ІНСТИТУТ МІКРОБІОЛОГІЇ І ВІРУСОЛОГІЇ
ІМ. Д.К. ЗАБОЛОТНОГО НАН УКРАЇНИ

Цикл наукових праць

на здобуття щорічної премії Президента України

для молодих учених по темі

ХВОРОБИ СОЇ: ДІАГНОСТИКА, БІОКОНТРОЛЬ, ПРОФІЛАКТИКА

Київ, 2019

Автори циклу робіт

БУЛИГІНА Тетяна Володимирівна – кандидат біологічних наук, в.о. наукового співробітника відділу біохімії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

ГНАТЮК Тетяна Тарасівна - провідний інженер відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

КИСЛИНСЬКА Анна Сергіївна - кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник лабораторії рослинно-мікробної взаємодії Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України

БОЙКО Марія Вікторівна - асистент кафедри екобіотехнології та біорізноманіття Національного університету біоресурсів і природокористування України, здобувач

Метою роботи було проведення моніторингу хвороб сої, ідентифікації збудників, з’ясування механізмів взаємодії бактерій-збудників і рослини-хазяїна та розробка профілактичних заходів для боротьби зі шкідниками.

Відповідно до поставленої мети сформульовані наступні **завдання**:

- Провести системний моніторинг поширення збудників бактеріозів сої в кліматичних зонах України та виділити з уражених тканин штами бактерій для подальшого їх вивчення;
- Охарактеризувати морфологічні та культуральні властивості, визначити жирнокислотний склад загальних клітинних ліпідів нових ізольованих штамів *Pantoea agglomerans* у порівнянні з колекційними штамами та охарактеризувати чутливість представників основних збудників бактеріальних захворювань сої до ряду препаратів хімічного походження;
- виділити, очистити та хімічно охарактеризувати ЛПС, а також їх структурні компоненти (ліпіди А та О-специфічні полісахариди) із представників *P. agglomerans,* ізольованих з різних географічних зон та різних рослин-хазяїв;
- вивчити деякі аспекти біологічної активності ЛПС (токсичність, пірогенність, адгезивність) та оцінити вплив ЛПС *P. agglomerans* на протеолітичну активність представників роду *Bacillus*.
- виявити здатність *Chaetomium cochliodes* колонізувати кореневу зону рослин сої, дослідити метаболічну відповідь рослин сої на інтродукцію *C. cochliodes* в кореневу систему та перевірити здатність досліджених штамів цього гриба до синтезу рістрегулюючих речовин та з'ясувати роль їх метаболітів при утворені рослинно-мікробної асоціації;
- провести ідентифікацію штаму-продуцента *Bacillus thuringiensis* $87/_3$ за нуклеотидною послідовністю гена 16S рРНК і встановити його біотехнологічні перспективи та аспекти використання щодо фітопатогенних мікроміцетів роду *Fusarium, Venturia* ssp.

Фітопатологічний аналіз зразків сої

Роки	Зразки			Кількість ізолятів				
	проаналізовано	З яких ізольовано бактерій	Ізольовано для подальшого вивчення	Жовтопігментні			Сіро-білі, напів-прозорі, типу *Pseudo-monas*	білі, не прозорі
				типу *Pantoea agglo-merans*	типу *Xantho-monas*	типу *Curtobac-trium*		
2010	148	113	92	18	24	9	39	2
2011	132	98	77	12	18	7	34	6
2012	318	202	132	8	33	17	61	13
2013	635	468	307	36	63	41	130	46
2014	175	137	72	7	21	10	22	12
2015	110	95	60	9	19	10	20	2
2016	112	80	63	7	22	8	24	2
2017	90	78	57	8	18	10	20	1
Всього	1729	1271	860	105	218	112	350	84

Вірулентні властивості ізольованих штамів ізолятів типу *Pantoea agglomerans* при штучному інокулюванні сої

Ізоляти		Інокулювання		
		Стебло	листя	боби
Новоізольо-вані штами	38 штама	3	- або +	2
	49 штамів	3-4	- /2	2-3
	22 штама	3-4	- або +	- або +
5 колекційних штамів		3	- або +	+ або 2

Прояв симптомів захворювання рослин сої на смугастість стебла на різних фазах росту

Головні фази	Симптоми
Від сходів до цвітіння	на черешках, жилках листя, стеблі - коричневі або чорні подовжені плями та короткі смуги
квітнення, формування бобів, початок наливу насіння	- на нижній частині стебла з'являються червоно-коричневі, пурпурові, іноді мокнучі подовжені плями та смуги. Ураження на стеблах особливо характерні, так як вони поступово охоплюють усе стебло. При сильному ураженні інфекція проникає у паренхіму і рослина гине; - подовжені чорно-коричн. некрози по всьому стеблу; - початок розповсюдження чорних плям по стеблу 5-10 мм. Хвороба проявляється у вигляді червоно-коричневих, видовжених плям і смуг, які згодом чорніли і розповсюджувались по всьому стеблу, черешкам і жилкам. Інфекція проникає до паренхіми, внутрішня тканина набуває часто яскраво-помаранчового або чорного кольорів.
Від початку наливу зерна до кінця дозрівання	- розповсюдження некротичних смуг та переломи; - подовжені чорно-коричневі некрози по всьому стеблу.

Бактеріальна смугастість стебла сої (*Pantoea agglomerans*). Природнє ураження.

Моніторинг *Pantoea agglomerans* на посівах сої 2003-2014 рр

Фізіолого-морфологічні та біохімічні *Pantoea agglomerans* властивості ізолятів типу

Фізіолого-біохімічні властивості	Новоізольовані штами типу *P.agglomerans*	Колекційні штами	
		P.agglomerans 8415	*X. axonopodis* pv. *glycines* 3, 9075.
1	2	3	4
Рухливість	+	+	+
Фарб. за Грамом	-	-	-
Оксидаза	-	-	-
Редукція нітратів	-	-	-
Лакмусова сиров.	Л	Л	К
Використ. молока	З	З	З /П
Утворення H_2S	-	-	+
Гідроліз желатини	+	+	-
Використання:			
Глюкози аеробно	К	К	-/+
Сахарози	К	К	К
Лактози	-	-	К
Мальтози	К	К	К
Рамнози	К	К	-
Галактози	К	К	-/К
Арабіноза	К	К	К
Ксилози	К	К	К
Манніт	К	К	-/ К

Примітки: “ – “ – відсутність ознаки; п – пептонізація; з – згортання, к – утворення кислоти; л – утворення лугу;

1	2	3	3
Дульцит	-	-	-
Пігмент	жовтий	жовтий	жовтий
глюкоза анаеробно	К	К	-

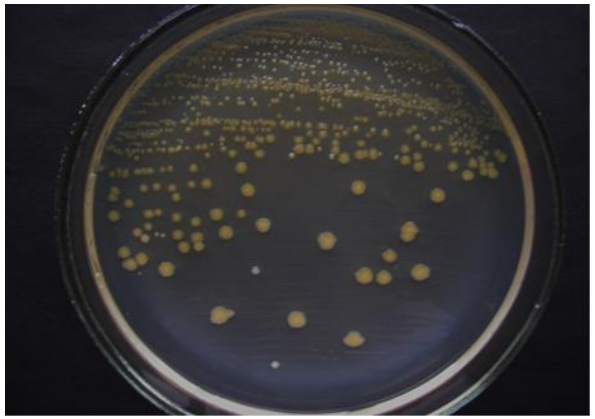
За одержаними результатами досліджувані культури подібні до *P. agglomerans*:

❖ колекційні штами

- 8435 на 93%,
- 8490 – 95%,
- 9185- 94%,

❖ новоізольовані

- 4к та 40мж - 98%,
- 6вж - 95%,
- 9м – 95%.



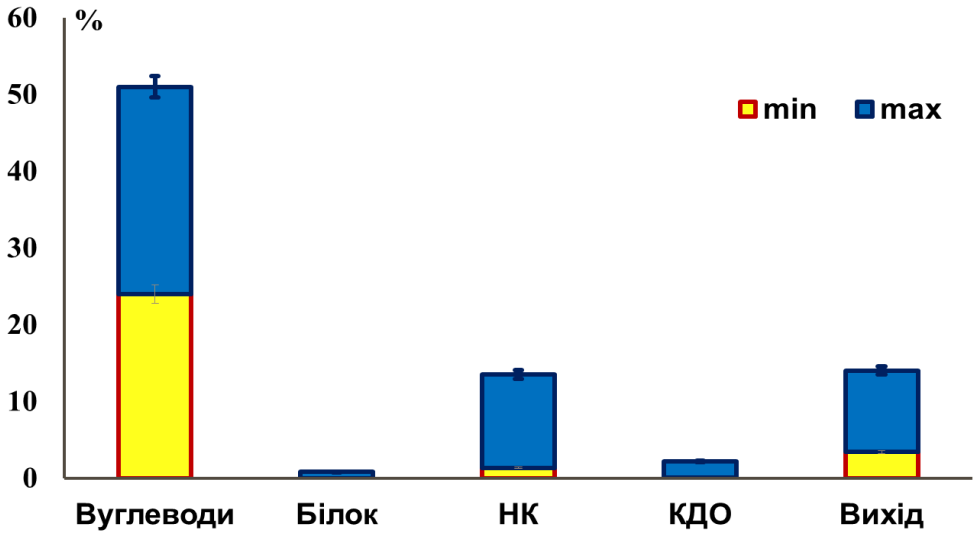
Колекційні штами *Pantoea agglomerans*, використані у дослідженнях

Вид, штам	Походження штаму	
	Отримано в колекції України, рослина-хазяїн	Джерело отримання для досліджень
***Pantoea agglomerans* 8490**	Шотландія, овес	відділ фітопатогенних бактерій ІМВ НАНУ
***Pantoea agglomerans* 7695**	Україна, квасоля	
***Pantoea agglomerans* 8456**	Румунія, квасоля	
***Pantoea agglomerans* 8508**	Півд. Африка, манго	
***Pantoea agglomerans* УКМ В-1089^{т}**	Бельгія, овес	Українська Колекція Мікроорганізмів (типовий штам)

