



Бактеріальне зараження личинок мошок та використання бакпрепаратів для контролю чисельності симулід

Катерина Сухомлін, Марія Зінченко, Вадим Теплюк, Олександр Зінченко

Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна

Адреса для листування: sukhomlin.katerina@vnu.edu.ua

Отримано: 05.03.24; прийнято до друку: 15.05.24; опубліковано: 06.06.24

Резюме. Біологічному методу контролю чисельності кровосисних комах приділяється значна увага, як високоселективному, ефективному та екологічно безпечному. В межах Волинського Полісся було обстежено 340 водойм, серед яких у 86 (14,9 %), були виявлені личинки симулід з ознаками бактеріального ураження. Ушкоджених личинок реєстрували у малих річках та меліоративних каналах більшість з яких, 71,5 % були мезосапробними за якістю води. Бактеріальне зараження виявлене у личинок 10 видів: *S. pusillum*, *S. nigrum*, *S. equinum*, *S. erythrocephalum*, *S. ornatum*, *S. dolini*, *S. noelleri*, *S. paramorsitans*, *S. promorsitans*, *S. morsitans*.

У Волинському Поліссі проводили дослідження ефективності деларвації водойм трьома препаратами створеними на основі бактерій *Bacillus thuringiensis* H₁₄ – бактокуліциду, бактоларвіциду та БЛП-2477. Досліди проводили у меліоративних каналах із руслом завширшки до 2 м, завглибшки – 0,5 м та з швидкістю течії 0,7 м/с, які були густо заселені преімагінальними фазами мошок. Обробку водойми препаратами здійснювали двома способами. Перший полягає в одноразовому внесенні всієї дози, другий – у поступовому внесенні дози впродовж 6 та 24 годин.

Встановлено, що одноразове внесення всієї дози препарату забезпечує лише часткову загибель (до 75 %) мошок. На всій ділянці обробітку зареєстровано нерівномірну загибель личинок. Спосіб поступового введення препарату, коли він вимивається впродовж 6 або 24 годин, більш ефективний (загибель личинок до 100 %).

Для контролю за чисельністю преімагінальних фаз розвитку мошок рекомендовано бакпрепарати БЛП-2477 і бактоларвіцид як найбільш ефективні. Оптимальною дозою для загибелі личинок мошок на відстані до 1,5 км у меліоративних каналах з руслом завширшки до 2 м, завглибшки – 0,5 м і швидкістю течії 0,7 м/с необхідно вважати 400 г препарату.

Загибелі нецільових гідробіонтів, волохокрильців, одноденок, молосків, риб, не відмічали.

Ключові слова: Simuliidae, *Bacillus thuringiensis*, деларвації водойм, бактокуліцид, бактоларвіцид, БЛП-2477, лабораторна діагностика.

Bacterial infection of black flies larvae and bacterial preparations application for quantity control of Simuliidae

Kateryna Sukhomlin, Maria Zinchenko, Tepluk Vadym, Oleksandr Zinchenko

Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

Correspondence: sukhomlin.katerina@vnu.edu.ua

Abstract. Considerable attention is paid to the biological method of controlling the number of blood-sucking insects, as it is highly selective, effective and environmentally safe.

340 reservoirs were examined within Volyn Polissia, among which 86 (14.9 %) contained Simuliidae larvae with signs of bacterial lesion. Damaged larvae were recorded in small rivers and ameliorative canals, most of which, 71.5 %, were mesosaprobic in terms of water quality. Bacterial infection was detected in the larvae of 10 species: *S. pusillum*, *S. nigrum*, *S. equinum*, *S. erythrocephalum*, *S. ornatum*, *S. dolini*, *S. noelleri*, *S. paramorsitans*, *S. promorsitans*, *S. morsitans*.

On Volyn Polissia a study was conducted on the effectiveness of reservoirs delarvation with three preparations based on *Bacillus thuringiensis* H₁₄ bacteria - bacteroculicide, bacterovicide and BLP-2477. Experiments were carried out in ameliorative canals with a bed up to 2 m wide, 0.5 m deep and with a current speed of 0.7 m/s, which were densely populated by preimaginal phases of black flies. Treatment

of the reservoir with preparations was carried out in two ways. The first consists in a one-time introduction of the entire dose, the second – in a gradual introduction of the dose over 6 and 24 hours.

