



Рослинництво, кормовиробництво

УДК 631.811.98:635.65

© 2018

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ В НАСІННІ ТА РОСЛИНАХ ГОРОХУ ПОСІВНОГО (*PISUM SATIVUM* L.) НА ПОЧАТКОВИХ ЕТАПАХ ОНТОГЕНЕЗУ ЗА ДІЇ БІОПРЕПАРАТІВ І РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

М.М. Мусієнко¹, М.В. Капінос²

¹ доктор біологічних наук, професор, академік НААН

*¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 60, м. Київ, 01033, Україна*

*² Таврійський державний агротехнологічний університет
просп. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька обл., 72310, Україна
e-mail: ¹ n_musienko@ukr.net, ² mkapinosv@gmail.com*

Надійшла 17.04.2018

Мета. Дослідити фізіолого-біохімічні реакції в насінні, коренях і паростках гороху посівного на початкових етапах онтогенезу за використання біопрепаратів та регуляторів росту рослин. **Методи.** Насіння гороху посівного (*Pisum sativum* L.) сорту Глянс обробляли робочими розчинами регулятора росту рослин АКМ і мікробним препаратом ризобіфіт та пророщували в контейнерах із піском у термостаті за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Інтенсивність перекисного окислення ліпідів у тканинах проростаючого насіння, молодих паростках і коренях оцінювали за вмістом малонового діальдегіду (МДА), який визначали спектрофотометричним методом у перерахунку на суху речовину (СР). Цей показник та масу сухих речовин визначали на стадіях розвитку гороху ВВСН (00, 03, 05, 08, 12, 13, 14, 15) за загальноприйнятими методиками. **Результати.** Установлено, що передпосівна обробка насіння регулятором росту рослин АКМ та його сумішшю з мікробним препаратом ризобіфіт у період гетеротрофного живлення активізує метаболічні процеси в сім'янці, стимулює проростання, збільшує суху масу коренів на 23 і 37% та зменшує інтенсивність процесів пероксидації ліпідів на 37,5 і 24% порівняно з контролем. З переходом до автотрофного типу живлення суха маса сім'ядолі інтенсивно зменшується за обробки АКМ та його суміші з ризобіфітом, що супроводжується активізацією ростових процесів у коренях і паростках та збільшенням їх маси. Інтенсивність ПОЛ у коренях знижується, що свідчить про формування адаптивної реакції на фізіологічний і хімічний стреси під час проростання та формування бульбочок. **Висновки.** Доведено, що зазначені препарати мають фітостимулювальний та адаптогенний впливи

на процеси проростання насіння та початковий ріст коренів і паростків гороху посівного (*Pisum sativum* L.).

Ключові слова: суха маса, перекисне окиснення ліпідів, сім'ядоля, паростки, корені гороху посівного, мікробний препарат, регулятор росту рослин.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201807-02>

Проростання насіння і поява сходів — важливий етап у формуванні врожаю зернобобових культур, зокрема гороху посівного. Вони супроводжуються рядом біохімічних і морфо-фізіологічних процесів, що починаються на стадії бубнявіння і зумовлюють перехід насіння зі стану вимушеного спокою в стан активного росту. З інтенсивним водопоглинанням за сприятливих умов навколишнього середовища у сім'янках гороху активуються метаболічні процеси і зростає інтенсивність дихання, що стимулює утворення активних форм кисню (АФК), які беруть участь у процесі проростання насіння та активації антиоксидантної системи [1].

Проте надмірне накопичення АФК у клітинах, яке є реакцією рослин на дію абіотичних і біотичних чинників зовнішнього середовища, стимулює процес перекисного окиснення ліпідів, що призводить до розвитку оксидантного стресу. Це зумовлює пошкодження структурно-функціональної цілісності клітинних мембран і порушення процесів проростання та росту молодих рослин [2].