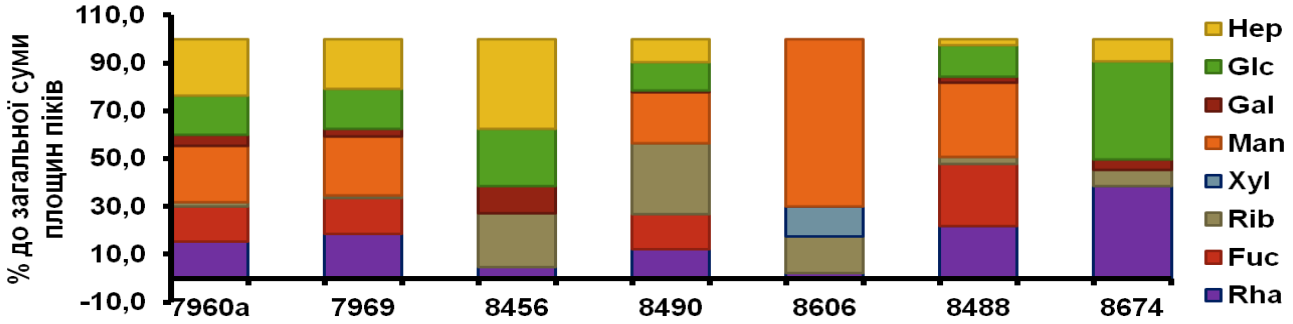
Жирнокислотний склад клітинних ліпідів досліджуваних штамів *Pantoea agglomerans*

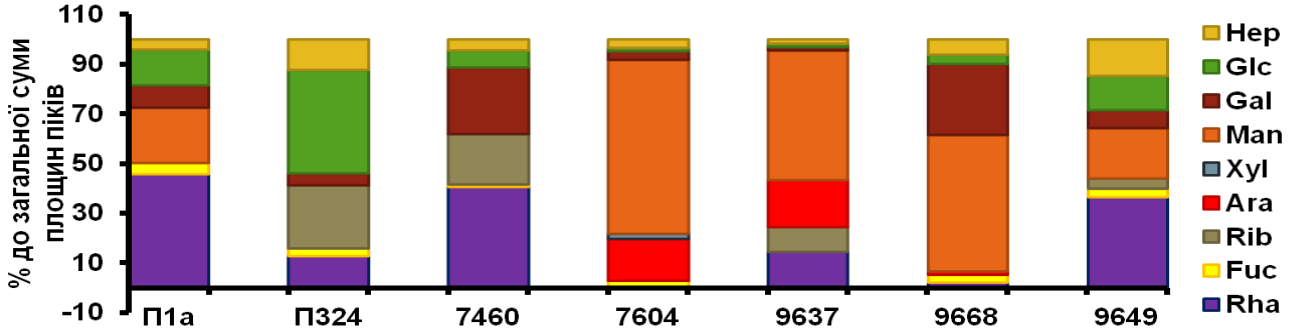
Штами		Жирні кислоти									
		$C_{12:0}$	$C_{14:0}$	$C_{14:0}$ 3OH	$C_{15:0}$	$C_{16:1}$ cis	$C_{16:0}$	$C_{17:0}$ cyclo	$C_{17:0}$	$C_{18:1}$ trans	$C_{18:0}$
Виділені нами *P. agglomerans*	9183	2,15	1,71	0,5	0,16	28,25	42,18	0,63	-	24,50	0,43
	9184	1,89	1,80	0,8	-	27,39	42,09	0,46	-	25,91	0,45
	9185	1,13	2,15	0,9	-	41,87	47,08	1,44	-	6,33	-
Колекційні штами *P. agglomerans*	8456	2,02	2,99	0,2	-	40,22	43,22	3,16	-	8,38	-
	7695	1,19	2,48	0,6	-	36,82	44,17	5,81	-	9,53	-
	8606	1,89	2,11	0,1	-	31,88	47,06	7,06	-	9,99	-
	8490	1,76	1,43	0,3	-	27,62	43,79	-	-	25,40	-
	8508	2,00	2,93	0,1	-	38,51	43,69	4,31	-	8,56	-
	7960 а	0,93	1,11	0,5	-	35,43	34,77	3,42	-	24,34	-
	8608	2,22	3,92	0,7	-	34,79	48,84	5,73	-	4,50	-
Штами ізольовані із зернових	П 324	4,39	5,26	2,62	0,4	26,80	39,53	10,56	0,3	9,30	0,88
	1а	6,83	3,5	1,91	-	25,68	37,16	2,05	0,8	19,81	2,197

Хімічна характеристика ЛПС *P. agglomerans*

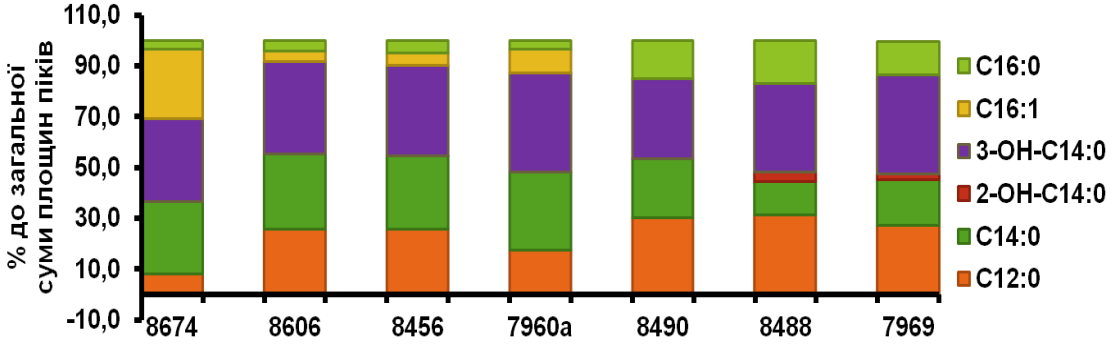


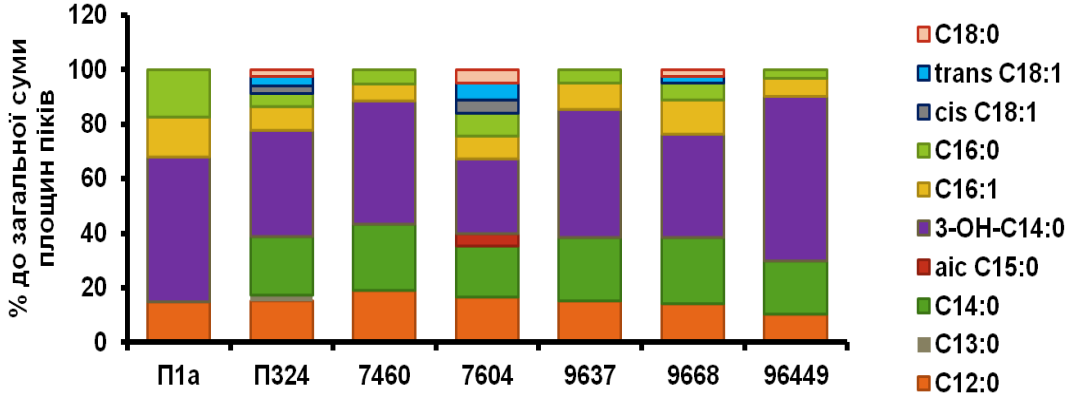
Моносахаридний склад ЛПС *P. agglomerans*



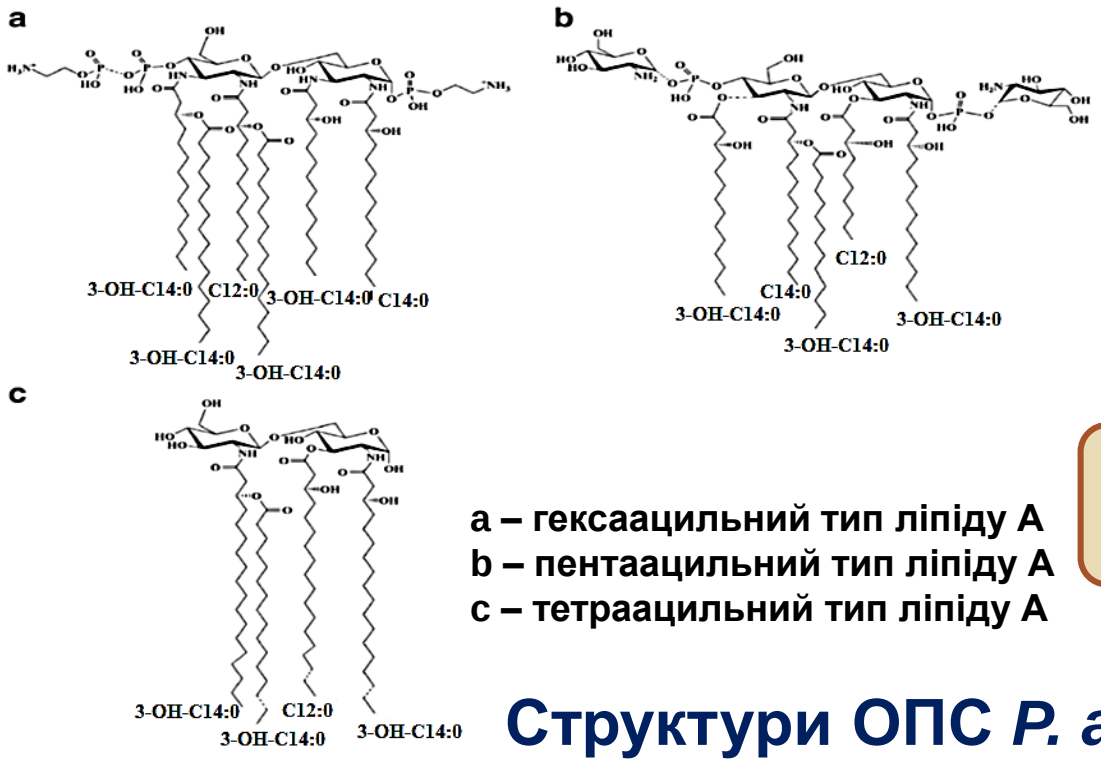


Жирнокислотний склад ЛПС *P. agglomerans*





Структура ліпідів А *P. agglomerans* 8674^{T}, *7604 і 7969*



a – гексаацильний тип ліпіду А
b – пентаацильний тип ліпіду А
c – тетраацильний тип ліпіду А

Типи структур ліпідів А *P. agglomerans*

8674^{T}	7604	7969
1) Гексаацильний 4 зал. 3-OH-C14:0 1 залишок C14:0 1 залишок C12:0		1) Гексаацильний 4 зал. 3-OH-C14:0 1 залишок C14:0 1 залишок C12:0
2) Пентаацильний Відсутній 1 залишок C14:0	1) Пентаацильний Відсутній 1 залишок C14:0	
3) Тетраацильний Відсутній 1 залишок 3-OH-C14:0 1 залишокок C14:0	2) Тетраацильний Відсутній 1 залишок 3-OH-C14:0 1 залишок C14:0	2) Тетраацильний Відсутній 1 залишок 3-OH-C14:0 1 залишок C14:0

