

doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.01.088>

УДК 612 – 54-114+632.953+631.461.5

**О.Г. Коваленко<sup>1</sup>, В.Н. Васильєв<sup>1</sup>,  
Н.І. Адамчук-Чала<sup>1</sup>, Л.В. Титова<sup>1</sup>, О.В. Карпенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, Київ

<sup>2</sup> Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглекімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Львів

E-mail: udajko@ukr.net

## **Штучні глікан-гліколіпідні комплекси як антивірусні засоби та ефектори мікробних препаратів на основі ризобій**

*Представлено членом-кореспондентом НАН України Г.О. Іутинською*

*Штучні глікан-гліколіпідні комплекси (ГГК), сформовані на основі глюкану з міцелію базидіального гриба *Ganoderma adspersum* (Schulzer) Donk, позаклітинного глюкуроноксидоманану базидіального гриба *Tremella mesenterica* Ritz.: Fr., манану з клітин *Candida maltosa* та рамнолініду *Pseudomonas* sp. PS-17 як допоміжного агента, а також фракції ГГК (ліпосоми і супернатант) проявляють інгібувальну активність проти вірусу тютюнової мозаїки (ВТМ) в рослинах дурману (*Datura stramonium* (L.)) та тютюну (*Nicotiana tabacum* (L.)), надчутливих до нього. Передпосівна обробка насіння сої (*Glycine max* (L.) Merr.) ГГК та препаратом ризобій сприяє зростанню стійкості рослин до ураження вірусними хворобами та відбиття листям характерного для хлорофілів спектра світла в польових умовах. Електронно-мікроскопічними дослідженнями в прикореневій зоні сої, обробленої ГГК, у фазі трьох справжніх листків виявлено структури типу ліпосом, що свідчить про збереження їх цілісності *in situ* та можливої участі в обмінних процесах у системі ґрунт–мікроорганізм–рослина. Бактеризація насіння, попередньо обробленого ГГК-З, культурою *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6018, сприяє підвищенню урожаю сої в польових експериментах.*

**Ключові слова:** глікан-гліколіпідні комплекси, ліпосоми, антивірусні засоби, вірус тютюнової мозаїки, вірус мозаїки сої, соєво-ризобіальний симбіоз, *Glycine max* (L.) Merr.

Віруси рослин досить поширені і є надзвичайно шкодочинними. Тому потреба у запобіганні вірусним хворобам є цілком очевидною та економічно обґрунтованою. Особливо важливим є вирішення цієї проблеми з огляду на інтенсифікацію сучасного сільського господарства, переважання монокультури і використання у технологіях рослинництва високих доз мінеральних добрив та пестицидів.

Створення засобів захисту рослин від патогенів часто нашоувхується на проблему подолання побічної дії препаратів, однією з найважливіших серед яких є їхня фітотоксичність. Цю проблему, на нашу думку, можна вирішити, використовуючи комплексні препарати на основі речовин біологічного походження, а також живі культури мікроорганізмів-симбіонтів, які мо-

© О.Г. Коваленко, В.Н. Васильєв, Н.І. Адамчук-Чала, Л.В. Титова, О.В. Карпенко, 2017

жуть позитивно впливати на метаболічні процеси рослин. У цьому сенсі цікавими є бульбочкові бактерії родини *Rhizobiaceae*, які сприяють підвищенню продуктивності бобових культур.

Відомо, що бактерії та вищі гриби продукують ряд біологічно активних речовин, серед яких особливий інтерес дослідників викликають глікани і гліколіпіди, що мають антивірусні, антимікробні та протипухлинні властивості. Нещодавно нами було встановлено зростання біологічної активності цих речовин у разі сумісного застосування їх на рослинах, що може бути обумовлено різними механізмами дії інгредієнтів досліджуваних комплексів на збудників хвороб та рослин-хазяїв [1].

З іншого боку, відомо, що ризобії, зокрема *Bradyrhizobium japonicum*, здатні індукувати у партнера утворення бульбочок, в яких відбувається процес фіксації атмосферного азоту, і, отже, покращення азотного живлення бобових рослин. На основі *B. japonicum* УКМ В-6018 створено інукулянт, який позитивно впливає не лише на урожайність, але й на структуру та метаболічну активність ризосферного мікробіоценозу сої [2, 3]. У зв'язку з цим, важливо було з'ясувати вплив створених нами глікан-гліколіпідних комплексів (ГГК), компоненти яких, за нашим припущенням, можуть відігравати важливу роль у адгезії та метаболічній активності бактерій-симбіонтів, на формування соєво-ризобіального симбіозу і продуктивність сої.