Дослідження фізіолого-біохімічних реакцій у насінні, коренях і паростках на початкових стадіях проростання мають велике значення для оптимізації способів передпосівної обробки насіння та підвищення стійкості до несприятливих стресових факторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метаболічна активність у насінні гороху посівного починається під час набубнявіння і збільшується за подальшого проростання, яке регулюється всім комплексом факторів навколишнього середовища. Унаслідок порушення прооксидантно-антиоксидантної рівноваги, яке відбувається за надмірного утворення АФК, спричиненого інтенсифікацією процесу дихання, сім'янка гороху зазнає стресу, що призводить до затримки проростання або навіть повного його пригнічення. Ступінь розвитку окиснювального стресу і характер його впливу на насіння під час проростання

можна оцінити за інтенсивністю перекисного окиснення ліпідів біомембран (ПОЛ). Оскільки МДА є одним із найстабільніших продуктів ПОЛ, його вміст у тканинах можна використовувати для оцінювання активності цього процесу в насінні на початку проростання та дослідження ростового потенціалу рослин гороху посівного [2].

Інноваційним напрямом сучасної науки є розроблення методів екзогенної регуляції та стабілізації адаптивних можливостей рослин з використанням екологічно безпечних мікробних препаратів та фізіологічно активних речовин синтетичного та природного походжень [3–5].

Застосування мікробних препаратів сприяє комплементарному зв'язуванню поверхневих глікополімерів ризобій за первинних контактів із рослиною-хазяїном, формуванню симбіотичної системи та функціонуванню азотофіксуючого нітрогеназного комплексу [6].

Екзогенні регулятори росту виконують комплексну дію. Проникаючи крізь мембрани клітин, вони здатні пришвидшувати передачу генетичної інформації, мембранні процеси, поділ клітин, ферментативні реакції, фотосинтез, процеси дихання і живлення, що сприяє інтенсифікації ростових процесів у рослинному організмі [7, 8]. Стимулюючи природні захисні механізми рослинного організму, вони істотно підвищують стійкість рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища [9–11]. Біологічно активні речовини здатні змінювати перебіг мікробіологічних процесів у ризосфері рослин і підвищувати нітрогеназну активність не лише тих штамів ризобій, які застосовували для інокуляції, а й аборигенних мікроорганізмів у зоні висіяного насіння. Це важливо для формування бобово-ризобіального симбіозу під час вирощування зернобобових культур [12–14].

Проте процеси регуляції адаптивних і фітостимулювальних можливостей рослин гороху посівного на початкових етапах

1. Схеми дослідів

Варіант	Препарат	Норма витрати, л/т
1 (контроль)	—	—
2	Ризобофіт	0,5
3	АКМ	0,3
4	АКМ+ризобофіт	0,3+0,5

органогенезу фізіологічно активними речовинами в поєднанні з мікробними препаратами вивчено недостатньо.

Мета роботи — дослідити фізіолого-біохімічні реакції в насінні, коренях і паростках гороху посівного на початкових етапах онтогенезу за використання біопрепаратів і регуляторів росту рослин.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в лабораторії моніторингу якості ґрунтів та продукції рослинництва НДІ агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету. У лабораторному 2-факторному досліді (АКМ — фактор А, ризобофіт — фактор В) використано насіння гороху посівного (*Pisum sativum* L.) сорту Глянс. Насіння пророщували в контейнерах із піском у термостаті за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$ до стадії розвитку ВВСН 08 без світла, далі — при освітленні. Перед пророщенням насіння обробляли робочими розчинами препаратів із розрахунку 20 л робочого розчину на 1 т насіння за схемою (табл. 1). У контрольному варіанті використовували воду (20 л/т насіння). Повторність варіантів у досліді — 6-разова.

Інтенсивність перекисного окиснення ліпідів у тканинах сім'янки, проростка і кореня оцінювали за вмістом МДА, який визначали спектрофотометричним методом і перераховували на суху речовину. Цей показник і масу сухих речовин визначали на стадіях розвитку гороху ВВСН (00, 03, 05, 08, 12, 13, 14, 15) за загальноприйнятими методиками [15–17]. Дисперсійний та кореляційний аналізи і статистичну оцінку середніх показників проводили за методикою В.О. Єщенко та програмою «Statistica–6» [17].