It was established that a single application of the entire dose of the preparation ensures only partial death (up to 75%) of black flies. An uneven death of larvae was registered in the entire area of treatment. The method of gradual introduction of the preparation, when it is washed out over 6 or 24 hours, is more effective (death of larvae up to 100 %). To the quantity control of the black flies pre-imaginal phases development, preparations BLP-2477 and bactolarvicide are recommended as the most effective. The optimal dose for the death of black flies larvae at a distance of up to 1.5 km in ameliorative canals with width of up to 2 m, depth of 0.5 m and a flow speed of 0.7 m/s should be considered 400 g of the preparation. The deaths of non-target hydrobionts, caddisflies, mayflies, molluscs, and fishes were not registered.

Key words: Simuliidae, *Bacillus thuringiensis*, reservoirs delarvation, bactoculicide, bactolarvicide, BLP-2477, laboratory diagnostics.

ВСТУП

На сучасному етапі вивчення засобів контролю за чисельністю гнусу особлива увага приділяється біологічному методу, який передбачає використання природних ворогів кровосисних двокрилих – збудників різноманітних хвороб, паразитів та хижаків. Незважаючи на те, що вже є керівництва з біометоду [1; 2; 3], він розроблений ще недостатньо.

У зв'язку з використанням біологічного методу для регуляції чисельності симуліїд велика увага приділяється регіональному вивченню паразитів та хижаків, оскільки для кожної ландшафтно-кліматичної зони притаманна своя фауна двокрилих та їх природних регуляторів чисельності.

У літературі є чимало відомостей про загибель личинок мошок від бактерій [4; 5; 6; 7]. Вивчено вплив бактерій *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 та *B. amyloliquefaciens* Fukumoto, 1943 на личинок і лялечок різних видів мошок. Доведено ефективне використання бактеріальних препаратів для контролю чисельності кровосисних двокрилих, в першу чергу комарів та мошок.

В інституті Пастера було виготовлено перший ларвіцидний препарат, розроблений на основі *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (H₁₄), там же було запропоновано і перший лабораторний стандарт для порівняння штамів та препаратів – IPS-78, а пізніше – IPS-82. Останніми роками деякі автори [7; 8; 9; та ін.] рекомендують використовувати бак токуліцид, турингін, БЛП-2477 та інші створені на основі бактерій *Bacillus thuringiensis* H₁₄ та *B. sphaericus* (Meyer and Neide 1904) препарати, як біологічний засіб регуляції чисельності кровососів. Застосування бакпрепаратів це практично єдиний сьогодні метод, який дозволяє здійснювати ефективний контроль та регуляцію чисельності личинок кровосисних комах у водоймах господарського призначення, хоча специфічність бакпрепаратів до певної групи комах обмежує спектр їх використання.

Проведено дослідження щодо впливу *Bacillus thuringiensis* на нецільових гідробонтів [10]. Дослідники не знайшли доказів того, що одне застосування Вті вплинуло на нецільових макробезхребетних, зокрема хірономіду *Rheotanytarsus* і рибу в екологічно значущому ступені.

Продовжуються дослідження з моделювання споруючої *Bacillus thuringiensis* для ефективного промислового розведення і підтримання клітинної популяції [11].

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Збір водних фаз розвитку мошок проводили за загальноприйнятими методиками [8; 12; 13].

З метою визначення природних регуляторів чисельності симуліїд із загальної кількості зібраного матеріалу відібрано 518 проб у яких виявлені личинки та лялечки з ознаками зараження паразитами, досліджено 10915 заражених особин.

Для розробки засобів контролю за чисельністю преімагінальних фаз розвитку мошок були випробувані біологічні ларвіцидні препарати (бактокуліцид, бактоларвіцид, БЛП-2477), виготовлені на основі *Bacillus thuringiensis* H₁₄.

Досліди щодо регуляції чисельності преімагінальних фаз проводили у меліоративних каналах із руслом завширшки до 2 м, завглибшки – 0,5 м та з швидкістю течії 0,7 м/с, які були густо заселені личинками та лялечками мошок. Облік щільності личинок проводили на субстраті площею 10 см². На кожній обліковій ділянці (10 м² водної площі) брали 10 проб, на підставі яких виводили середню щільність в одній пробі. Далі здійснювали перерахунок щільності популяції личинок на 1 м² площі субстрату. Щільність популяції мошок підраховували до обробітку та через 48 і 72 години після нього. Аналогічні роботи проводили і на контрольних ділянках. Обробку водойми препаратами здійснювали двома способами. Перший полягає в одноразовому внесенні всієї дози, другий – у поступовому внесенні дози впродовж 6 та 24 годин. Для поступового введення препарату у водойму поперек русла натягували щільний вузький нейлоновий мішок. Швидкість введення препарату залежала від розміру комірок тканини і швидкості течії. У лабораторних умовах було встановлено дози препаратів, які викликають 50 % та 90 % загибель личинок.