C14:0 і C12:0 можуть бути заміщенні на C16:1 і C18:1

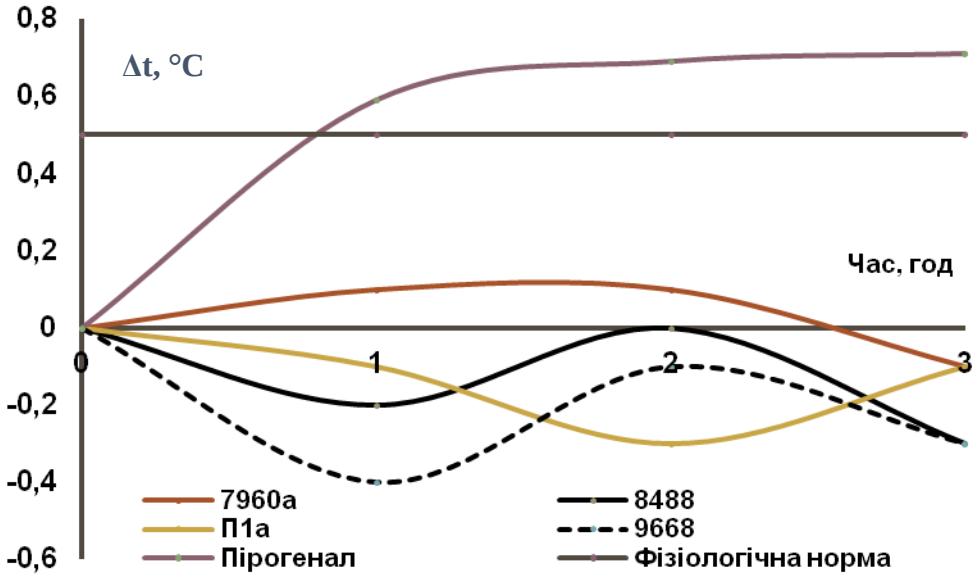
Структури ОПС *P. agglomerans* 8674^{T} (а), 7604 (б) та 7969 (в)

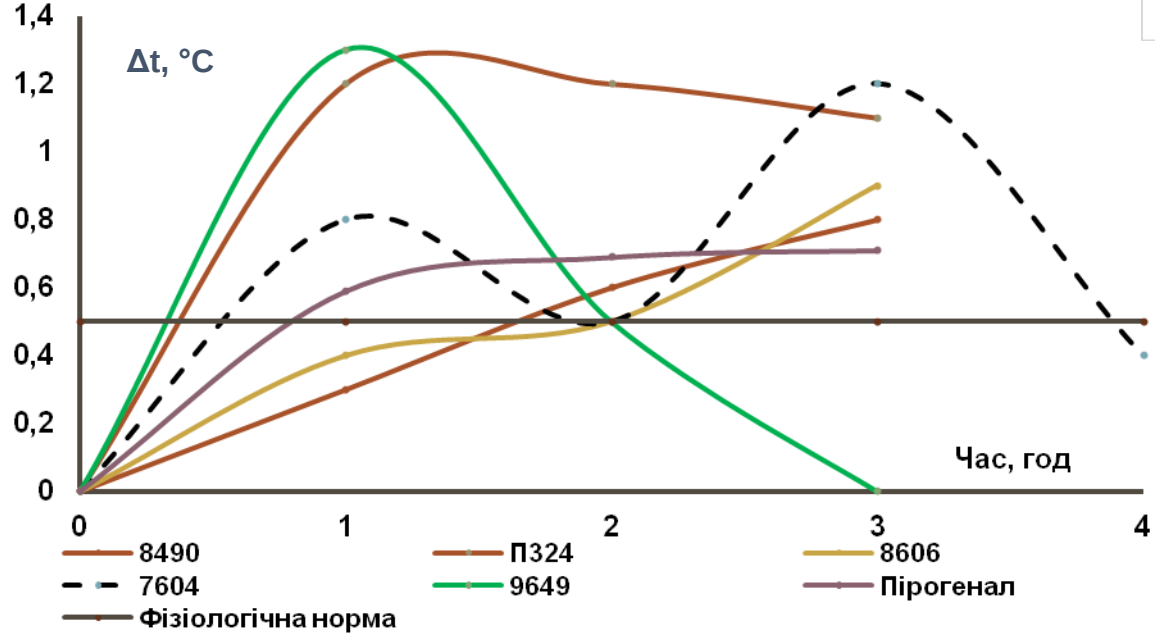
β-D-Glc*p*-(1→3)┐
→2)-α-L-Rha*p*-(1→2)-α-L-Rha*p*-(1→2)-α- L-Rha*p*-(1→6)-α-D-Glc*p*-(1→
(а)

α-D-Glc*p*-(1→3)┐
→2)-α-L-Rha*p*-(1→2)-α-L-Rha*p*-(1→2)-α-L-Rha*p*-(1→6)-α-D-Glc*p*-(1→
(б)

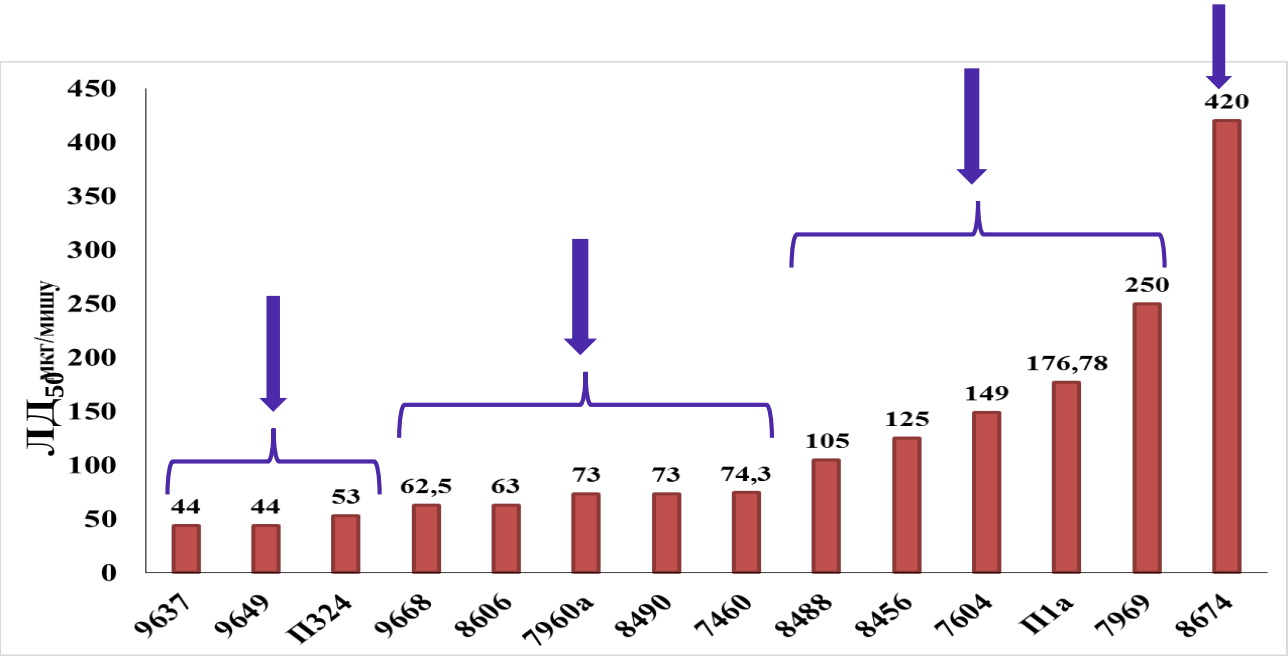
→3)-α-L-Rha*p*-(1→6)-α-D-Man*p*-(1→3)-α-D-Fuc*p*-(1→3)-β-D-Glc*p*NAc-(1→
(в) (≈25 %) Gro-1-*P*-(O→6)┘