Результати досліджень. Активізація АФК через накопичення МДА є одним із механізмів відновлення метаболічних процесів за виходу насіння зі стану спокою. За результатами

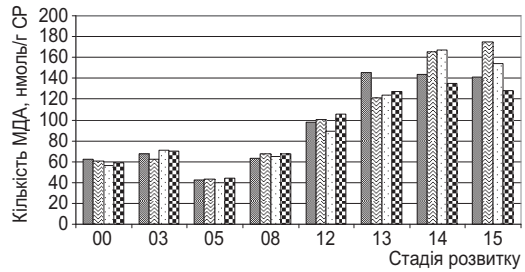


Рис. 1. Кількість МДА в сім'ядолі гороху, нмоль/г сухої речовини; ■ — вода (контроль); ▨ — ризобофіт; □ — АКМ; ▩ — АКМ+Р (для рис. 1, 2)

досліджень, передпосівна інкрустація насіння регулятором росту рослин (РРР) АКМ сприяла зменшенню вмісту МДА в сухому насінні (ВВСН — 00) на 9,5% порівняно з контролем. Вплив біопрепарату ризобофіт на інтенсивність ПОЛ недостовірний (рис. 1).

Під час активного поглинання води (ВВСН — 03) збільшується інтенсивність метаболізму і вміст МДА зростає за використання АКМ та його суміші з ризобофітом на 5% порівняно з контролем. Частка впливу регулятора росту (фактор А) становила 43,1%. Вплив мікробного препарату був неістотним (фактор В) — 0,4%, а взаємодія цих факторів була найвищою — 56,5%.

Дослідження впливу передпосівної обробки насіння гороху на фізіолого-біохімічні процеси проростання підтверджують залежність між розподілом сухої речовини в сім'янці та вмістом МДА. Так, на стадії прокльовування первинного корінця (ВВСН 05) суха маса сім'янки зменшується через активне витривання поживних речовин (табл. 2).

Найінтенсивніше зазначені процеси відбуваються в насінні, обробленому АКМ та його сумішшю з ризобофітом, що підтверджується збільшенням сухої маси кореня в цих варіантах на 23–37% порівняно з контролем і зменшенням ступеня розвитку оксидативного стресу за рахунок зниження вмісту МДА з 376,35 нмоль/г СР (контроль) до 235,29 нмоль/г СР (варіант 3) і до 287,39 нмоль/г СР (варіант 4, табл. 3, рис. 2). Процес витрати поживних речовин сім'янки продовжується в усіх варіантах і на стадії росту гіпокотеля (ВВСН 08), що пов'язано з інтенсивним ростом коренів та паростків. Найбільший приріст сухої маси

2. Суха маса однієї сім'янки гороху, мг ($M \pm m$, $n=10$)

Стадія розвитку	Без АКМ		з АКМ	
	1 (контроль) (без ризобіофіту)	2 (з ризобіофітом)	3 (без ризобіофіту)	4 (з ризобіофітом)
00	241,10±1,70	239,75±3,17	234,33±2,17	243,33±3,11
03	209,08±0,42	210,58±0,46	218,63±0,22*	211,62±0,65*♦
05	202,33±2,50	201,83±3,95	205,17±2,02	202,00±0,19
08	167,50±7,29	168,38±4,26	165,88±1,23	176,13±0,51
12	105,25±2,45	102,25±0,87	104,75±1,15	104,63±1,37
13	77,37±0,79	52,63±2,24	64,00±2,31	74,38±0,65
14	45,37±1,80	44,13±44,13	49,00±2,74	40,63±1,95
15	16,87±0,22	17,67±0,79	16,50±0,14	18,88±0,51

*Достовірність різниці між 3 і 1, 4 і 2 варіантами; $P \leq 0,05$; ● між 2 і 1, 3 і 4 варіантами, $P \leq 0,05$; ♦ між 4 і 1 варіантами, $P \leq 0,05$. Для табл. 2–4.

коренів спостерігався у варіанті з використанням мікробного препарату ризобіофіт, що в 1,5 раза перевищувало контроль (табл. 3).

Слід зазначити, що інтенсивність ПОЛ у коренях за обробки активним штамом ризобій зменшилася в 1,4 раза, а в насінні, навпаки, збільшилася в 1,1 раза порівняно з контролем, що, можливо, пов'язано з пошкодженням насінневої оболонки бактеріями та збільшенням процесу поглинання води (див. рис. 2).