Статистичну обробку даних проводили за загальноприйнятими методами у програмі MS EXCEL 7.0 [14].

У Волинському Поліссі проводили дослідження ефективності деларвації водойм трьома препаратами створеними на основі бактерій *Bac. thuringiensis* H₁₄ – бактокуліциду, бактоларвіциду та БЛП-2477 [8].

РЕЗУЛЬТАТИ

На досліджуваній території поширеними паразитами є мікроспориїди, яких виявлено у 271 водоймі різних типів (46,9 %). Здебільшого їх знаходили у меліоративних каналах (21,9 %). Мікози симуліїд

zareєстровано у 154 водоймах (26,7%). Бактерії заражають личинок мошок з 86 малих річок і меліоративних каналів. Мермітид знайдено лише у 38 водоймах (6,6%), оскільки вони досить чутливі до забруднення води, а кліщів – лише у 16 струмках і 12 малих річках (4,9%).

Нами зареєстровано бактеріальне зараження у личинок 10 видів: *Simulium (Schoenbaueria.) pusillum* Fries, 1824, *S. (Sch.) nigrum* (Meigen, 1804), *S. (Wilhelmia) equinum* (Linnaeus, 1758), *S. (Boophthora)*

erythrocephalum (De Geer, 1776), *S. (S.) ornatum* Meigen, 1818, *S. (S.) dolini* Usova et Sukhomlin, 1989, *S. (S.) noelleri* Friederichs, 1920, *S. (S.) paramorsitans* Rubtsov, 1956, *S. (S.) promorsitans* Rubtsov, 1956, *S. (S.) morsitans* Edwards, 1915. Загалом, бактеріальна інфекція виявлена у 14,9% досліджених водойм (табл. 1).

Бактерії інтенсивніше розвиваються у мошках, які мешкають у мезосапробних водоймах (табл. 2).

Таблиця 1

Поширення бактеріального зараження у різних типах водойм

Тип водойми	К-сть досліджених водойм	Поширення паразитів різних груп	К-ть водойм	Ш (%)
Великі ріки	22	6,5	-	-
Середні ріки	44	12,9	-	-
Малі ріки	104	30,6	42	7,3
Меліоративні канали	132	38,8	44	7,6
Струмки	38	11,2	-	-
Разом	340	100%	86	14,9

Таблиця 2

Рівень бактеріальної інвазії у водоймах різного ступеня забруднення

Збудник	Водойми	
	олігосапробні	мезосапробні
Бактерії	26,5 %	71,5 %

У результаті проведених досліджень (табл. 3; 4) встановлено, що одноразове внесення всієї дози препарату забезпечує лише часткову загибель (до 75%) мошок. На всій ділянці обробітку зареєстровано нерівномірну загибель личинок. Спосіб поступового введення препарату, коли він вимивається впродовж 6 або 24 годин, більш ефективний (загибель личинок до 100%).

Загалом, чутливість личинок мошок (*S. (B.) erythrocephalum*, *S. (S.) noelleri*) до БЛП-2477,

бактоларвіциду була у 1,5–2 рази вища, ніж до бактокуліциду. Це виявилось у більшій кількості загинувших личинок як при 6-, так і при 24-годинній дії препарату. Крім того, відстань дії препаратів на якій спостерігали загибель личинок від БЛП-2477 та бактоларвіциду, у двічі більша (до 1200 м), ніж при використанні бактокуліциду (до 600 м) (рис. 1–3). Загибелі нецільових гідробіонтів – волохокрильців, одноденок, моллюсків, риб – не відмічали.

Таблиця 3

Результати впливу на личинок мошок бакпрепаратів при одномоментному введенні у меліоративні канали

Характеристика водойми	Доза препарату (г)	К-ть личинок до обробітку ос./м ²	Відсоток загибелі личинок через 48 год. після обробітку										
			200 м	400 м	600 м	800 м	1000 м	1200 м	1400 м	1600 м	2000 м	2500 м	3000 м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Бактокуліцид													
Ширина русла 1,8 м Глибина 0,3 м Швидкість течії 0,45 м/с Температура води 18 °С Контроль	100	2225	2	4	7	9	5	2	0	0	0	1	0
	200	1825	4	10	12	10	9	7	2	0	0	0	0
	300	1950	9	20	25	30	31	22	14	7	0	0	0
	400	1900	10	23	30	35	40	31	15	12	2	2	1
		1950	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Бактоларвіцид													
Ширина русла 1,7 м Глибина 0,4 м Швидкість течії 0,5 м/с Температура води 17 °С Контроль	100	1825	4	11	13	14	6	3	0	0	0	0	0
	200	1950	8	20	25	28	15	13	9	8	4	0	1
	300	1800	11	19	24	32	34	36	39	24	6	4	1
	400	1850	13	24	26	37	59	60	70	47	15	4	0
		1925	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
БЛП-2477													
Ширина русла 1,9 м Глибина 0,5 м Швидкість течії 0,6 м/с Температура води 17,5°C Контроль	100	1800	5	14	18	15	7	4	2	0	0	0	0
	200	1750	9	20	24	28	16	12	10	7	2	1	1
	300	1825	12	25	29	34	41	44	43	30	9	6	6
	400	1850	15	30	35	47	72	74	75	68	25	5	5
		1725	0	0	0	1	0	0	2	0	3	0	0