У зв'язку з вищесказаним ми ставили за мету вивчення дії розроблених глікан-гліколіпідних комплексів (ГГК) на розвиток та сприйнятливість рослин сої до вірусної інфекції, а також на ефективність бобово-ризобіальних систем.

**Об'єктами досліджень** були: бульбочкові бактерії сої *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6018, рослини сої (*Glycine max* (L.) Merr.) сорту Анжеліка, вірус тютюнової мозаїки (ВТМ), штам U<sub>1</sub>, культивованій в клітинах надчутливого до нього мутанта тютюну (*Nicotiana tabacum* L.) сорту Імунний 580, надчутливі до ВТМ рослини дурману (*Datura stramonium* L.) та тютюну сорту Імунний 580.

Досліджували штучні ГГК, що включали: глюкан з міцелію базидіального гриба *Ganoderma adspersum* (Schulzer) Donk, позаклітинний глюкуроноксилومانан (ГКМ) базидіального гриба *Tremella mesenterica* Ritz.: Fr., манан з клітин *Candida maltosa*, а також рамноліпід, виділений з культуральної рідини *Pseudomonas* sp. PS-17. Глікани та гліколіпіди отримували за методиками, описаними нами раніше [4-5]. Надмолекулярні структури типу ліпосом з перелічених речовин формували за методикою [6] з деякими модифікаціями, що стосувалися підбору співвідношень взаємодіючих речовин та умов їх компонування. Концентрації інгредієнтів підбирали на основі попереднього тестування їх активності щодо ВТМ і нешкідливості щодо проростків тютюну та сої [1, 4]. Досліджували такі ГГК (у дужках вказано концентрацію інгредієнта, г/л):

ГГК-1: ГКМ *T.mesenterica* (2) + рамноліпід *Pseudomonas* sp. (0,1);

ГГК-2: манан *C. maltosa* (0,5) + рамноліпід *Pseudomonas* sp. (0,1);

ГГК-3: глікан *G. adspersum* (0,5) + рамноліпід *Pseudomonas* sp. (0,1);

ГГК-4: ГКМ (0,7) + манан (0,17) + глікан (0,17) + рамноліпід *Pseudomonas* sp. (0,1).

**Оцінка антивірусної активності ГГК.** Визначення антивірусної активності ГГК (*in vitro* та *in vivo*) проводили на рослинах дурману (*Datura stramonium* (L.)) та тютюну (*Nicotiana tabacum* (L.)). Для попередньої оцінки антивірусної активності отриманих ГГК і окремих фракцій *in vitro* їхні водні розчини в різних концентраціях (0,01—1 мг/мл) додавали

до суспензії ВТМ (10 мкг/мл), інкубували 30 хв та інфікували ліві половинки листків *D. stramonium*, праві половинки інфікували вірусом у тій же концентрації без ГГК. Індукторні властивості ГГК *in vivo* досліджували на рослинах тютюну сорту Імунний 580 за методами, описаними нами раніше [4].

**Вегетаційні та польові дослідження із соєю.** Сою вирощували в теплиці за природних умов освітлення і температури; вологість ґрунту підтримувалась на рівні 60 % повної вологоємності. Польові експерименти проводили на дослідному полі Інституту мікробіології і вірусології НАН України. Морфолого-функціональні показники рослин визначали у фазі трьох справжніх листків, уражуваність вірусом — у фазах бутонізації і цвітіння.

**Обробка насіння сої.** ГГК та їхні фракції (ліпосоми та супернатант, що залишилися після відокремлення ліпосомальної фракції препарату за допомогою центрифугування при 10000 g, 15–20 хв) застосовували на стадії передпосівної обробки насіння сої сорту Анжеліка окремо та в комбінації з препаратом ризобій сої, яким інокулювали насіння, попередньо оброблене ГГК. Замочування насіння водними розчинами ГГК у наведених вище концентраціях та/або менших у 10 разів тривало 8–10 год. Для приготування інокулянту *V. japonicum* УКМ В-6018 вирощували на кругових качалках (220 об./хв) при 26–28 °С протягом 96 год у рідкому манітно-дріжджовому середовищі такого складу, г/л: маніт — 10,0; дріжджовий екстракт — 2,0; кальцію глюконат — 1,5;  $K_2HPO_4$  — 0,5;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  — 0,2; NaCl — 0,1;  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  — 0,01; рН 7,2. Застосовували бактеріальне навантаження  $10^8$  кл./на насінину у варіантах з попередньою обробкою і без обробки ГГК, у контрольному варіанті насіння обробляли водою.

