: Use for Assessing Sustainability of Farming Practices Encyclopedia of Pest Management/ Joji Muramoto; Stephen R. Gliessman /. –2006. – 345 p.

16. Smallman B.N. Mechanisms of acetylcholine synthesis in blowfly / Smallman B.N. // G.Physiol. – 1956. – V.132. – P. 343–352.

17. Steven M. Bartell Biomarkers, Bioindicators, and Ecological Risk Assessment / Steven M. Bartell // A Brief Review and Evaluation Environmental Bioindicators. – 2006. – V.1, №1. – P.60–73.

Определение порогов чувствительности биоиндикаторов к действию стрессора при разных температурных условиях. Злотин А.З., Маркина Т.Ю., Эгорова О.А., Горещкий О.С., Маслодудова Е.Н. – Приведено биологическое обоснование принципов определения порогов чувствительности гусениц-мурашей тутового шелкопряда к действию токсиканта. Экспериментально определены пороги чувствительности биоиндикатора к действию фосфорорганических инсектицидов. Основным условием проведения работ по биотестированию по предложенной нами методике является обеспечение оптимальных для вида (тест-объекта) температурных условий

Ключевые слова: биоиндикация, тутовый шелкопряд, пороги чувствительности, температурный фактор.