Таблиця 4

Результати впливу на личинок мошок бакпрепаратів при поступовому введенні у меліоративні канали

Характеристика водойми	Доза препа- рату (г)	К-ть личинок до обро- бітку ос./м ²	Відсоток загибелі личинок через 48 год. після обробітку										
			200 м	400 м	600 м	800 м	1000 м	1200 м	1400 м	1600 м	2000 м	2500 м	3000 м
Бактокуліцид (час введення 6 годин)													
Ширина русла 1,8 м Глибина 0,3 м Швидкість течії 0,5 м/с Температура води 18,5°C Контроль	100	1900	30	18	8	3	0	0	0	0	0	0	0
	200	1625	45	25	15	8	2	0	0	0	0	0	0
	300	1750	100	60	40	20	15	5	0	0	0	0	0
	400	1850	100	100	90	75	30	10	2	0	0	0	0
		1825	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Бактокуліцид (час введення 24 години)													
Ширина русла 1,9 м Глибина 0,3 м Швидкість течії 0,4 м/с Температура води 18°C Контроль	100	1690	59	35	15	4	0	0	0	0	0	0	0
	200	1800	92	87	42	25	10	4	0	0	0	0	0
	300	1750	100	95	75	40	20	5	6	0	0	0	0
	400	1900	100	100	100	85	50	12	9	0	0	0	0
		1800	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0
Бактоларвіцид (час введення 6 годин)													
Ширина русла 1,7 м Глибина 0,4 м Швидкість течії 0,4 м/с Температура води 19°C Контроль	100	1925	60	45	25	10	5	0	0	0	0	0	0
	200	1850	79	50	32	21	15	2	0	0	0	0	0
	300	1800	100	91	53	35	24	8	3	0	0	0	0
	400	1750	100	100	100	84	60	25	15	4	0	0	0
		1850	0	0	0	2	3	0	0	1	0	0	0
Бактоларвіцид (час введення 24 години)													
Ширина русла 1,8 м Глибина 0,3 м Швидкість течії 0,5 м/с Температура води 18,5°C Контроль	100	1925	96	84	45	25	15	4	0	0	0	0	0
	200	1900	100	96	72	47	27	15	2	1	0	0	0
	300	1750	100	100	100	93	79	41	8	6	0	0	0
	400	1825	100	100	100	100	100	95	84	76	40	12	2
		1950	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
БЛП-2477 (час введення 6 годин)													
Ширина русла 1,9 м Глибина 0,4 м Швидкість течії 0,45 м/с Температура води 19°C Контроль	100	2050	69	42	19	2	1	0	0	0	0	0	0
	200	1875	87	56	36	20	10	3	1	0	0	0	0
	300	1920	100	95	67	46	32	16	11	4	0	0	0
	400	1950	99	100	100	93	72	27	21	13	5	0	0
		1925	0	0	0	1	5	1	0	0	0	0	0
БЛП-2477 (час введення 24 години)													
Ширина русла 1,8 м Глибина 0,4 м Швидкість течії 0,4 м/с Температура води 19,5°C Контроль	100	1800	97	86	53	26	16	4	2	0	0	0	0
	200	1850	100	100	86	57	33	19	8	3	0	0	0
	300	1950	100	100	100	99	86	52	15	8	3	0	0
	400	1850	100	100	100	100	100	98	87	80	52	23	3
		1900	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

ОБГОВОРЕННЯ

Наші дані не суперечать результатам інших дослідників про те, що найефективнішою та екологічно прийнятною технікою пригнічення популяцій мошок є застосування ларвіцидів *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* (Bti) у річках і струмках, де розвиваються паразити [4]. Застосування ларвіцидів здійснюється в рамках інтегрованої боротьби з

кровососами, а результати спостереження за личинками та імаго використовуються для максимально ефективного впливу на популяцію ектопаразитів. Перед початком ефективного застосування ларвіцидів потрібно врахувати багато факторів (кількість наявних личинок, фази їх розвитку, швидкість течії річки, типи та рівні сестону, характеристики водних шляхів та потенційну кількість опадів) [5].