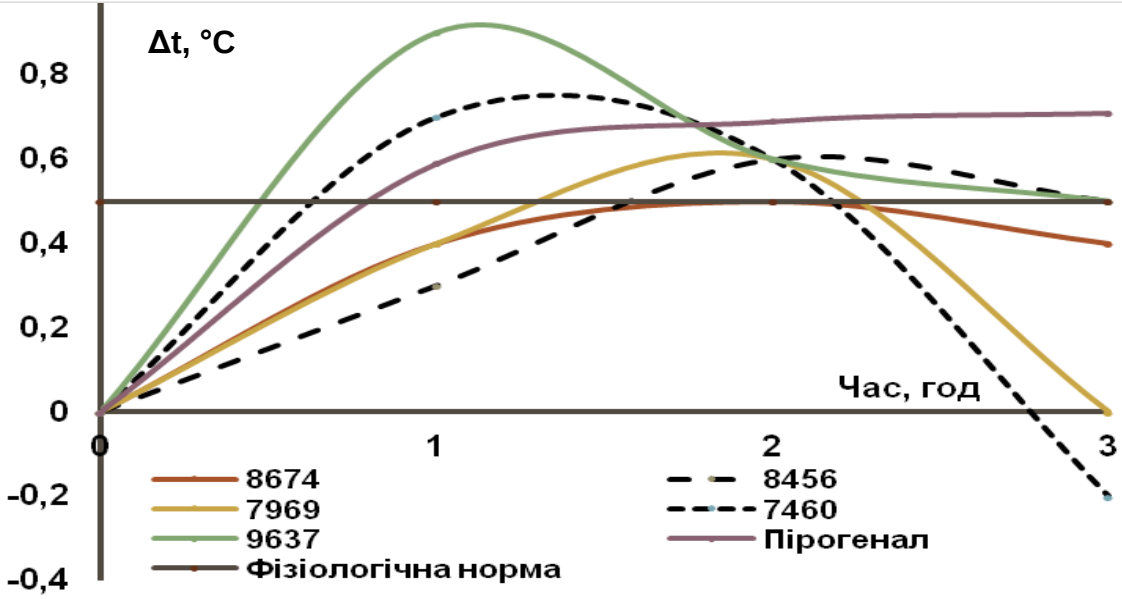
Пірогенність ЛПС *P. agglomerans*



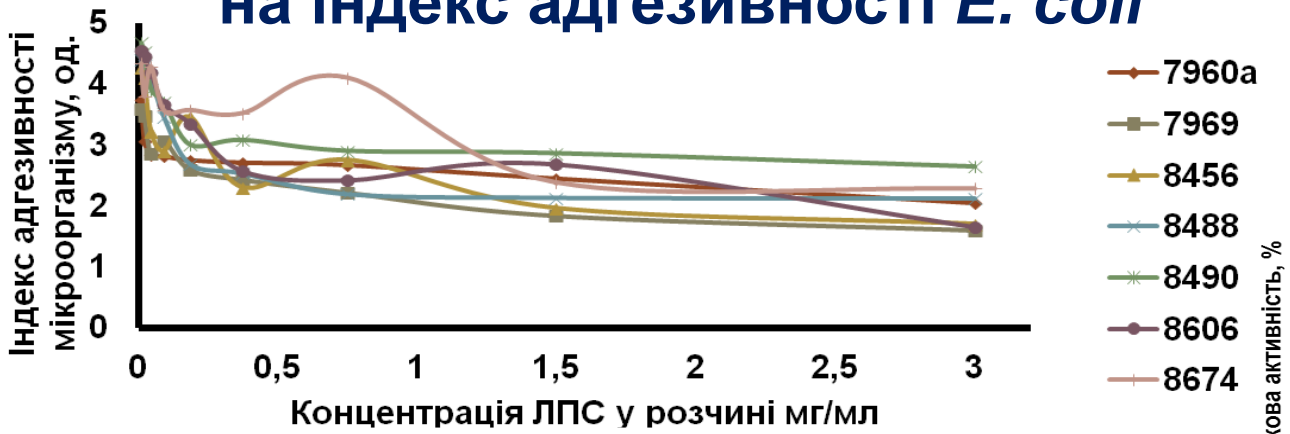


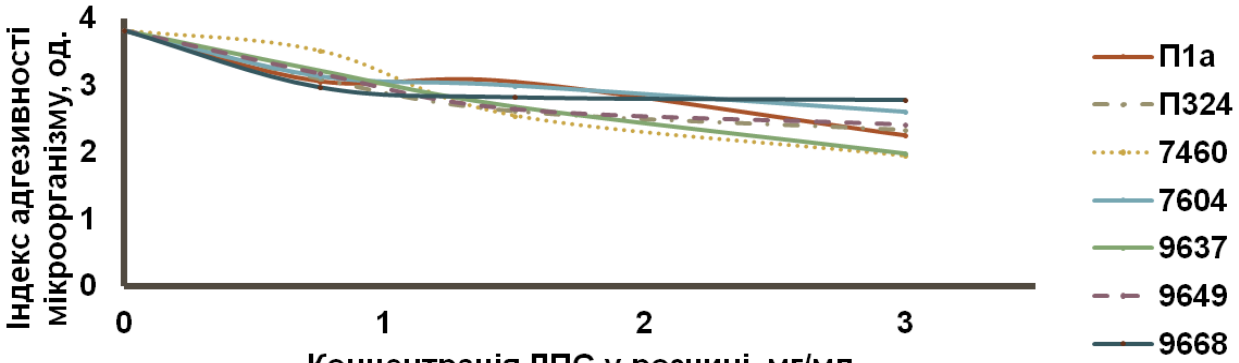
Токсичність ЛПС *P. agglomerans*

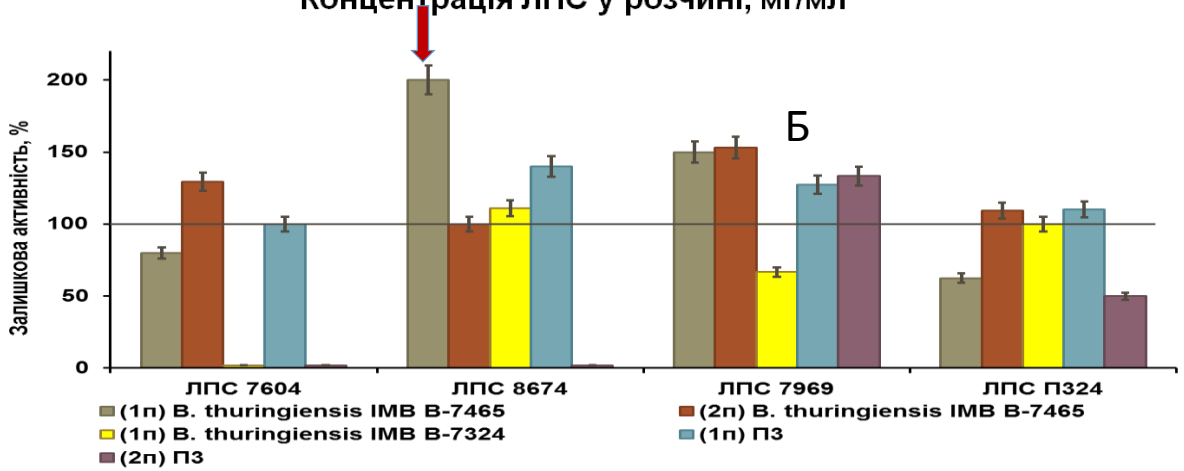




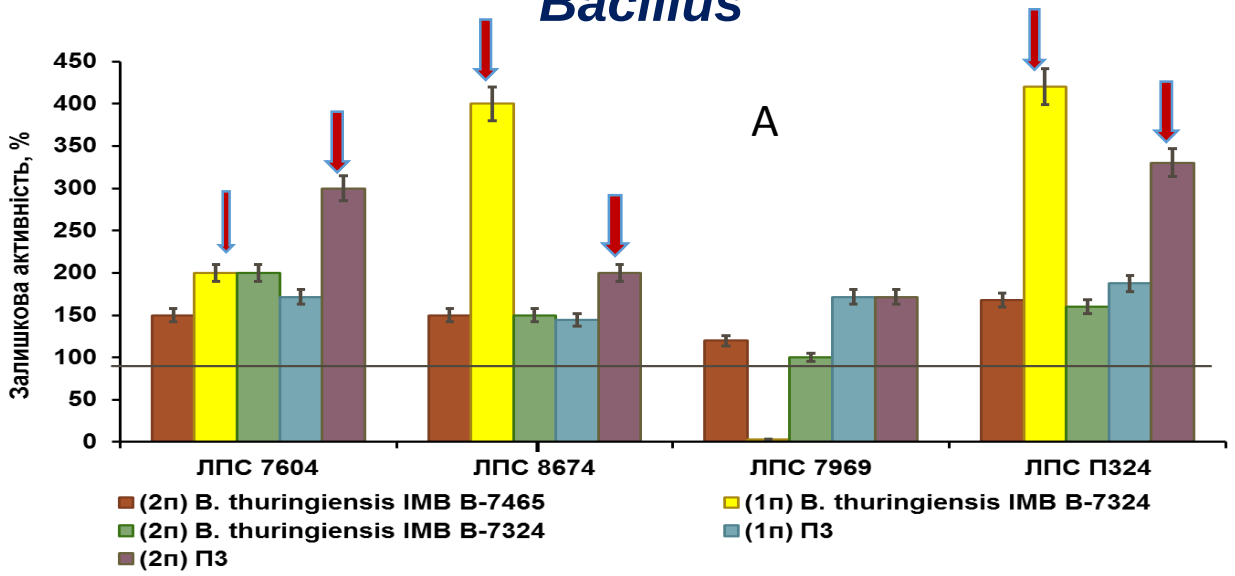
Вплив різних концентрацій ЛПС *P. agglomerans* на індекс адгезивності *E. coli*

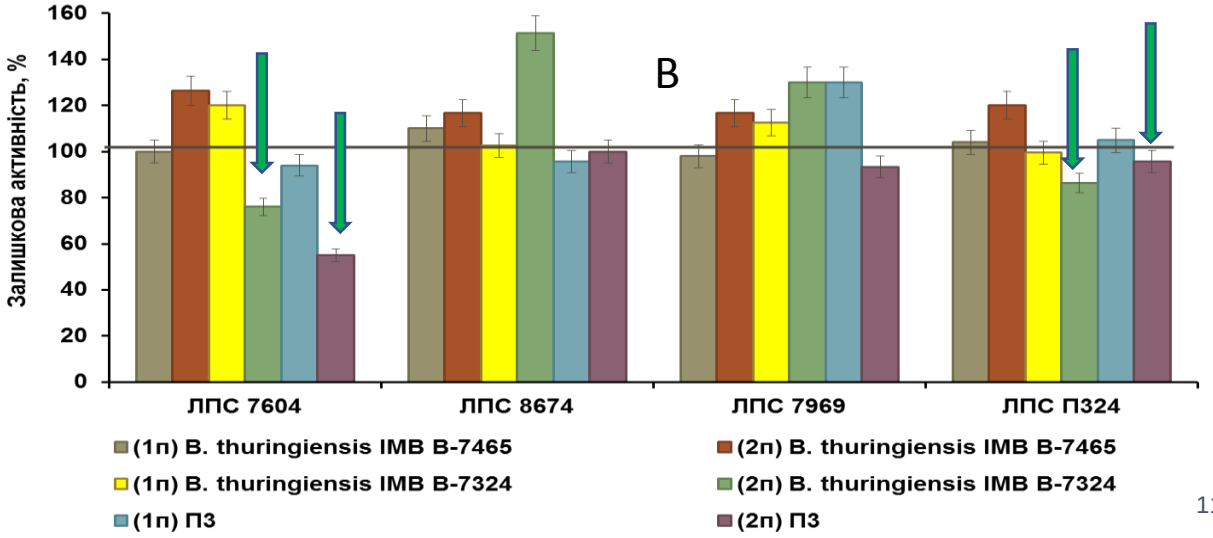






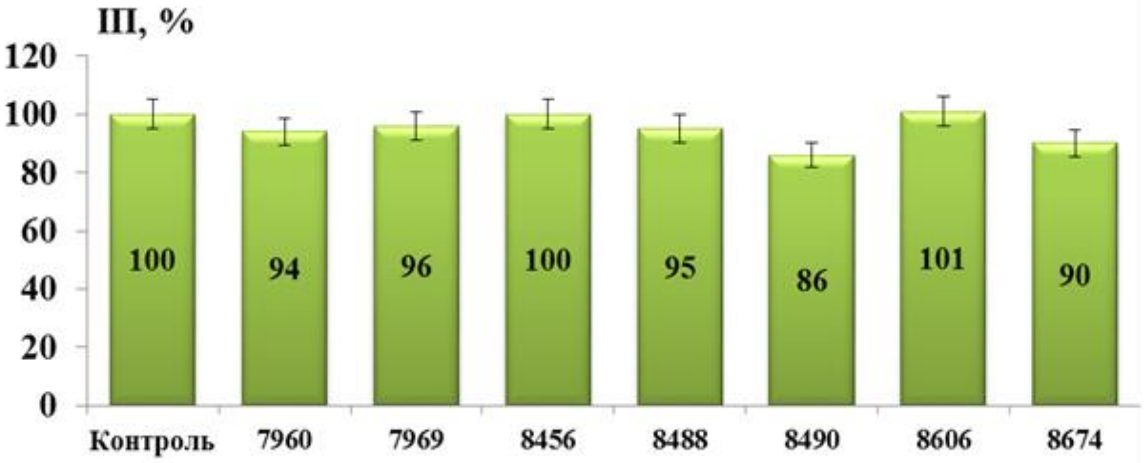
Вплив ЛПС *P. agglomerans* на фібринолітичну (А), еластолітичну (Б) та колагеназну (В) активності протеаз *Bacillus*