Достовірного впливу на приріст сухої маси паростка не виявлено, а найбільша інтенсивність ПОЛ спостерігалася за поєднаного використання АКМ з ризобіофітом і була в 1,3 раза більшою, ніж на контролі (див. рис. 2).

Отже, у період гетеротрофного живлення накопичення сухої речовини в молодих коренях і паростках залежить від активності перетворення запасних речовин зернівки, що найінтенсивніше спостерігається за передпосівної обробки АКМ та його сумішшю з ризобіофітом.

Під час переходу до автотрофного типу живлення (ВВСН — 12–13) у сім'ядолі зростає

метаболична активність, суха маса її достовірно зменшується в усіх варіантах, а витрати сухої речовини становлять 48,5%. Однак найістотніша різниця порівняно з контролем (17–32%) була у варіанті за передпосівної інкрустації насіння АКМ та інокуляції ризобіофітом (див. табл. 2). Ця залежність підтверджується зниженням вмісту МДА у зазначених варіантах на 15–16% порівняно з вмістом МДА в необробленому насінні (див. рис. 1). Між вмістом МДА і сухих речовин у проростаючій сім'янці відзначено сильний обернений кореляційний зв'язок ($r = -0,921 - 0,949$). Частка впливу регулятора росту АКМ (фактор А) на витрати СР зернівки була найвищою (39,7%), менше впливала взаємодія факторів (36,8%).

Активізація метаболізму підтверджується також і стимуляцією ростових процесів у коренях та паростках, що виявляється в накопиченні сухої речовини більшою мірою за використання регулятора росту (на 17,5–18% більше, ніж на контролі), меншою — за застосування мікробного

3. Суха маса коренів гороху в перерахунку на біологічну одиницю, мг ($M \pm m$, $n=10$)

Стадія розвитку	Без АКМ		з АКМ	
	1 (контроль) (без ризобіофіту)	2 (з ризобіофітом)	3 (без ризобіофіту)	4 (з ризобіофітом)
05	4,29±0,36	4,21±0,12	5,29±0,14*	5,86±0,08*♦♦
08	13,44±0,40	19,89±0,11●	16,83±0,10*	15,17±0,10*♦♦
12	33,75±0,58	34,46±0,27	39,63±1,08*	34,38±0,07●
13	41,13±0,79	37,50±1,94	41,67±0,58	40,92±0,51*
14	45,83±1,06	43,42±1,31	46,75±0,58	45,33±1,9
15	67,38±0,36	56,67±1,04●	94,88±1,58*	80,5±0,29*♦

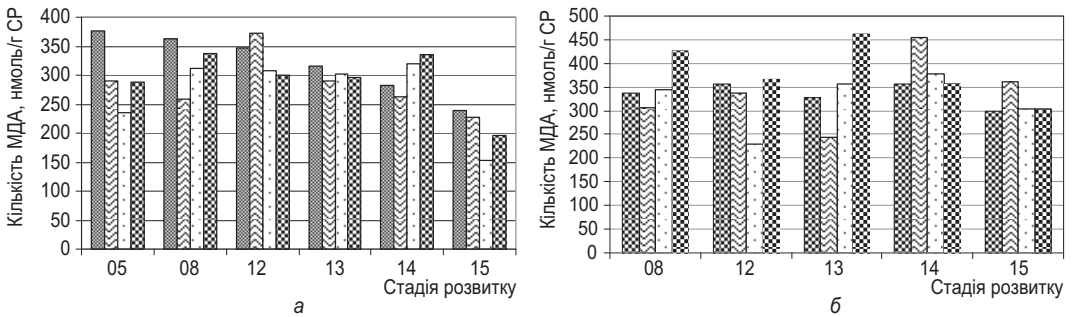


Рис. 2. Кількість МДА в коренях (а) та паростках (б) гороху, нмоль/г сухої речовини

4. Суха маса паростків гороху в перерахунку на біологічну одиницю, мг ($M \pm m$, $n=10$)