Успішні програми боротьби з мошками діють у всьому світі, багато з них включають масштабні дослідження, що демонструють відсутність впливу ларвіцидів на основі *Bt* на нецільові види [1; 4; 9; 10]. Результати наших експериментів підтверджують висновки інших дослідників про відсутність впливу на не цільових гідробіонтів, зокрема, личинок хірономід, волохокрильців, бабок, молюсків та різні види риб. *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) було використано в багатьох продуктах для біологічного контролю личинок двокрилих, у тому числі комарів (*Culicidae*), мошок (*Simuliidae*) і хірономід (*Chironomidae*) у різних частинах світу [7]. Доведено, що *Bti* становить значно менший ризик, ніж хімічні пестициди, які використовуються у програмах боротьби з кровососами та їх знищення. Біопродукти на основі *Bti* є високоселективними з короткою стійкістю в навколишньому середовищі, і, отже, вони мають дуже низький потенціал завдати шкоди популяціям нецільових організмів. До сьогодні не було задокументовано жодного прикладу несподіваного розвитку патогенного організму в польових умовах [1]. Є певні ознаки того, що значне зниження біомаси комах може статися після тривалого використання *Bti* у прісноводних водно-болотних угіддях. Однак доказів постійного пошкодження

функції екосистеми не виявлено. Крім того, незважаючи на тривале і масштабне, понад 40 т, застосування препаратів на основі *Bti* в Західній Африці не було повідомлено про жодні ознаки впливу на здоров'я людини чи нецільового впливу.

Отримані нами результати узгоджуються з аналогічними дослідженнями американських вчених [10] щодо швидкості та інтенсивності міграції личинок симулід після використання бакпрепаратів. Зокрема, шість польових експериментів з перевірки впливу мікробного пестициду *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) на кровосисних мошок, а також на нецільових макробезхребетних і рибу в річці Сасквеханна, штат Пенсільванія довели, що відповідь на дрейф мошок після застосування *Bti* була подібною в усіх експериментах. Дрейф симулід значно збільшився протягом 0,5 години після застосування, досяг піку через 2–3 години після застосування, а потім залишався високим впродовж кількох годин. Значні зміни дрейфу спостерігалися після застосування *Bti* для 31 із 50 досліджених нецільових таксонів макробезхребетних, але жоден із цих таксонів не продемонстрував збільшення щільності дрейфу, подібного за величиною та часом до личинок мошок.