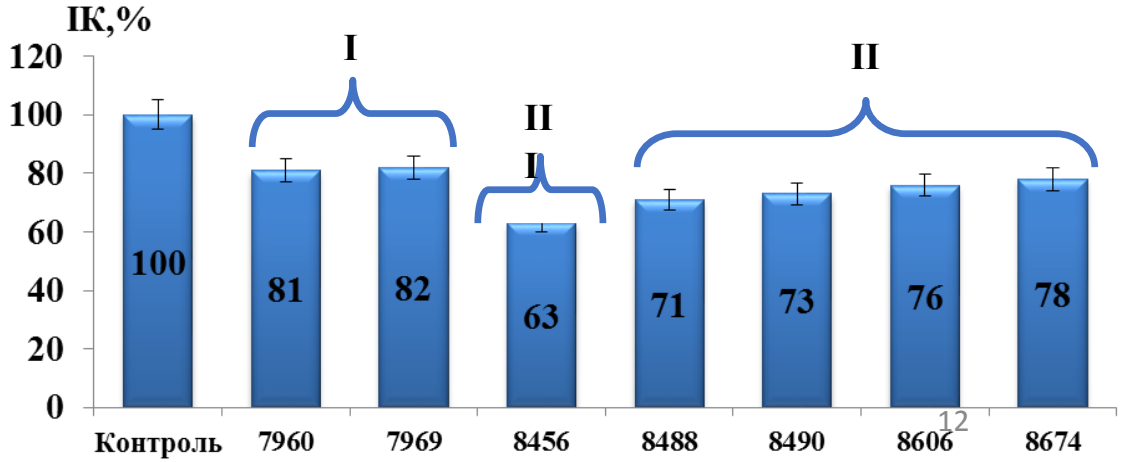


Прояв фітотоксичності препаратів ЛПС через 3 години та 1 добу після початку досліду

Індекс пагона до (контроль) і після обробки насіння томатів ЛПС досліджуваних штамів *P. agglomerans*

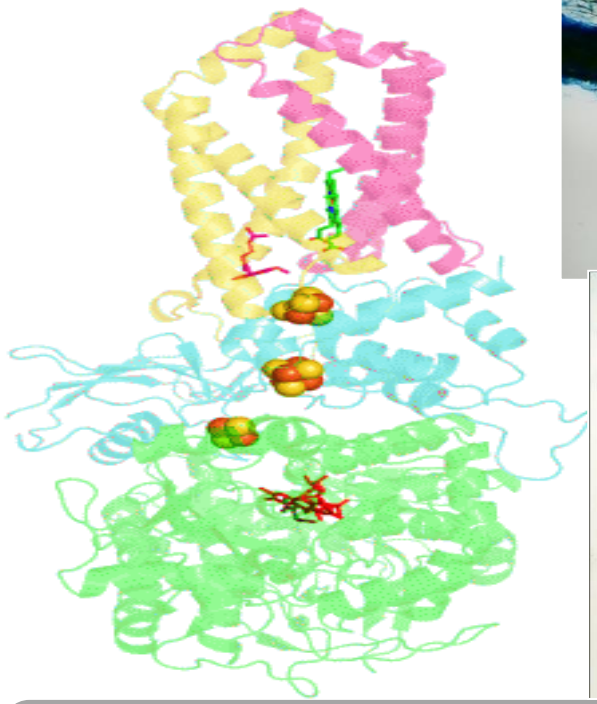


Індекс кореня до (контроль) і після обробки насіння томатів ЛПС досліджуваних штамів *P.agglomerans*

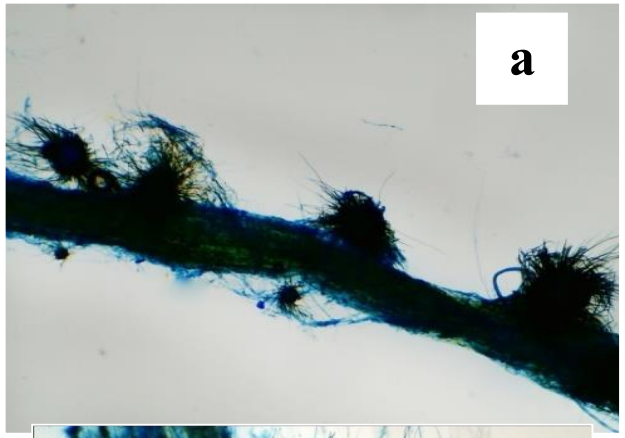


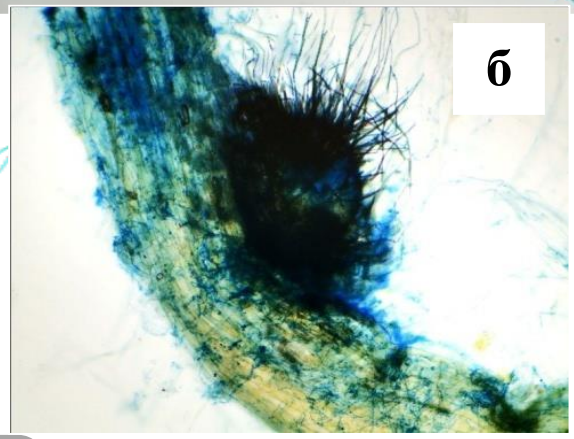
Вплив *C. cochliodes* 3250 на активність SDH в коренях сільськогосподарських культур *(вегетаційний дослід, 20 доба)*

Сільськогосподарська рослина	Активність SDH, нмоль сукцината/мг білка за 1 хв	
	Контроль (обробка водогінною водою)	Передпосівна обробка C. cochliodes 3250
Пшениця сорту Смуглянка	1,31 ± 0,04	1,60 ± 0,05
Тритикале сорту Оберіг харківський	0,69 ± 0,04	2,33 ± 0,08
Ячмінь сорту Гося	0,49 ± 0,02	1,56 ± 0,04
Жито сорту Синтетик 38	0,93 ± 0,03	3,42 ± 0,20
Кукурудза гібриду Дніпровський 181СВ	2,60 ± 0,04	8,26 ± 0,17
Соняшник сорту Альфа	4,73 ± 0,18	7,80 ± 0,05
Соя сорту Устя	1,98 ± 0,02	5,84 ± 0,08
Гречка сорту Антарія	3,06 ± 0,09	4,52 ± 0,21
Льон сорту Надійний	4,00 ± 0,48	4,31 ± 0,57



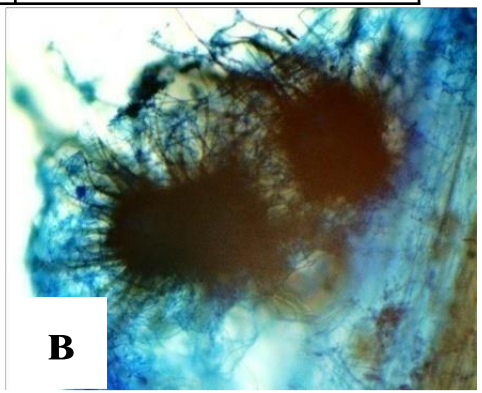
Сукцинатдегідрогеназа
[Епринцев А.Т., 2007]

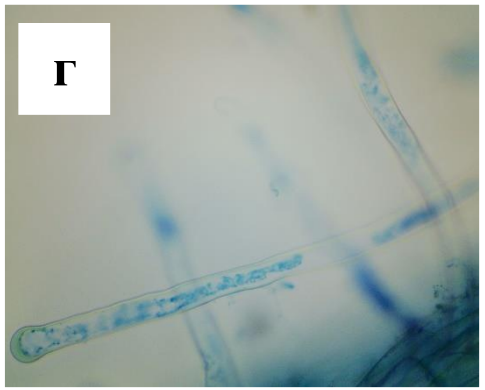


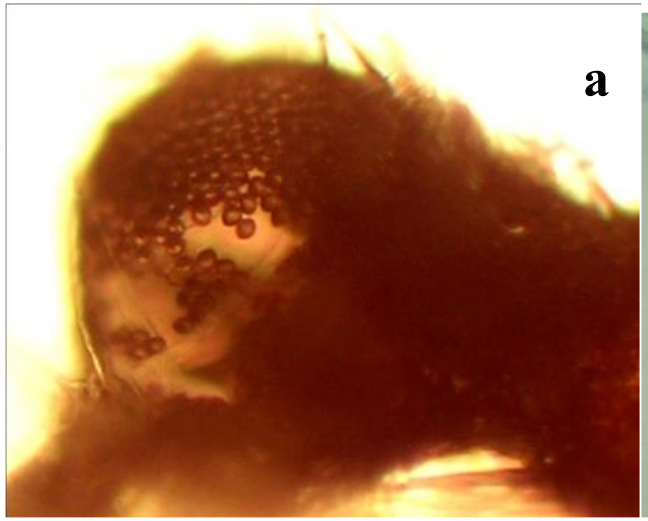


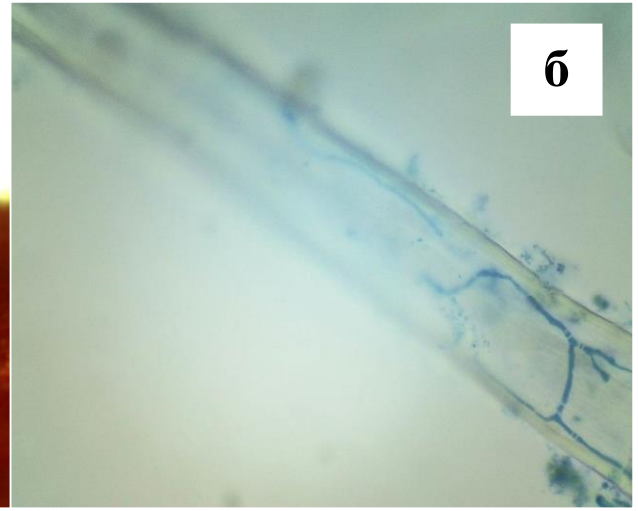
Плодові тіла *C. cochliodes* 3250 на поверхні коренів та проникнення гіфів гриба в кореневі волоски гречки посівної сорту Антарія
(світлова мікроскопія: а×40, б ×100)