Стадія розвитку	Без АКМ		з АКМ	
	1 (контроль) (без ризобофіту)	2 (з ризобофітом)	3 (без ризобофіту)	4 (з ризобофітом)
08	13,11±0,68	12,5±0,29	11,89±0,22*	12,33±0,19
12	36,25±0,14	32±0,14●	33,42±0,30*	35,75±0,43*●
13	44,67±1,23	48,75±0,87●	52,83±0,30*	40,00±0,14*◆◆
14	53,38±0,94	57±0,72●	63,00±0,14*	59,00±0,02*◆◆
15	67,00±1,63	74,75±0,72●	72,88±0,07*	69,38±0,22*◆◆

препарату (на 2–9%) (табл. 3, 4).

Упродовж досліджуваних стадій розвитку гороху між умістом МДА і сухих речовин у паростках гороху встановлено сильний обернений кореляційний зв'язок за поєднаної дії АКМ і ризобофіту ($r = -0,726$), який послаблювався до середнього і слабого за інших варіантів обробки ($r = 0,187 - 0,455$).

Установлено, що процес накопичення сухої речовини в коренях на стадії розвитку 4-х справжніх листків із прилистками дещо уповільнився, а вміст МДА різко зріс, особливо у варіантах за обробки регулятором росту АКМ та АКМ із ризобофітом (у 1,2 раза більше, ніж на контролі) (див. рис. 2). Це свідчить про формування в коренях реакції на фізіологічний стрес, зумовлений запуском механізму формування бульбочок та інтенсифікацією окиснювального метаболізму в тканинах.

Слід зазначити, що надмірне утворення АФК є короткотривалим, і на стадії

(ВВСН 15) уміст МДА в коренях у зазначених варіантах обробки достовірно знижується в 1,2–1,6 раза порівняно з умістом МДА в необробленому насінні (див. рис. 2), а вміст сухої речовини збільшується на 19,5–41% щодо контролю (див. табл. 3). Це можна пояснити антиоксидантним ефектом від застосування РРР АКМ та його суміші з мікробним препаратом ризобофіт та адаптацією кореневої системи до умов росту.

Між умістом МДА і сухих речовин у коренях гороху встановлено сильний обернений кореляційний зв'язок ($r = -0,574 - 0,957$). Найбільший вплив на ріст коренів мав фактор А — регулятор росту рослин (78,8%).

Отже, у період автотрофного живлення впродовж усіх фаз розвитку гороху посівного на процеси проростання насіння, росту та розвитку молодих коренів і паростків найбільший вплив мали препарат АКМ та його поєднання з ризобофітом.

Висновки

За результатами досліджень, у період гетеротрофного живлення найбільший вплив на проростання насіння гороху мали

препарат АКМ та його суміш із ризобофітом, що підтверджується збільшенням сухої маси коренів на 23 та 37% і зменшенням

інтенсивності процесів пероксидації ліпідів, про що свідчить зниження вмісту МДА на 37,5 і 24% порівняно з контролем.

Під час автотрофного живлення суха маса сім'ядолі інтенсивно зменшується за обробки АКМ та його суміші з ризобіфітом, що супроводжується активізацією ростових процесів у коренях і паростках та збільшенням їх маси. Інтенсивність ПОЛ у коренях знижується, що свідчить про формування адаптивної реакції на фізіологічний і хімічний стреси під час проростання та формування бульбочок. Інтенсивність ПОЛ у паростку впродовж

усієї фази проростання змінюється неоднозначно, що потребує подальших досліджень.

Протягом досліджуваних стадій розвитку рослин гороху встановлено обернений кореляційний зв'язок між вмістом МДА і сухою масою сім'янки ($r=-0,921-0,949$), МДА і сухою масою коренів ($r=-0,574-0,826$) та між МДА і сухою масою паростків ($r=-0,455-0,726$).

Отже, АКМ і його суміш з ризобіфітом проявляють фітостимулювальні та адаптогенні властивості і можуть бути використані для активізації проростання насіння гороху посівного.