Після обробки насіння просушували на повітрі та висівали в ґрунт. Проводили фенологічні спостереження за рослинами, розвитком симптомів вірусного ураження, а також визначали наявність і розташування ГГК, їхніх елементів та мікроорганізмів у ґрунті.

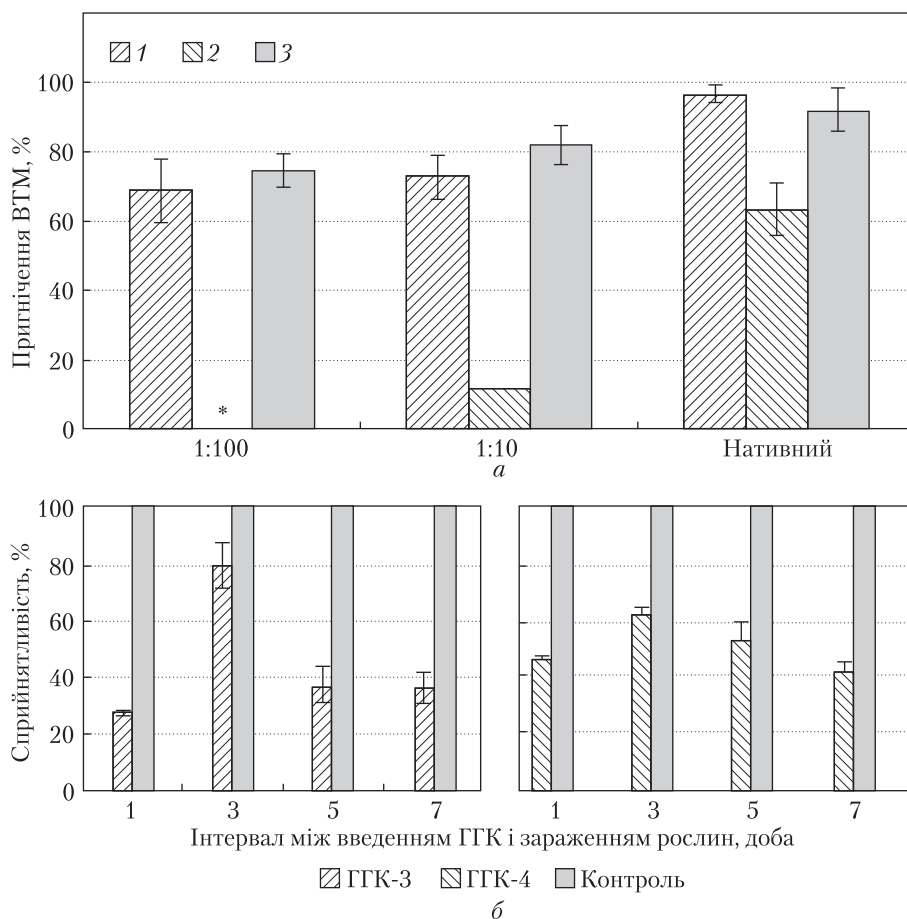
**Еколого-фізіологічні дослідження.** Для дослідження мікроорганізмів та ГГК у ґрунт прикореневої зони вміщували плівки поліетилентерефталату (ПЕТ) розміром 1 × 5 см, розташовували їх уздовж головного кореня сої. Попередньо плівки стерилізували етанолом. Експозицію проводили протягом 10 діб з метою отримання на ПЕТ-плівках обростання мікробною асоціацією.

Після вилучення ПЕТ-плівку фіксували в парах глютаральдегіду і тетроксиду осмію, полімеризували в суміші епоксидних смол, нарізали на мікротомі LKB (Швеція) і аналізували за допомогою трансмісійного електронного мікроскопа JEOL JEM-1400. Досліджували по 10 полів зору на п'яти ділянках біоплівки на відстані 1 мм один від одного.

Морфофункціональну організацію фотосинтетичного апарату сої досліджували за методикою, описаною нами раніше [3].

Результати підрахунку некрозів, викликаних ВТМ на листках тютюну та дурману, кількості уражених рослин сої і показники урожайності останньої піддавали статистичній обробці за загальновідомими параметричними критеріями достовірності різниць величин у досліді і контролі [4].