Плодові тіла *C. cochliodes* 3250 на коренях (в) та проникнення гіфів гриба в кореневі волоски пшениці сорту Смуглянка (г)
(в × 100; г × 400 - світлова мікроскопія)

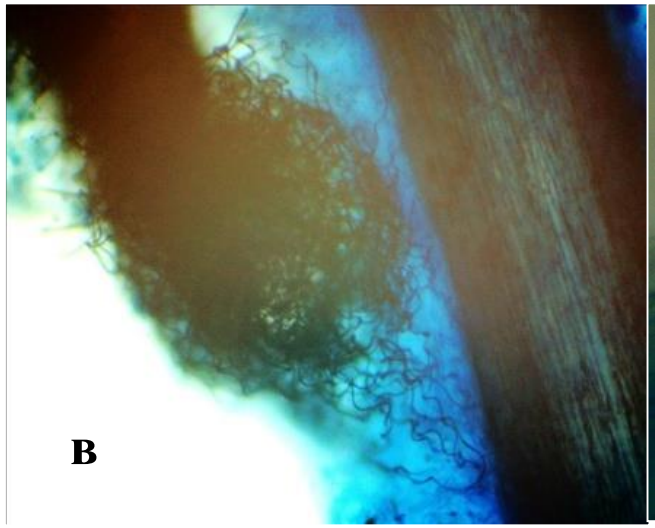


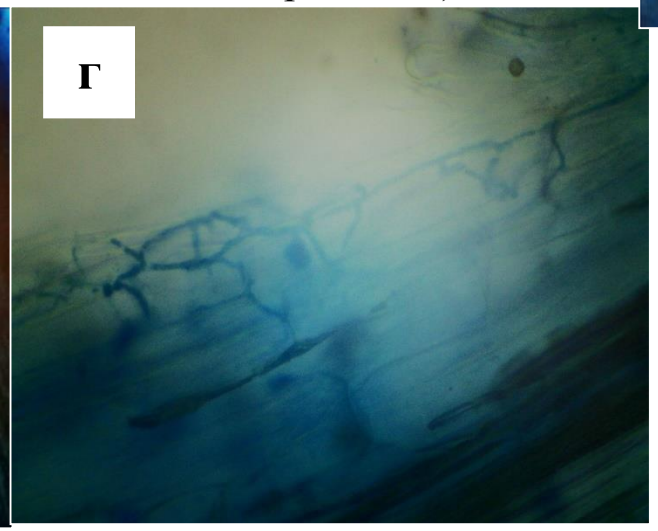






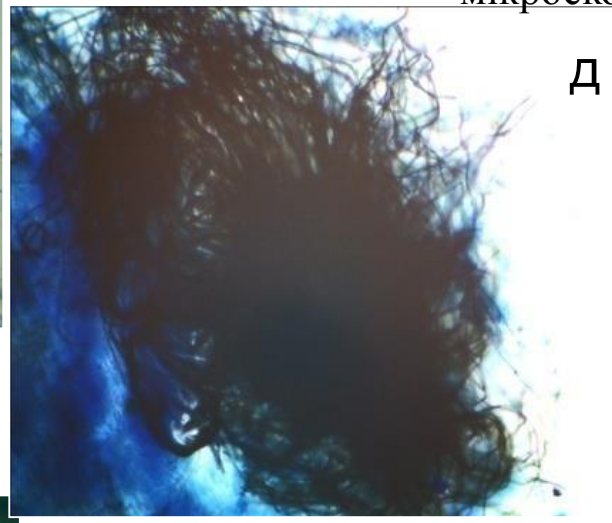
Плодове тіло *C. cochliodes* 3250 на коренях (а) та проникнення гіфів гриба в кореневий волосок ячменю сорту Гося (б) (а × 100; б × 600 - світлова мікроскопія)

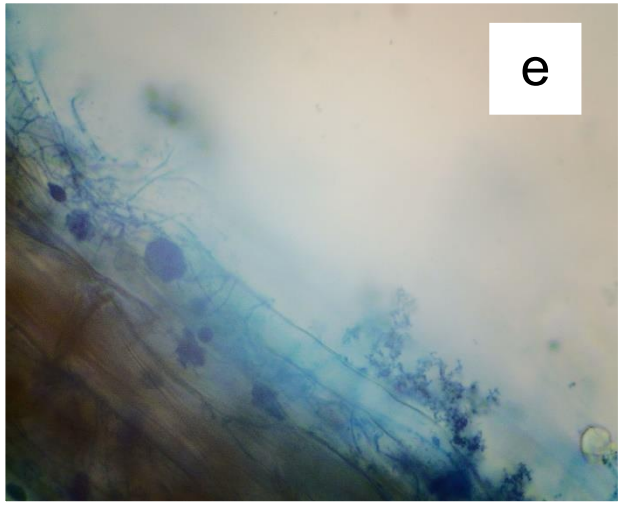




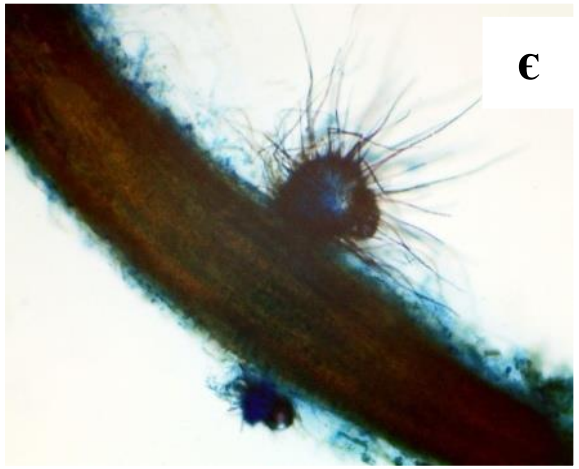
Плодове тіло *C. cochliodes* 3250 на коренях (в), проникнення гіфів гриба в клітини ризодерми жита сорту Синтетик 38 (г) (в × 100; г × 400 - світлова мікроскопія)

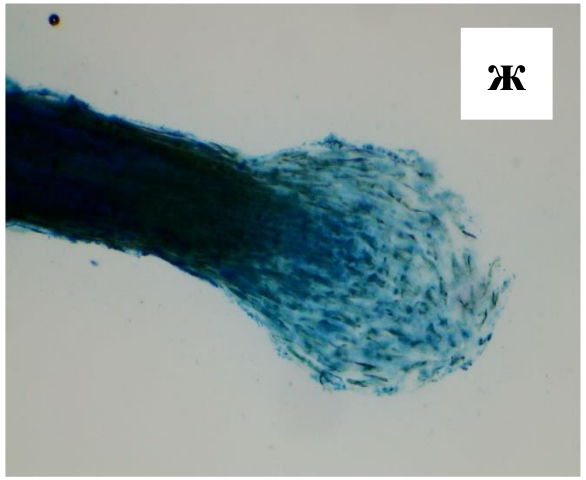
Плодове тіло *C. cochliodes* 3250 на коренях (д) та проникнення гіфів гриба в клітини ризодерми кукурудзи гібриду Дніпровський 181 СВ (е) (д × 40; е × 400 - світлова мікроскопія)

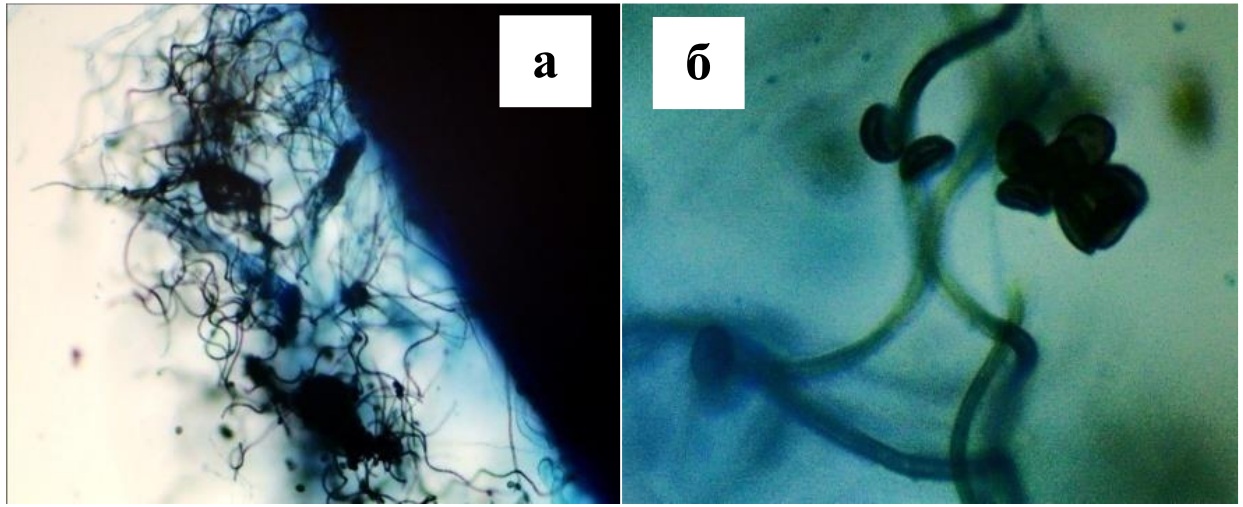




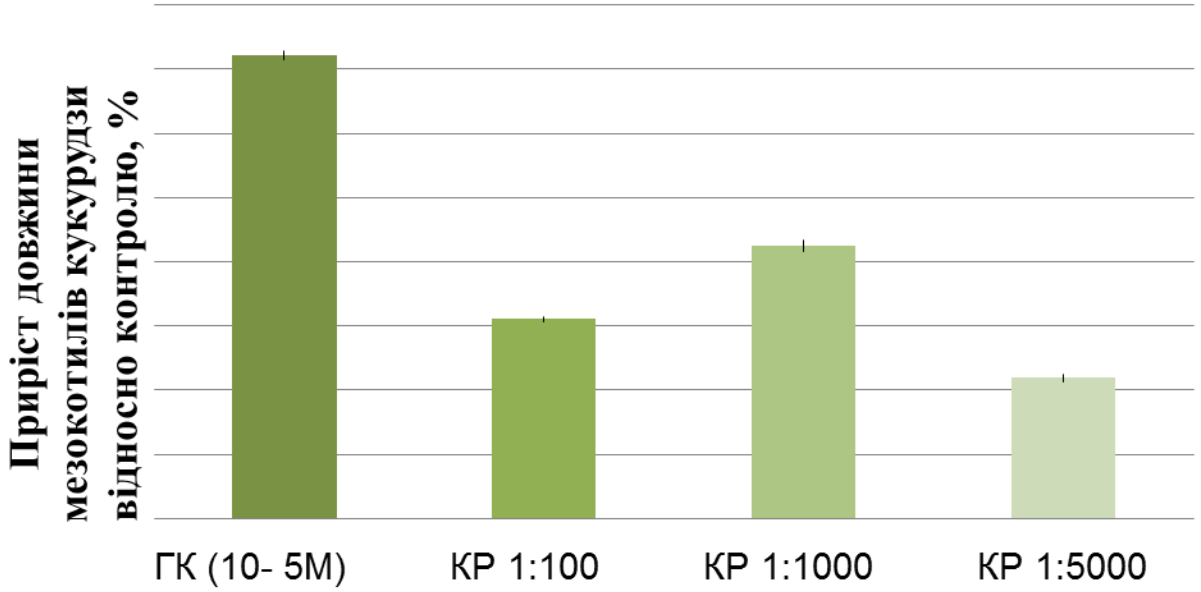
Плодові тіла *C. cochliodes* 3250 на коренях (є) та колонізований кореневий чохлик соняшнику сорту Альфа (ж) (є, ж × 100 - світлова мікроскопія)