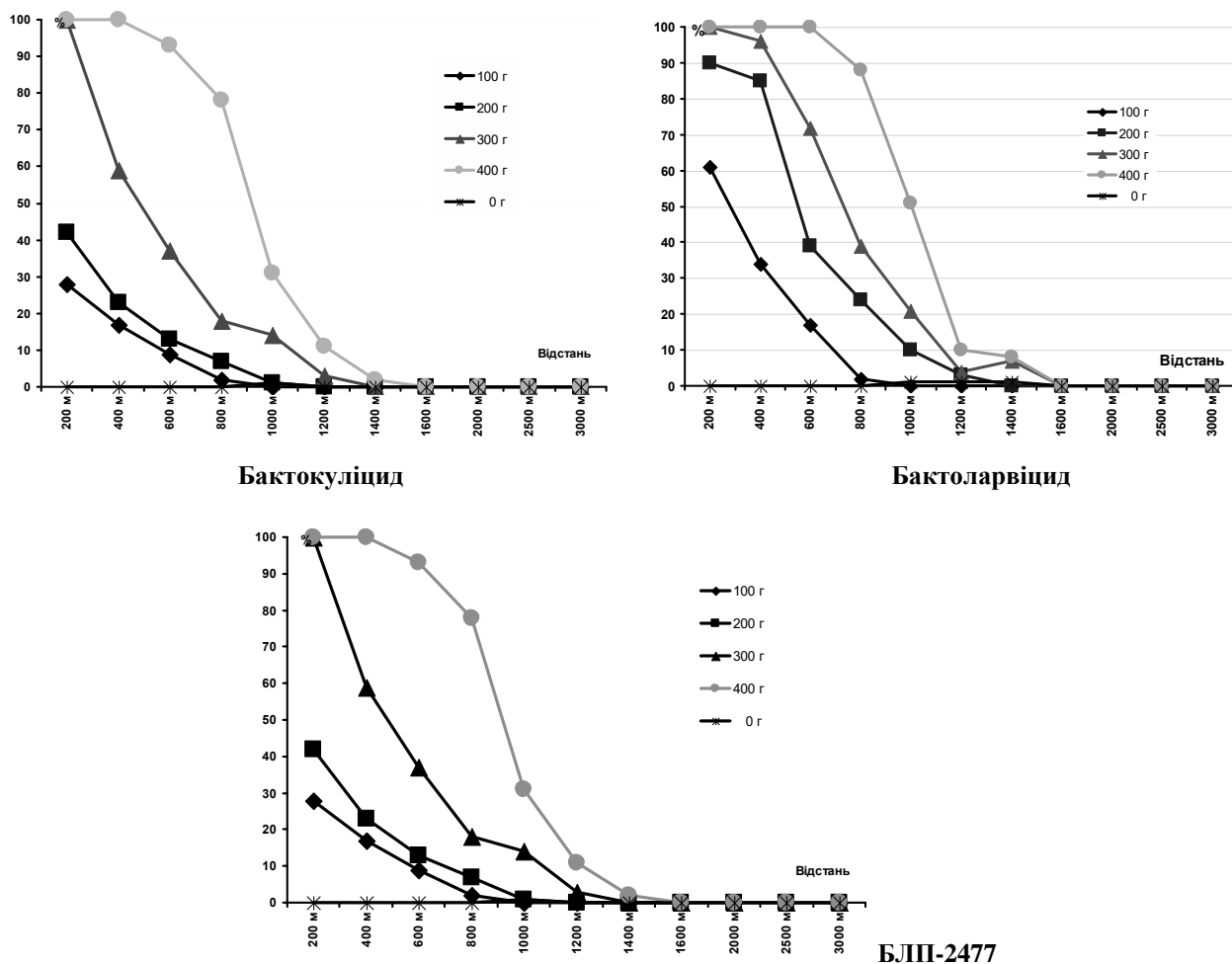


Рис. 1. Результати впливу на личинок мошок бакпрепаратів при одномоментному введенні у меліоративні канали