**Результати та їх обговорення.** Сформовані нами ГГК мали вигляд опалесціюючих, деколи слабко забарвлених водних емульсій, стійких при зберіганні за умов кімнатної і низької (від +2 °С) температур і при розведенні водою (рН 6,0–6,5). У світловому мікроскопі отримані структури мали вигляд кульок розміром від 0,1 до 2 мкм. Ступінь включення глі-

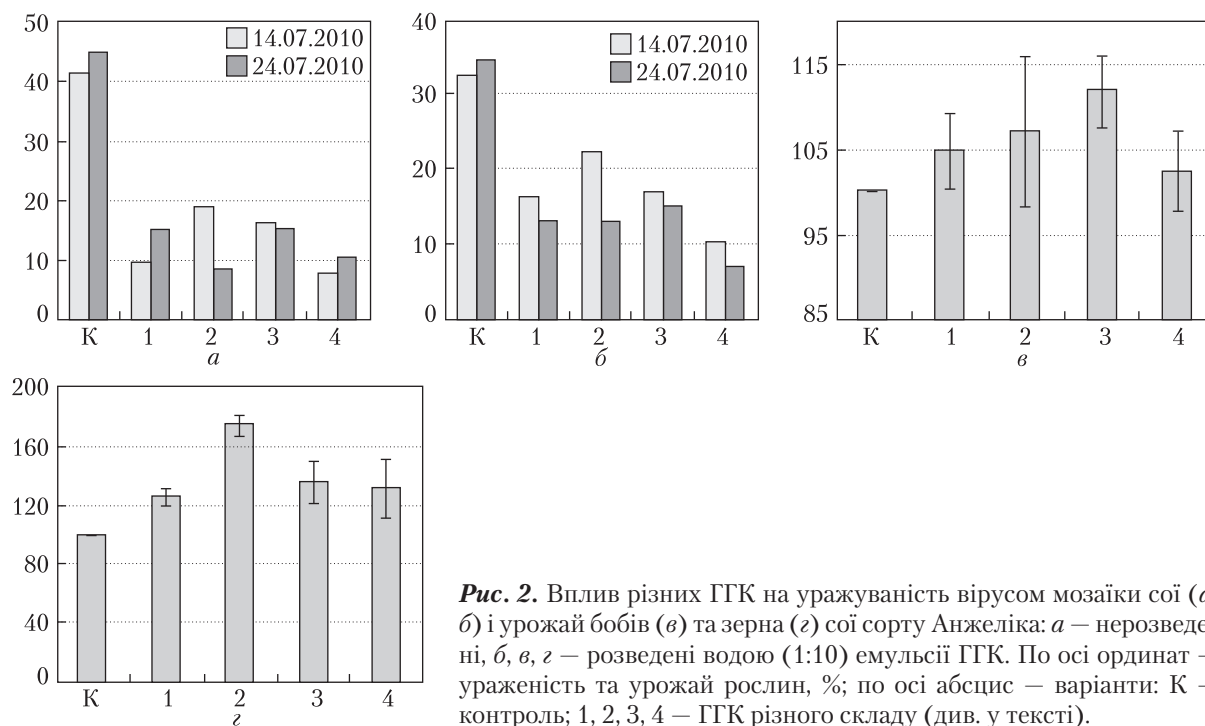


**Рис. 1.** Ефективність дії ГГК щодо ВТМ: *а* – пригнічення інфекційної ВТМ на рослинах дурману при додаванні до інокулюму ГГК-3 (3) і його фракцій, % від контролю (1 – супернатант; 2 – ліпосоми), \* пригнічення ВТМ не відбувалося; *б* – стійкість до інфекції ВТМ, індукована ГГК-3 та ГГК-4 в рослинах тютюну Імунний 580, надчутливих до цього вірусу, концентрація ГГК – 1 г/л

канів у ГГК варіював у межах 20–25 % загальної кількості полісахариду, основна маса якого залишалась у водному розчині (середовище).

Дані лабораторних дослідів показали, що обидві фракції ГГК є антивірусно активними (рис. 1, *а*). Деяко нижчі значення пригнічення інфекційності ВТМ фракцією ліпосом (2) порівняно із супернатантом (1) пов'язані, очевидно, з тим, що частка «включеного» у ліпосоми глікану порівняно з такою вільного, що залишився у середовищі, у 4–5 разів нижча. Проте глікан у складі ліпосом може бути активніший за вільний завдяки кращій доставці його до мішеней. Тому в подальших експериментах з випробування біологічної активності ГГК ми використовували сумарні препарати, що містять зв'язаний глікан у ліпосомах і вільний глікан у супернатанті (ГГК-3, ГГК-4).