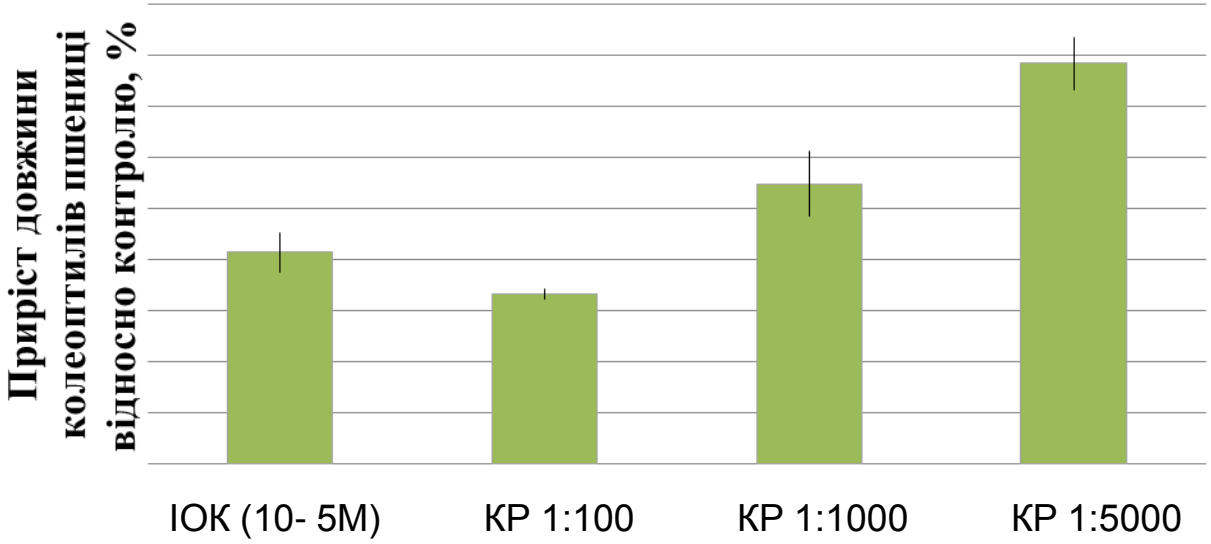


Плодові тіла (а) та спори (б) ***C. cochliodes* 3250 на кореневих волосках сої сорту Устя** (а × 100; б × 400 - світлова мікроскопія)



Гіберелінова активність культуральної рідини *C. cochliodes* 3250 *ГК – гіберелова кислота

(біотест з мезокотилями гібриду кукурудзи Дніпровський 181 СВ)



Ауксинова активність культуральної рідини (КР) *C. cochliodes* 3250 * ІОК – індоліл-3-оцтова кислота

(біотест - колеоптилі проростків пшениці сорту Смуглянка)

Сім'ядольні листки огірка сорту Ніжинський 12 за дії різних розведень культуральної рідини *C. cochliodes* 3250

Вміст регуляторів росту у міцелії та культуральній рідині гриба *C. cochliodes* 3250

Виявлені сполуки	Концентрація сполук у міцелії гриба, мкг/г сухої маси	Концентрація сполук у культуральній рідині, мкг/мл
Індоліл-3-оцтова кислота	24,6 ± 1,15	8,7 ± 0,003
Гіберелова кислота	301,5 ± 13,44	56,4 ± 2,12
Холестерол	-	7,06 ± 0,05
Ергостерол	-	17,88 ±0 ,38
2,4-епібрасинолід	45,71 ± 1,13	0,01098 ± 0,0012

Склад використаних хімічних пестицидів

Пестицид	Діюча речовина	Призначення
Раназол	Тебуконазол, 60 г/л	Фунгіцид
Ридоміл	Манкоцебу 640 г/кг; металаксилу–М – 40 г/кг	
Татту	Манкоцеба 301,6 г /л; пропамокарб-гидрохлорида – 248 г/л	
Хорус	Ципродинил 750 г /кг	
Гаучо	Імідаклоприд, 600 г/кг	Інсектицид
Круізер	Тіаметоксам, 350 г/л	
Гезагард	Прометрина 500 г/л	Гербіцид
Харнес	Ацетохлор 900 г/л	

Динаміка активності компонентів целюлозолітичного комплексу та полігалактуронази гриба *C. cochliodes* 3250

Доба культи-вування	Екзоглюконазна активність, од/мл*	Ендоглюконазна активність, од/мл**	β-глюкозидазна активність, од/мл**	Полігалактуроназна активність, од/мл***
3	0,21 ± 0,003	0,20 ± 0,02	0,24 ± 0,03	2,21 ± 0,11
6	0,26 ± 0,02	0,21 ± 0,24	0,36 ± 0,02	2,81 ± 0,07
9	0,67 ± 0,03	0,52 ± 0,02	0,54 ±0,02	2,95 ± 0,02
12	0,42 ± 0,01	0, 31 ±0,02	1,02 ± 0,03	0,55 ± 0,02

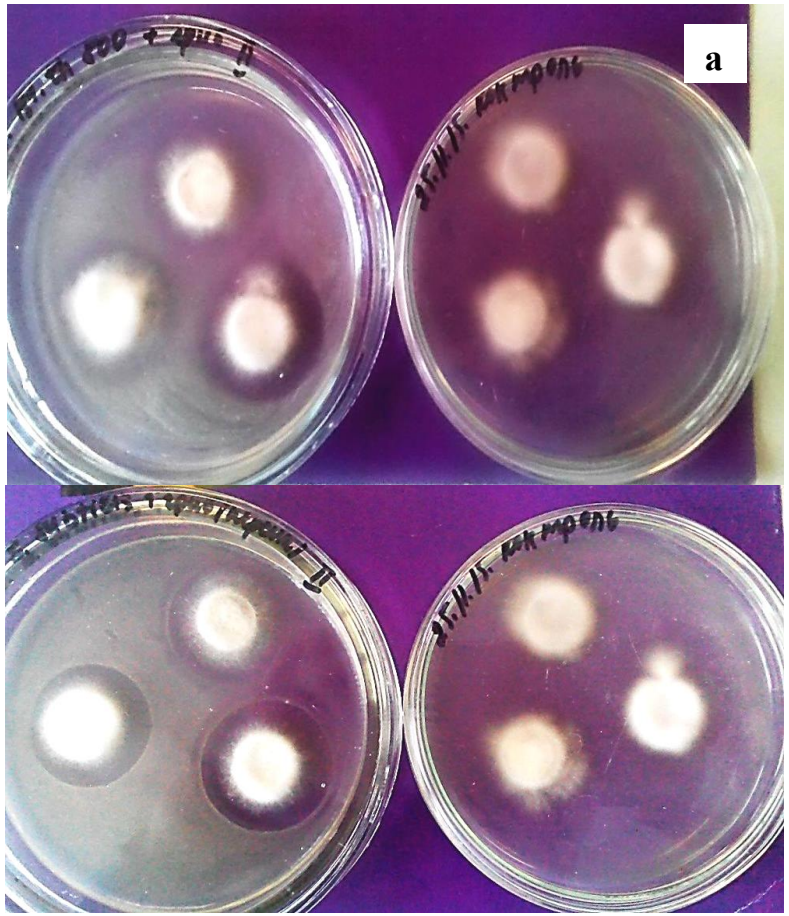
*за одиницю екзоглюканазної активності приймали таку кількість фермента, яка за 60 хв утворює 1 мг редукуючи цукрів;

**за одиницю ендоглюканазної та β-глюкозидазної активності приймали таку кількість ферментів, які за 30 хв утворювали 1 мг редукуючих цукрів;

***за одиницю полігалактуроназної активності приймали таку кількість ферменту, яка каталізує перетворення 1 г пектину в галактуронову кислоту за 60 хв.

Визначення чутливості представників фітопатогенних бактерій збудників хвороб сої до препаратів хімічного походження

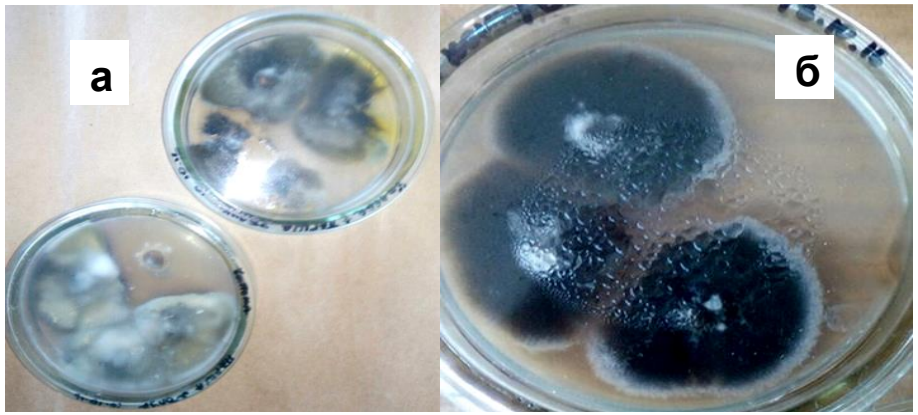
Дослідні штами		фунгіцидної дії				Інсектицидної дії		Гербіцидної дії	
		раназол	ридоміл	татту	хорус	гаучо	круізер	гезагард	харнес
		Діаметр зон пригнічення росту (мм)							
Pantoea agglomerans (колекційні штами)	8456	0	23	20	0	0	0	0	0
	1089^{т}	0	20	18	0	0	0	0	0
	7695	0	24	19	0	0	0	0	0
Новоізо-льовані нтами	9183	0	20	20	0	0	0	0	0
	9184	0	21	18	0	0	0	0	0
Колекційні штами									
Pseudomonas savastanoi pv. *glycinea* - 9176		0	25	0	0	0	0	0	0
Curtobacterium flaccumfaciens pv. *flaccumfaciens* 6566a		0	35	0	0	0	0	0	0
Curtobacterium flaccumfaciens pv. *flaccumfaciens* 6565		0	40	0	0	0	0	0	0
Xanthomonas axonapodis pv.glycines 9075		0	37	0	0	0	0	0	0