Мусяенко Н.Н.¹, Капинос М.В.²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ул. Владимирская, 60, г. Київ, 01033, Україна, ²Таврический государственный агротехнологический университет, просп. Б. Хмельницкого, 18, г. Мелитополь, Запорожская обл., 72310, Україна; e-mail: ¹n_musienko@ukr.net; ²mkapinosv@gmail.com

Фізіолого-біохімічні реакції в семенах і рослинах гороха посівного (*Pisum sativum* L.) на початкових етапах онтогенезу при дії біопрепаратів і регуляторів росту рослин.

Цель. Исследовать физиолого-биохимические реакции в семенах, корнях и побегах гороха посевного на начальных этапах онтогенеза при использовании биопрепаратов и регуляторов роста растений. **Методы.** Семена гороха посевного (*Pisum sativum* L.) сорта Глянц обрабатывали рабочими растворами регулятора роста растений АКМ и микробным препаратом ризобифит, а также проращивали в контейнерах с песком в термостате при температуре 20±2°C. Интенсивность перекисного окисления липидов в тканях прорастающих семян, молодых проростках и корнях оценивали по содержанию малонового диальдегида (МДА), который определяли спектрофотометрическим методом в пересчете на сухое вещество (СВ). Данный показатель, а также массу сухих веществ определяли на стадиях развития гороха ВВСН (00, 03, 05, 08, 12, 13, 14, 15) по общепринятым методикам. **Результаты.** Установлено, что предпосевная обработка семян регулятором роста растений АКМ и его смесью с микробным препаратом ризобифит в период гетеротрофного питания активизирует метаболические процессы в семянке, стимулирует прорастание, увеличивает сухую массу корней на 23 и 37% и уменьшает интенсивность процессов ПОЛ на 37,5 и 24% по сравнению с контролем. С переходом к автотрофному типу питания сухая масса семядоли интенсивно уменьшается

при обработке АКМ и его смесью с ризобифитом, что сопровождается активизацией ростовых процессов в корнях и проростках, увеличением их массы. Интенсивность ПОЛ в корнях снижается, что свидетельствует о формировании адаптивной реакции на физиологический и химический стрессы при прорастании и формировании клубеньков. **Выводы.** Доказано, что эти препараты проявляют фитостимулирующее и адаптогенное влияние на процессы прорастания семян и начальный рост корней и побегов гороха посевного (*Pisum sativum* L.).

Ключевые слова: сухая масса, перекисное окисление липидов, семядоля, проростки, корни гороха посевного, микробный препарат, регулятор роста растений.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201807-02>

Musiyenko N., Kapinos M.²

¹T. Shevchenko Kyiv national university, Volodymyrska Str., 60, Kyiv, 01033, Ukraine, ²Taurian state agrotechnological university, B. Khmelnytskyi Avenue, 18, Melitopol, Zaporizhka oblast, 72310, Ukraine; e-mail: ¹n_musienko@ukr.net; ²mkapinosv@gmail.com

Physiological-biochemical responses in seeds and plants of pease (*Pisum sativum* L.) at initial stages of ontogenesis at action of biological products and growth regulators of plants.

The purpose. To probe physiological-biochemical responses in seeds, roots and shoots of pease at initial stages of ontogenesis at use of biological products and growth regulators of plants. **Methods.** Seeds of pease (*Pisum sativum* L.) of grade Glians were treated with working solutions of growth regulator of plants АКМ and microbial specimen Rizobifit. Seeds were germinated in containers with sand in a thermostat at temperature of 20±2°C. Intensity of peroxide oxidation of lipids in tissues of germinating seeds, young plantlets and roots was evaluated according to the content of

malonic dial (MD) which was determined with the help of spectrophotometric method and recalculation for dry matter (DM). That index, and also mass of dry matters was determined at different stages of growth of pease BBCH (00, 03, 05, 08, 12, 13, 14, 15) according to practical standards. **Results.** It is determined that presowing treatment of seeds with growth regulator of plants AKM and its mixture with microbial specimen Rizobofit during heterotrophic nutrition makes active metabolic processes in mericarp, stimulates germination, increases dry mass of roots by 23 and 37% and decreases intensity of POL processes by 37,5 and 24% in comparison to the control. With transfer to autotrophic type of feed the dry mass of seed-lobe intensely

drops at treating with AKM and its mixture with Rizobofit. That process is accompanied by activation of growth processes in roots and plantlets, and increase in their mass. POL intensity in roots drops, that testifies to formation of adaptive response to physiological and chemical stresses at germination and formation of nodules. **Conclusions.** It is proved that these specimens manifest phyto-stimulating and adaptogenic effect on the processes of germination of seeds and initial propagation of roots and shoots of pease (*Pisum sativum* L.).