ГГК-3 та ГГК-4 були випробувані нами як індуктори стійкості рослин тютюну до ВТМ і виявились ефективними захисними агентами (див. рис. 1, *б*). Антивірусна активність їх щодо ВТМ проявлялася протягом 7 діб та забезпечувала 40–70 % захисту рослин від експериментальної інфекції.



**Рис. 2.** Вплив різних ГПК на уражуваність вірусом мозаїки сої (а, б) і урожай бобів (в) та зерна (г) сої сорту Анжеліка: а – нерозведені, б, в, г – розведені водою (1:10) емульсії ГПК. По осі ординат – ураженість та урожай рослин, %; по осі абсцис – варіанти: К – контроль; 1, 2, 3, 4 – ГПК різного складу (див. у тексті).

**Таблиця 1.** Вплив ГПК-3 та його фракцій на ріст і врожайність рослин сої сорту Анжеліка за умов передпосівної обробки насіння (вегетаційний дослід)

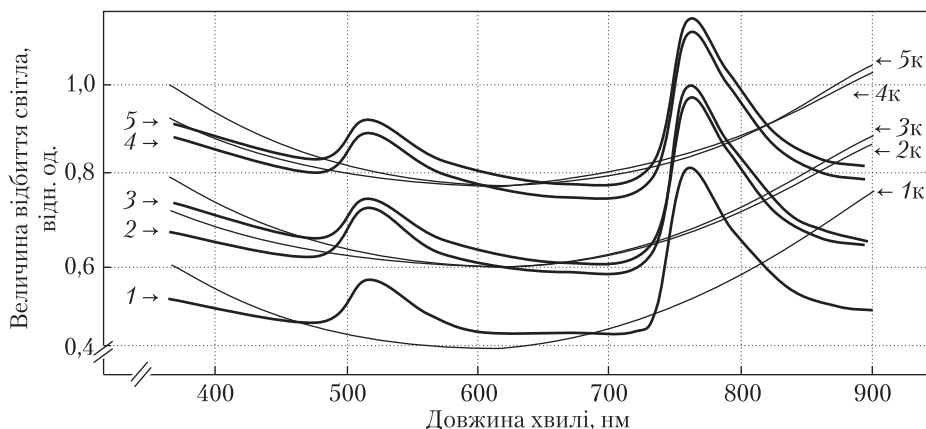
Показник	Контроль	ГПК-3	Фракція ГПК-3	
			Ліпосоми	Супернатант
Висота рослин (стадія бутонізації)				
см	32,9 ± 0,3	42,8 ± 0,2	53,7 ± 0,3	46,8 ± 0,4
%	100	119,2 **	163,2 ***	142,2 **
Маса бобів				
г/росл.	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,3	5,0 ± 1,0	6,1 ± 0,5
%	100	104,4	119,0 *	145,2 ***

\*  $p \leq 0,05$ . \*\*  $0,05 \geq p > 0,01$ . \*\*\*  $0,01 \geq p > 0,001$ .

**Таблиця 2.** Зміни мезофілу листка сої сорту Анжеліка за умов дії фракцій ГПК-3 і інокулянту

Вариант	Площа листка, мм <sup>2</sup>	Товщина мезофілу, мкм	Товщина палисадного шару, мкм	Коефіцієнт палисадності
Контроль (вода)	13 546 ± 116	123,83 ± 6,24	105,54 ± 5,21	0,15
Супернатант	13 549 ± 117	130,17 ± 7,25	104,73 ± 5,28	0,20
Ліпосоми	13 417 ± 116	131,19 ± 8,26	109,26 ± 7,23	0,17
Ризобін	21 828 ± 148	142,35 ± 5,69	101,09 ± 7,88	0,29
Ризобін + ліпосоми	22 625 ± 144	187,54 ± 6,23	101,80 ± 5,86	0,45

Примітка.  $p \leq 0,05$ .



**Рис. 3.** Спектри відбиття світла листками сої, вирощеної за умов обробки насіння ГГК-3 та Ризобіном. 1–5 – спектри відбиття світла листками сої у варіантах: 1 – контроль, 2 – середовище ГГК-3, 3 – ліпосоми ГГК-3, 4 – Ризобін, 5 – Ризобін+ліпосоми ГГК-3; 1к–5к – калібрувальні криві відповідних варіантів

Як згадано вище, випробувані ГГК у своєму складі містили глікани в ліпосомах і вільні глікани в супернатанті, що не ввійшли до складу ліпосом. Встановлено, що обидві складові ГГК-3 справляли позитивний вплив на ріст і продуктивність сої, причому більш істотний вплив на ріст рослин здійснювала ліпосомна фракція, а на приріст урожаю – супернатант (табл. 1).