Вплив штамів *Bacillus thuringiensis* 800 (а); *Bacillus subtilis* 0016 (б) на ріст мікроміцету р. *Fusarium* в порівнянні з контролем (3 доба росту)

Визначення антагоністичних властивостей штамів бактерій роду *Bacillus* (8 доба росту міцелію)

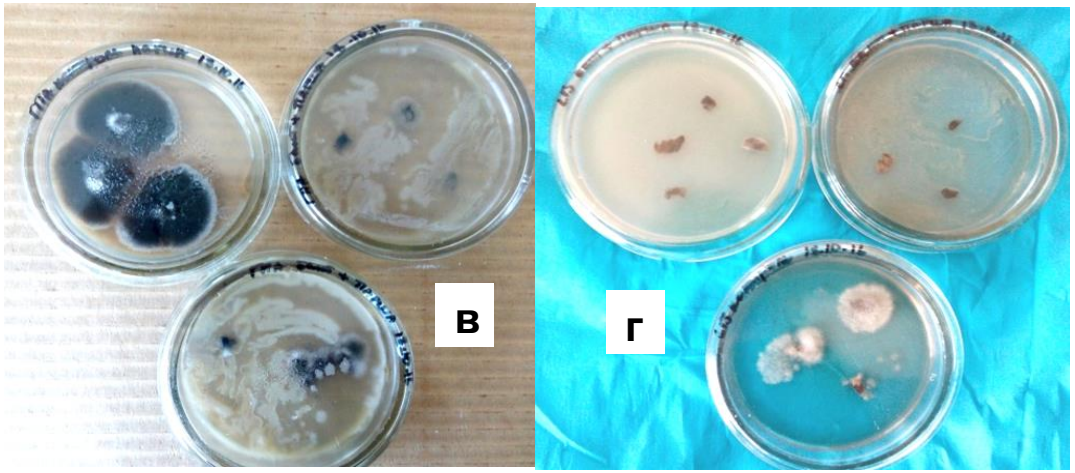
Штам	D мікроміцету (сер), см	D зони розпушування (сер), см	D зони лізису (сер), см
B. thuringiensis (1)	1,3±0,01	0,3±0,1	0,6±0,012
B. thuringiensis (2)	1,3±0,011	0,52±0,005	0,6±0,007
B. kurstaki (1)	1,3±0,021	0,52±0,016	0,5±0,014
B. kurstaki (2)	1,3±0,017	0,5±0,018	0,6±0,021
B. pumilus (1)	1,3±0,019	1,0±0,023	0,1±0,017
B. pumilus (2)	1,2±0,021	0,8±0,011	0,1±0,013
B. subtilis (1)	1,3±0,014	0,7±0,017	0,2±0,015
B. subtilis (2)	1,3±0,012	0,5±0,019	0,4±0,024
Контроль (без культуральної рідини)	2,5±0,02		



Культурально-морфологічні ознаки мікроміцетних ізолятів, виділених із уражених плодів яблуні (культивування на середовищах Чапека (а), ГПА (б).

Визначення ступеня інгібування патогену *Fusarium* ssp. штамами бактерій роду *Bacillus*

Штам	Ступінь інгібування, %	$НІР_{0,95}$
B. thuringiensis 800	83,5±0,92	1,32
B. kurstaki 08	79,5±3,23	4,61
B. pumilus 0097	64,0±1,57	2,23
B. subtilis 0016	76,0±1,32	1,88



Вплив бактеріальних метаболітів штаму *B. thuringiensis* 87/$_3$ на ріст тест-культури мікроміцету, 6-а доба культивування, поживні середовища ГПА (в) та LB (г) (у порівнянні з контролем).

У роботі системно досліджено специфіку моніторингу хвороб сої; хімічний склад, структуру та біологічну активність ліпополісахаридів (ЛПС) представників гетерогенного виду *Pantoea agglomerans* та сформовано основні принципи та засади профілактичних заходів проти розповсюдження бактеріальних хвороб сої. Встановлені особливості складу і структури ЛПС надалі можуть бути використані для детального вивчення механізмів взаємодії клітин бактерій із рослиною-хазяїном. Отримані результати розширяють знання щодо моніторингу, діагностики та профілактики хвороб сої.

Головні наукові результати роботи викладені у наступних висновках:

1. При багаторічному системному моніторингу посівів сої в Україні виявлено перерозподіл акцентів серед видового складу збудників захворювань: поряд з типовими збудниками (*Pseudomonas. savastanoi* pv. *glycinea* та *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycinea*) активується факультативний фітопатоген *Pantoea agglomerans*. В період спалаху ураження на *Pantoea agglomerans* затримується розвиток популяцій інших високошкодочинних збудників бактеріозів сої, що може бути використане при застосуванні методів біоконтролю.

2. Виявлено, що *P. savastanoi* pv. *glycinea*, *X. axonapodis* pv. *glycines, Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* та *P. agglomerans* проявляють високу чутливість до пестициду хімічного походження «Ридоміл», крім того *P. agglomerans* є середньо чутливий до пестициду «Татту».

3. З бактеріальних клітин 14 досліджуваних штамів *P. agglomerans* виділено ЛПС, гетерогенні як за моносахаридним, так і жирнокислотним складом. Уперше встановлено, що структури ліпідів А *P. agglomerans* 8674^{T}, 7604 та 7969 є гетерогенними, характеризуються різним ступенем ацилювання і представлені гекса-, пента- і тетраацильними формами. Встановлені структури О-специфічних полісахаридів (ОПС) ЛПС трьох штамів *P. agglomerans* є унікальними і представлені як розгалуженим пента-, так і лінійним тетрасахаридами. Дані щодо структури ліпідів А та ОПС можуть бути використані для з’ясування механізмів взаємодії між бактеріями та рослинами-хазяїнами.

4. Встановлено, що ЛПС штамів *P. agglomerans* характеризуються різним ступенем пірогенності та токсичності. Деякі з них навіть більш пірогенні, ніж фармацевтичний препарат пірогенал, але ні один з них не досягав рівня токсичності ЛПС *E. coli* O55:B5. Показана здатність ЛПС *P. agglomerans* знижувати кількість адгезованих клітин *E. coli* на еритроцитах кроля шляхом конкуренції за зв'язування з їх поверхневими структурами.

5. Найбільш активними щодо впливу на фібринолітичну, еластазну і колагеназну активності *Bacillus* виявились ЛПС двох штамів *P. agglomerans* 8674^{T} і П324. Це свідчить про можливість їх використання як активаторів, так і інгібіторів протеолітичної активності.

6. Ґрунтовий сапротрофний гриб *C. cochliodes* 3250 здатен активно розвиватись у кореневій зоні сільськогосподарських культур, підвищуючи активність сукцинатдегідрогенази (SDH) у коренях оброблених рослин: пшениці (у 1,2 рази), ячменю (у 3,2 рази), жита (у 3,5 разів), тритикале (у 3,4 рази), кукурудзи (у 3,2 рази), соняшника (у 1,6 разів), гречки (у 1,4 рази) та сої (у 2,9 разів). Збільшення активності SDH у коренях рослин пропонується розглядати як цитохімічний маркер утворення ендофітних асоціацій між сапротрофним грибом та рослиною.

7. Вперше показано, що *C. cochliodes* 3250 здатен продукувати 2,4-епібрасинолід (у кількості 45,71 мкг/г сухої маси та 0,011 мкг/мл культуральної рідини), який відіграє важливу роль у стійкості рослин до збудників хвороб, та ергостерол (17,88 мкг/мл культуральної рідини). Крім того, гриб синтезує фітогормональні речовини: індоліл-оцтову кислоту (24,6 мкг/г сухої маси, 8,7 мкг/мл культуральної рідини) і гіберелову кислоту (301,5 мкг/г сухої маси, 56,4 мкг/мл КР). Синтезовані грибом індоліл-3-оцтова кислота та ергостерол можуть бути основними медіаторними молекулами в утворенні симбіотичних систем *C. cochliodes* 3250 з рослинами.

8. Сапротрофний гриб *C. cochliodes* 3250 здатен до синтезу ферментів целюлазного комплексу: екзоглюконази (0,67 од/мл), ендоглюконази (0,52 од/мл), *β*-глюкозидази (1,02 од/мл), що може забезпечити його проникнення у корені рослин.

9. В утворенні ендофітної асоціації гриб *C. cochliodes* 3250 – рослина, значну роль може відігравати полігалактуроназна активність мікроміцета, що становить 2,95 од/мл.

10. Комплексне дослідження біотехнологічних особливостей метаболітного споро-кристалічного комплексу з поліфункціональними властивостями і біорізноманіття бактерій *Bacillus thuringiensis* є актуальним, має науково-теоретичне і практичне значення. Створення і використання мікробних препаратів поліфункціональної дії може скласти конкуренцію хімічним пестицидам не тільки в плані екологічної безпеки, а й за економічними показниками, враховуючи їх різнобічний внесок в управління життєдіяльністю рослин.

11. За молекулярно-філогенетичним аналізом послідовності гена 16S рРНК штаму $87/_3$ підтверджено його видову належність до *Bacillus thuringiensis.* Сиквенс 16S рРНК цього штаму задепеновано у базі GenBank (MH719010).

12. Специфічна антагоністична дія метаболітного комплексу *Bacillus thuringiensis* $87/_3$ проявляється щодо ґрунтової мікробіоти (на прикладі контролю мікроміцетів родів *Fusarium* та *Venturia*), ступінь інгібування проростання конідій яких коливався у межах 86,0-93,0 %.

КІЛЬКІСТЬ ПУБЛІКАЦІЙ: 20, в т.ч. 2 монографії, методична рекомендація, 17 статей (6 у зарубіжних виданнях). Згідно бази даних Scopus загальна кількість посилань на публікації авторів, представлені в роботі, складає 11, h-індекс (за роботою) = 2; згідно Google Shcolar – 33 посилань, h-індекс = 4. За даною тематикою захищено 2 кандидатських дисертацій.

ЦИКЛ НАУКОВИХ ПРАЦЬ НА ТЕМУ ***«Хвороби сої: діагностика, біоконтроль, профілактика»*** НА ПРЕМФЮ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ ПОДАЄТЬСЯ ВПЕРШЕ