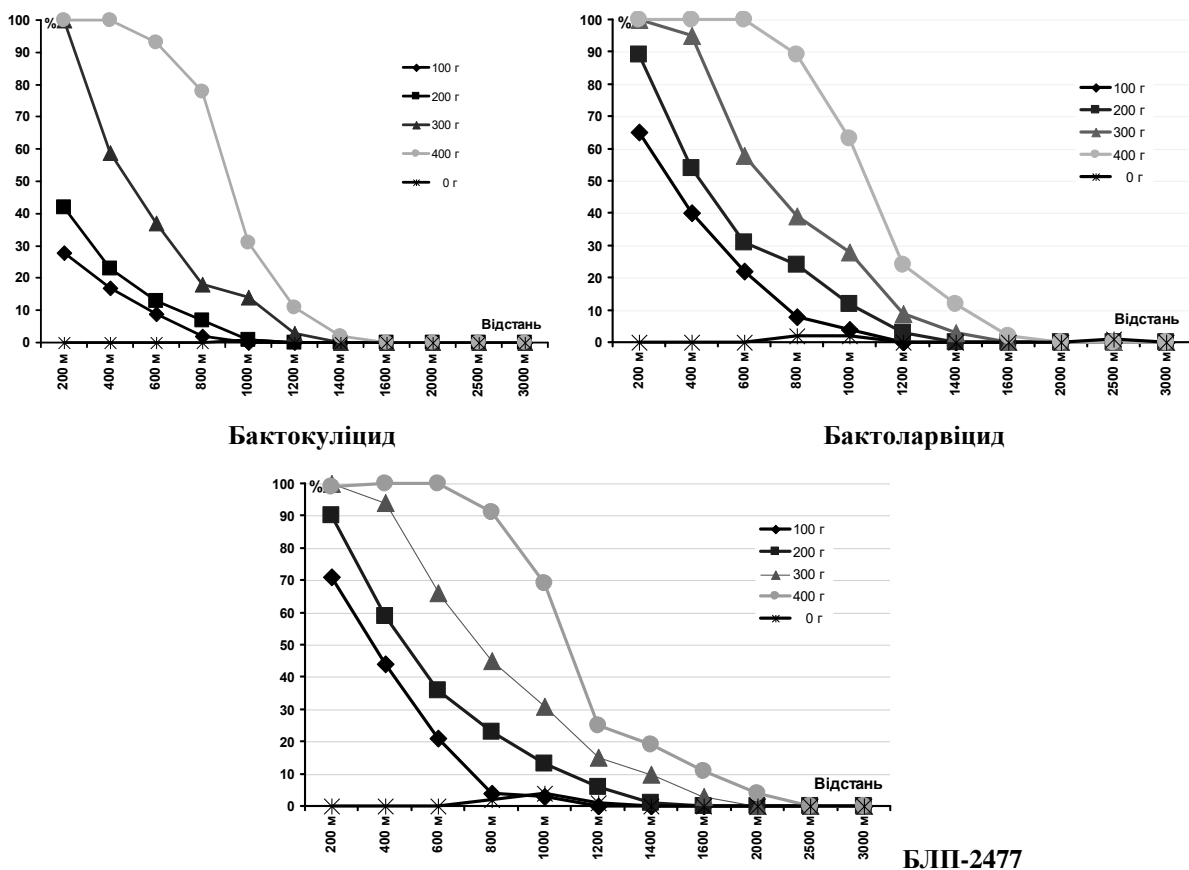


Рис. 2. Результати впливу на личинок мошок бакпрепаратів при 6-годинному введенні у меліоративні канали

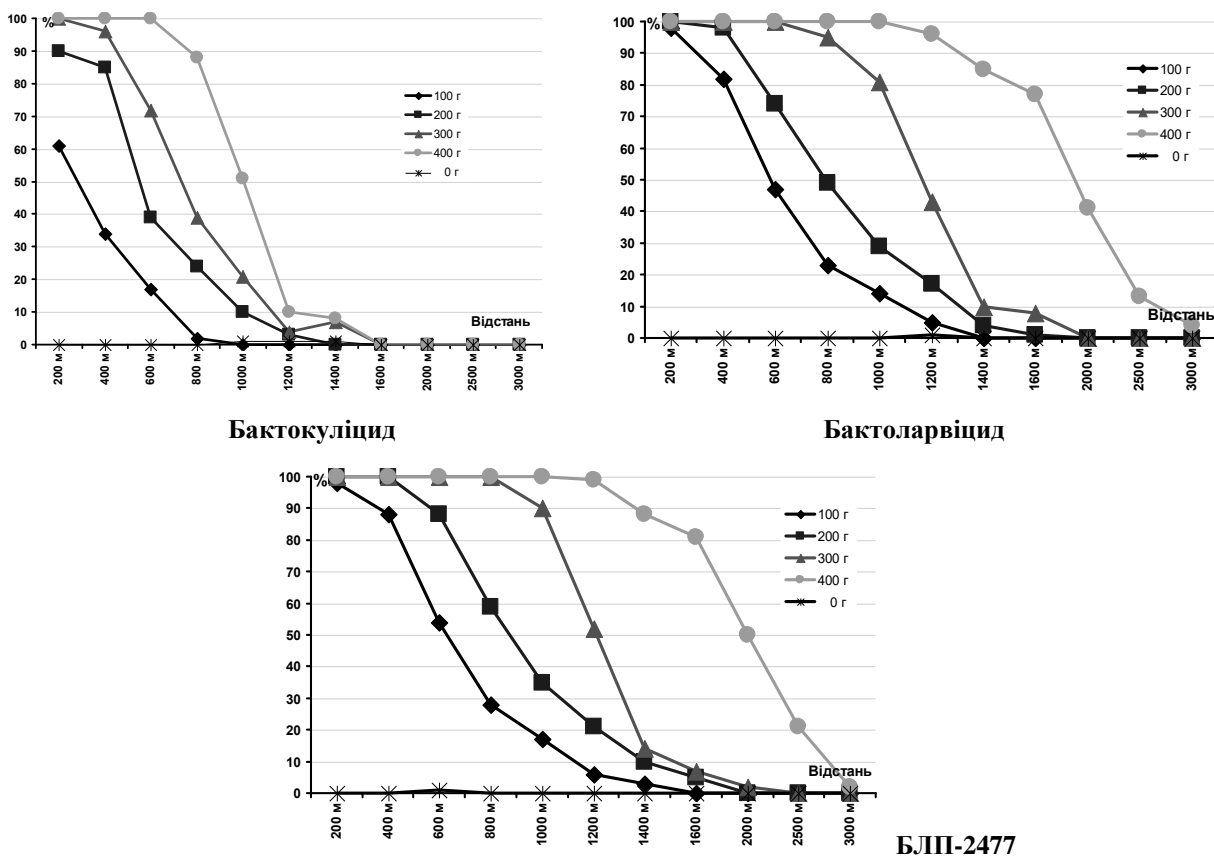


Рис. 3. Результати впливу на личинок мошок бакпрепаратів при 24-годинному введенні у меліоративні канали