Передпосівна обробка насіння сприяла підвищенню стійкості сої до ураження вірусною інфекцією у польових умовах (рис. 2, а, б). Причому, у варіантах з обробкою ГГК був отриманий і більший урожай: маса бобів у дослідних варіантах на 5–12 %, а насіння – на 20–70 % була вищою, ніж у контролі (див. рис. 2, в, г).

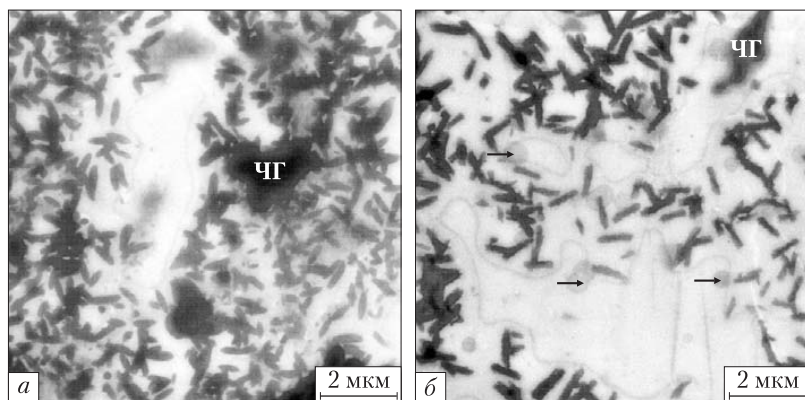
У польових дослідях нами встановлена позитивна дія комбінованого застосування ГГК-3 та інокулянту на формування фотосинтетичного апарату сої.

Комбіноване застосування ГГК-3 з мікробним препаратом істотно вплинуло на морфолого-фізіологічні характеристики листової пластинки четвертого листка сої (табл. 2). Найбільшу площу листової пластинки, а також товщину шару мезофілу виявлено у варіанті обробки насіння ризобіями і ліпосомальною фракцією ГГК-3.

Головну фотосинтетичну функцію мезофілу листка виконують, як відомо, клітини палісадного мезофілу, а ступінь його диференціювання характеризує коефіцієнт палісадності, що розраховується за співвідношенням різниці товщини мезофілу і палісадного шару до товщини мезофілу. За нашими даними, товщина палісадного шару достовірно не відрізнялась у всіх дослідних варіантах, а значення коефіцієнта палісадності було більшим від контрольного. Найвищий коефіцієнт виявлено у варіанті комбінованої дії інокулянту і ліпосомальної фракції ГГК-3 (див. табл. 2).

Відомо, що періоди максимальної диференціації характеристик спектрів відбиття світла листками рослин залежать від фаз вегетації, які є визначальними для формування продуктивності рослин [7, 8].

Найбільша інтенсивність відбиття світла хлорофілами (у фазі формування третього справжнього листка) сої виявлена на 520 і 760 нм (рис. 3). Цей показник у дослідних варіан-



**Рис. 4.** Панорамний знімок мікробіоценозу ризосфери сої за умов інокуляції *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6018: *a* – без обробки (контроль); *b* – з попередньою обробкою насіння ліпосомальною фракцією ГПК-3. Електронна трансмісійна мікроскопія (JEOL JEM – 1400); ЧГ – частинки ґрунту, стрілками вказані ліпосоми

тах був вищим, ніж у контролі. Зростання максимумів відбиття світла на зазначених довжинах хвиль зафіксовані у спектрограмах листя рослин у разі бактеризації насіння і, особливо, у варіанті комбінованої обробки насіння ліпосомальною фракцією ГПК-3 та Ризобіном.

За результатами аналізу панорамних знімків ризосфери сої із застосуванням методу біоплівки обростання та електронної мікроскопії виявлені дрібні часточки ґрунту розміром 2–5 мкм у вигляді глобулярних агрегатів, пронизаних порами та капілярами (рис. 4). Мікроорганізми розташовувались поодинокі або невеликими колоніями (20–100 клітин у кожній). Щільність мікроколоній була найбільшою у варіанті з інокуляцією (див. рис. 4, *a*). У варіанті з попередньою обробкою насіння ліпосомальною фракцією ГПК-3 (див. рис. 4, *b*) у ризосферному ґрунті спостерігали окремі сферичні структури типу ліпосом (17 %) та їх комплекси з бактеріями (10 %) або мікроколоніями (21 %), а також – автономно в капілярах (52 %).