Key words: dry mass, peroxide oxidation of lipids, seed-lobe, plantlets, roots of pease, microbial specimen, growth regulator of plants.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201807-02>

Бібліографія

1. Гончар Л.М., Щербаківа О.М. Вплив передпосівного оброблення насіння на фізіолого-біохімічні процеси під час проростання насіння нуту. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2015. Вип. 210. Ч. 1. С. 54–58.
2. Бацманова Л.М., Таран Н.Ю. Скринінг адаптивного потенціалу рослин за показниками оксидного стресу. Київ: Авега, 2010. 79 с.
3. Као С.М., Лі С.Н., Чен Я.Л., Чен С.С. Utilization of the metal-cyano complex tetracyanonickelate by *Azotobacter vinelandii*. *Let. Appl. Microbiol.* 2005. V. 41. № 2. P. 216–220.
4. Міхєєв В.Г. Вплив регуляторів росту й інокуляції насіння на продуктивність фотосинтезу посівів сої. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2012. № 13. С. 172–178.
5. Мурач О.М., Волкогон В.В. Формування симбіотичного апарату гороху за впливу бактеріальних препаратів, мікроелементів і стимулятора росту. *Агроєкологічний журн.* 2014. № 4. С. 55–59.
6. Шерстобасва О.В., Чабанюк Я.В., Калинич О.М. та ін. Біологічна активність у ризосфері сої за комплексної інокуляції. *Там само*. 2011. № 2. С. 77–80.
7. Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтьюк І.Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. С. 57–98.
8. Алексєвич М., Ванік М., Конончук А., Конончук О. Оптимізація фізіолого-біохімічних процесів у сої застосуванням регуляторів росту рослин та молібдену. *Проблеми та перспективи наук в умовах глобалізації*: матер. ІХ Всеукр. наук. конф. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2013. С. 229–233.
9. Цыганкова В.А., Андрусевич Я.В., Бабаянц О.В. и др. Повышение регуляторами роста иммунитета растений к патогенным грибам, вредителям и нематодам. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2013. Т. 45, № 2. С. 138–147.
10. Артюшенко Т.А. Вплив агростимуліну на рівень фізіологічної адаптації гороху до сумісної дії сполук нікелю і кадмію. *Регуляція росту і розвитку рослин: фізіолого-біохімічні і генетичні аспекти*: матер. II міжнар. наук. конф. (м. Харків 11–13 жовт. 2011 р.). Харків, 2011. С. 161–162.
11. Kandan A., Ramiah M., Vasanthi V. Use of *Pseudomonas fluorescens*-based formulations for management of tomato spotted wilt virus (TSWV) and enhanced yield in tomato. *Biocontrol science and technology*. 2005. V. 15(6). P. 553–569.
12. Комак М.С., Волкогон В.В., Дімова С.Б. Фізіологічно активні речовини як засіб підвищення ефективності мікробних препаратів для сої. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві*: матер. VIII наук. конф. молодих учених (м. Чернігів 25–27 вер. 2012 р.). Чернігів: ЦНП, 2012. С. 37–41.
13. Коць С.Я., Моргунов В.В., Патыка В.Ф. и др. Биологическая фиксация азота: моногр.: в 4-х т. Т. 2: *Бобово-ризобияльный симбиоз*. Киев: Логос, 2011. 523 с.
14. Пономаренко С.П., Терек О.И., Грицаєнко З.М. и др. Биорегуляция микробно-растительных систем; под ред. Г.А. Иутинской, С.П. Пономаренко. Киев: Нічлава, 2010. 472 с.
15. Мусієнко М.М., Парикова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології та екології рослин. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 200 с.
16. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М. та ін. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця, 2013. 724 с.
17. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В. та ін. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.