ВИСНОВКИ

Таким чином, для контролю за чисельністю преімагінальних фаз розвитку мошок рекомендовано бакпрепарати БЛП-2477 і бактоларвіцид як найбільш ефективні. Оптимальною дозою для загибелі личинок мошок на відстані до 1,5 км у меліоративних каналах з руслом завширшки до 2 м, завглибшки – 0,5 м і швидкістю течії 0,7 м/с необхідно вважати 400 г препарату. Обробіток водою бакпрепаратами рекомендуємо проводити в кінці квітня – на початку травня на півдні Волинського Полісся і в середини та кінці травня на півночі регіону методом поступового введення препарату у водний потік. Використання бакпрепаратів у біль-

ших річках не вигідне. Використання хімічних препаратів у річках та великих меліоративних каналах для знищення водних фаз симуліїд вважаємо недоцільним, оскільки відбувається забруднення питної води, при цьому гинуть корисні гідробіоти, чисельність яких відновлюється досить повільно.

ПОДЯКИ

Автори щиро вдячні доктору біологічних наук, професору Капличу Валерію Михайловичу за надані зразки препаратів для проведення досліджень та консультації щодо організації та проведення робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Docile, T.; Figueiró, R.; Molina, O.; Gil-Azevedo, L.; Nessimian, J. Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on the Black Fly Communities (Diptera, Simuliidae) in Tropical Streams. *Neotropical Entomology* 2021, 50 (2), pp 269-281.
2. Stephens, M. S.; Overmyer, J.P.; Gray, E. W. Noblet R. Effects of algae on the efficacy of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* against larval black flies. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2004, 20 (2), pp 171-175.
3. Skovmand, O.; Kerwin, J.; Lacey, L. A. Microbial Control of Mosquitoes and Black Flies. In *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*; Lacey, L. A.; Kaya, H. K., Eds.; SPRINGER-SCIENCE+BUSINESS MEDIA, B.V.: USA, 2007; pp 735–750.
4. Gray, E.W.; Fusco, R. Chapter 25 – Microbial Control of Black Flies (Diptera: Simuliidae) With *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Microbial Control of Insect and Mite Pests From Theory to Practice* 2017, pp 367-377.
5. Rydzanicz, K.; Lonc, E. Bezpieczeństwo ekologiczne biocydów komarobójczych na bazie *Bacillus thuringiensis israelensis*. *Wiadomości Parazytologiczne* 2010, 56 (4), pp 305-314.
6. Nielsen-LeRoux, C.; Pasteur, N.; Pretre, J.; Charles, J.-F.; Sheikh, H. B.; Chevillon, C. High resistance to *Bacillus sphaericus* binary toxin in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae): The complex situation of West Mediterranean countries. *Journal of Medical Entomology* 2002, 39, pp 729–735.
7. Mulla, M. S.; Thavara, U.; Tawatsin, A.; Chomposri, J.; Su, T. Y. Emergence of resistance and resistance management in field populations of tropical *Culex quinquefasciatus* to the microbial control agent *Bacillus sphaericus*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2003, 19, pp 39–46.
8. Сухомлін, К. Б.; Зінченко, О. П. Мошки (Diptera: Simuliidae) Волинського Полісся Луцьк: РВВ “Вежа” ВДУ ім. Лесі Українки, 2007, с. 308.
9. Land, M.; Bundschuh, M.; Hopkins, R. J.; Poulin, B.; McKie, B. G. Effects of mosquito control using the microbial agent *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) on aquatic and terrestrial ecosystems: a systematic review. *Environmental Evidence* 2023 12, pp 1–27.
10. Jackson, J. K.; Horwitz, R. J.; Sweeney, B. W. Effects of *Bacillus thuringiensis israelensis* on Black Flies and Nontarget Macroinvertebrates and Fish in a Large River. *Transactions of the American Fisheries Society* 2011. 131 (5), pp 910–930.
11. Soroush, S.; Sarrafzadeh, M.-H.; Mostoufi, N. Modeling of Fermentation Process of *Bacillus thuringiensis* as a Sporulating Bacterium. *Chemical Product and Process Modeling* 2018, 14 (2) pp 489–496.
12. Каплич, В. М.; Сухомлін, Е. Б.; Зинченко, А. П. Определитель мошек (Diptera: Simuliidae) Полесья. Минск: Новое знание, 2012. с. 477.
13. Каплич, В. М.; Сухомлін, Е. Б. Зинченко, А. П. Мошки (Diptera: Simuliidae) смешанных лесов Европы. Минск: Новое знание, 2015. С. 464.
14. Лапач, С. Н.; Чубенко, А. В.; Бабич, П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. Киев : Морион, 2001. с. 408.