Таким чином, комбіноване застосування ГПК-3 з мікробним препаратом істотно вплинуло на морфологічні характеристики листової пластинки сої. Найбільшу площу листка, а також товщину шару мезофілу виявлено у разі обробки насіння інокулянтном і ліпосомальною фракцією ГПК-3.

Комбінування біопрепаратів, що містять бактерії-мікросимбіонти сої, зі штучними ГПК сприяє підвищенню стійкості рослин сої до фітопатогенних вірусів та зростанню ефективності соєво-ризобіального симбіозу. На цьому шляху, на нашу думку, можуть бути створені новітні дієві засоби захисту рослин від вірусних хвороб як вагомий компонент у загальній системі підвищення продуктивності бобових культур.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Kovalenko O.G., Kirichenko A.M., Shepelevich V.V., Karpenko O.V., Vildanova-Martchysheva R.I., Scheglova N.S. Complex preparations as means of plants recovery and protection against viral infections // Вісн. КНУ. Сер. Біол. – 2008. – 51. – С. 35–77.
2. Tytova L.V., Brovko I.S., Kizilova A.K., Kravchenko I.K., Iutynska G.A. Effect of complex microbial inoculants on the number and diversity of rhizospheric microorganisms and the yield of soybean // Int. J. Microbiol. Res. – 2013. – 4, No 3. – P. 267–274.
3. Адамчук-Чала Н.І., Титова Л.В., Иутинская Г.А. Микробные пейзажи ризосферы сои при интродукции различных инокулянтов // Мікробіологія і біотехнологія. – 2014. – № 3. – С. 40–48.
4. Kovalenko O.G., Polishchuk O.N., Wasser S.P. Virus resistance induced by glucuronoxylomannan isolated from submerged cultivated yeast-like cell biomass of medicinal yellow brain mushroom *Tremella mesenterica* Ritz.:

- Fr. (Heterobasidiomycetes) in hypersensitive host plants // Int. J. Med. Mushrooms. — 2009. — **11**, No 2. — P. 199—205.
5. Карпенко Е.В., Покин'брода Т.Я., Макитра Р.Г., Пальчикова Е.Я. Оптимальные методы выделения биогенных поверхностно-активных рамнолипидов // Журн. общ. химии. — 2009. — № 12. — С. 2011—2015.
6. Pat. US 4902512 A. Rhamnolipid liposomes patent / Y. Ishigami, Y. Gama, H. Nagahora, T. Hongu, M. Yamaguchi. — Publ. 20.02.1990.
7. Братченко И.А., Воробьёва Е.В., Захаров В.П., Тимченко П.Е., Котова С.П. Экспериментальные исследования и математическое моделирование оптических характеристик растительной ткани // Изв. Самар. науч. центра РАН. — 2007. — **9**, № 3. — С. 620—625.
8. Шадчина Т.М. Наукові основи дистанційного моніторингу стану посівів зернових / Відпов. ред. В.В. Моргун; НАН України, Інститут фізіології рослин і генетики. — Київ: Фітосоціоцентр, 2001. — 220 с.

Надійшло до редакції 29.06.2016

## REFERENCES

1. Kovalenko O.G., Kirichenko A.M., Shepelevich V.V., Karpenko O.V., Vildanova-Martchysheva R.I., Scheglova N.S. Visnyk KNU. Ser. Biol., 2008, **51**: 35—77.
2. Tytova L.V., Brovko I.S., Kizilova A.K., Kravchenko I.K., Iutynska G.A. Int. J. Microbiol. Res., 2013, **4**, No 3: 267—274.
3. Adamchuk-Chala N.I., Tytova L.V., Iutynska G.O. Microbiology and biotechnology, 2014, No 3: 40 — 48 (in Russian).
4. Kovalenko O.G., Polishchuk O.N., Wasser S.P. Int. J. Med. Mushrooms, 2009, **11**, No 2: 199—205.
5. Karpenko O.V., Pokin'broda T.Ya., Makitra R.G., Palchikova O. Ya. Zh. Obshchey Khimii, 2009, № 12: 2011—2015 (in Russian).
6. Pat. US 4902512 A. Rhamnolipid liposomes patent / Y. Ishigami, Y. Gama, H. Nagahora, T. Hongu, M. Yamaguchi, Publ. 20.02.1990.
7. Bratchenko I.A., Vorob'eva E.V., Zaharov V.P., Tymchenko P.E., Kotova S.P. Digest of Samara's scientific centre of Russian academy of Science, 2007, **9**, No 3: 620—625 (in Russian).
8. Shadchina T.M. Scientific bases of remote monitoring of grain crops state, Kiev, Phytosociocentre, 2001 (in Ukraine).

Received 29.06.2016

А.Г. Коваленко<sup>1</sup>, В.Н. Васильев<sup>1</sup>,  
Н.И. Адамчук-Чалая<sup>1</sup>, Л.В. Титова<sup>1</sup>, Е.В. Карпенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины, Киев

<sup>2</sup> Отделение физико-химии горючих ископаемых Института физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненка НАН Украины, Львов

E-mail: udajko@ukr.net

## ИСКУССТВЕННЫЕ ГЛИКАН-ГЛИКОЛИПИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК АНТИВИРУСНЫЕ СРЕДСТВА И ЭФФЕКТОРЫ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ РИЗОБИЙ

Искусственные гликан-глицолипидные комплексы (ГГК), сформированные на основе глюкана из мицелия базидиального гриба *Ganoderma adspersum* (Schulzer) Donk, внеклеточного глюкуронооксиломанна базидиального гриба *Tremella mesenterica* Ritz. Fr., маннана из клеток *Candida maltosa* и рамнолипида *Pseudomonas* sp. PS-17 как вспомогательного агента, а также фракции ГГК (липосомы и супернатант) проявляют ингибирующую активность против вируса табачной мозаики (ВТМ) растений дурмана (*Datura stramonium* (L.)) и табака (*Nicotiana tabacum* (L.)), сверхчувствительных к нему. Предпосевная обработка семян сои (*Glycine max* (L.) Merr.) ГГК и препаратом ризобий способствует возрастанию устойчивости растений к поражению вирусными инфекциями и отражения листьями характерного для хлорофиллов спектра света в полевых условиях. Электронно-микроскопическими исследованиями в прикорневой зоне



сои, обработанной ГГК, в фазе трех настоящих листьев обнаружены структуры типа липосом, что свидетельствует о сохранении их целостности *in situ* и возможном участии в обменных процессах в системе почва — микроорганизмы — растение. Бактеризация семян, предварительно обработанных ГГК-3, культурой *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6018, способствует увеличению урожая сои в полевых экспериментах.

**Ключевые слова:** гликан-гликолипидные комплексы, липосомы, противовирусные средства, вирус табачной мозаики, вирус мозаики сои, соево-ризобияльный симбиоз, *Glycine max* (L.) Merr.

O.G. Kovalenko<sup>1</sup>, V.M. Vasilev<sup>1</sup>, N.I. Adamchuk-Chala<sup>1</sup>, L.V. Tytova<sup>1</sup>, E.V. Karpenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NAS of Ukraine, Kiev

<sup>2</sup>Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels InPOCC of the NAS of Ukraine, Lviv

E-mail: udajko@ukr.net

#### ARTIFICIAL GLYCAN-GLYCOLIPID COMPLEXES AS ANTIVIRAL MEANS AND EFFECTORS OF MICROBIAL FORMULATION ON THE BASE OF RHIZOBIA

Artificial glycan-glycolipid complexes (GGC) formed on the base of glucan from the mycelium of basidiomycota fungi *Ganoderma adspersum* (Schulzer) Donk, extracellular glucouronoxylomannan of basidiomycota fungi *Tremella mesenterica* Ritz. Fr., mannan from *Candida maltosa* cells, and ramnolipid of *Pseudomonas* sp. PS-17 as a compound agent, and GGC fractions (liposomes and supernatant) have an inhibiting activity against virus of tabacum mosaic (VTM) of datura (*Datura stramonium* (L.) and tabacum (*Nicotiana tabacum* L.) plants up-sensitive to this virus. Under by the treatment of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seeds bioformulations, the plant resistance to mosaic virus infections (diseases) and the reflection of leaf light spectra, which characterized of chlorophylls under field conditions are increased. By electron-microscopy investigations, the structures as type as liposomes were found out in the near-root plant zone, it can indicate on their influence to the processes of plant–rhizospheric microorganisms interactions. Seeds bacterization by *Bradyrhizobium japonicum* UCM В-6018 in combination with GGC-3 preparation promotes the crop increase in field experiments.

**Keywords:** glycan-glycolipid complex, liposomes, antiviral means, virus of tobacco mosaic virus, virus of soybean mosaic, soybean-rhizobium symbiosis, *Glycine max* (L.) Merr.