

УДК 581.143.2:581.43:581.2:633.31/.37+632.9:579.64

**ФІЗИОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ НАНОАКВАЦИТРАТИВ СРІБЛА І МІДІ НА РОЗВИТОК *GALEGA ORIENTALIS* У РАЗІ ЗАСТОСУВАННЯ КОНСОРЦІУМУ МІКРООРГАНІЗМІВ І ШТУЧНОГО ЗАРАЖЕННЯ *ACHOLEPLASMA LAIDLAWII* VAR. *GRANULUM***

Г.Б. ГУЛЯЄВА<sup>1</sup>, В.П. ПАТИКА<sup>1</sup>, І.П. ТОКОВЕНКО<sup>1</sup>, М.В. ПАТИКА<sup>2</sup>, В.І.МАКСІН<sup>2</sup>, В.Г. КАПЛУНЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України

03143 Київ, вул. Академіка Заболотного, 154

e-mail: ab\_k@ukr.net

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

03041 Київ, вул. Героїв Оборони, 15

e-mail: n\_patyka@mail.ru

У лабораторному досліді встановлено, що позакоренева обробка насіння *Galega orientalis* наноаквацитратами срібла і міді разом із застосуванням консорціуму ґрунтово-корисних мікроорганізмів у складі препарату екстракон чинила адитивний фізіологічний ефект, пришвидшувала ріст проростків, сприяла підвищенню активності оксидоредуктаз у тканинах. Активність неспецифічних пероксидаз і каталази у тканинах найбільше зростала за інокуляції проростків фітопатогенною мікоплазмою *Acholeplasma laidlawii* — відповідно на 71,4 і 66,7 %. За передпосівної обробки насіння 1 %-м розчином наноаквацитратів срібла і міді активність пероксидази й каталази підвищувалась меншою мірою — на 35 і 36,7 %.

**Ключові слова:** *Galega orientalis* Lam., наноаквацитрати срібла і міді, оксидоредуктази, консорціум мікроорганізмів, мікоплазма, *A. laidlawii* var. *granulum* шт. 118.

Важливим аспектом сучасного землекористування є відновлення природної біорегуляції агроценозів, оскільки у зв'язку зі зростанням антропогенного навантаження на ценози руйнуються й винищуються природні трофічні зв'язки ґрунт—рослина за участю мікробіоти [6]. У такій ситуації вільні еконіші починають займати фітопатогенні мікроорганізми, що в підсумку погіршує родючість ґрунту [3, 19]. Шляхами поліпшення такої ситуації є застосування у сівозміні ефективних попередників для зернових, таких як бобові рослини (зокрема козлятник східний — *Galega orientalis*), та біологічних препаратів із вмістом консорціуму мікроорганізмів, що сприяють трансформації рослинних решток у біогумус [19].

Такі бобові рослини, як *Galega orientalis*, відомі своєю здатністю насичувати ґрунт значною кількістю азоту й органічних речовин, поліпшувати його структуру, родючість та аерацію [9]. Водночас одним із мікроорганізмів з високою шкодочинністю, специфічним для рослин пшениці, але здатним уражувати й *Galega orientalis*, є фітопатогенна мікоплазма *Acholeplasma laidlawii* var. *granulum*, яка належить до класу молюсків [10].

Слід зазначити, що одним із альтернативних шляхів подолання впливу фітопатогенних мікроорганізмів може бути використання нанотехнологій, зокрема застосування аквахелатів наночастинок срібла і міді [17]. Вибір такої наноконструкції зумовлений відомостями про інгібувальну дію іонів срібла і міді на патогенні мікроорганізми. Перевагою застосування такої композиції є вибірковість впливу наноаквахелатів, які не ушкоджують рослину-хазяїна й не викликають мутаційної мінливості патогенів [11, 12].

Заслугує на увагу також впровадження екологічно безпечних технологій відродження ґрунтів, зокрема використання природного консорціуму мікроорганізмів, призначених для оздоровлення ґрунту, підживлення рослин і трансформування будь-якої органічної речовини у біогумус. Сучасний мультифункціональний препарат такого класу українського виробництва на основі природного консорціуму мікроорганізмів — екстракон [19]. Основними його перевагами є здатність активувати корисну мікрофлору шляхом пріоритетного її заселення на субстрат, трансформувати речовини у гумусоподібну субстанцію і формувати родючий шар ґрунту [19].

Метою нашої роботи було визначення фізіологічного впливу наноаквахелатів срібла і міді на розвиток проростків *Galega orientalis* й активність оксидоредуктаз — каталази і пероксидази в їхніх тканинах у разі застосування біому консорціуму мікроорганізмів і штучної інокуляції мікоплазмою *Acholeplasma laidlawii*.

## Методика

У лабораторному досліді насіння *Galega orientalis* сорту Козлятник східний пророщували рулонним методом [1]. Перед посівом проводили скарифікацію насіння механічним способом (розтиранням у ступці з кварцовим піском). Стерилізували насіння зволоженням протягом 5 хв 96 %-м етанолом із подальшим просушуванням фільтрувальним папером.

Для проведення експерименту використовували поліетиленову плівку розміром 40 × 15 см, на яку клали аркуш фільтрувального паперу відповідного розміру і зволожували його дистильованою водою. Пробу простерилізованого насіння розкладали на відстані 1—2 см у верхній частині аркуша по 90 шт. в один ряд. Насіння накривали чистим аркушем фільтрувального паперу, зволожували, не туго скручували в рулон і вміщували вертикально (насінням вгору) у склянки з поживним розчином (10 %-й розчин нативного або стерилізованого біопрепарату екстракон). Склянки з рулонами ставили у термостат, у якому підтримувалась температура 24 °С, за потреби у склянки з рулонами добавляли дистильовану воду.

Фітопатогенну мікоплазму *Acholeplasma laidlawii* var. *granulum* шт. 118 (УКМ ВМ-34 ІМВ НАН України) культивували на рідкому поживному середовищі СМ ІМВ-72 (рН 7,8) у термостаті за температури 32 °С упродовж 72 год (щільність суспензії — 10<sup>9</sup> КУО/мл). Культуру *A. laidlawii* використовували для інокуляції п'ятидобових проростків (метод Клементя).

1 %-й робочий розчин наноаквацитратів Ag + Cu для обробки насіння готували з маточного розчину — препарату «шумерське срібло», що складається з цитратів активного срібла і міді концентрацією відповідно 250±25 мг/л (виробник ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології», Україна). Скарифіковане насіння перед посівом рівномірно обприскували 1 %-м розчином наноаквацитратів Ag + Cu, надмірну кількість вологи видаляли за допомогою фільтрувального паперу. Контрольну пробу насіння зволожували водою.

У досліді використано препаративну форму біопрепарату (БП) екстраккон (Україна), що є торфоподібним субстратом, який містить консорціум ґрунтових целюлозолітичних і гетеротрофних мікроорганізмів (*Sporocytophaga mixococcoides*, *Sorangium cellulosum*, *Cellvibrio mixtus*, *Trichoderma viridae*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Bacillus subtilis*, *B. sphaericus*, *B. megaterium*, *B. pumilus*) у функціонально активному стані, що тісно пов'язані трофічно.

В експерименті використано 10 %-й розчин екстраккону, який отримували розчиненням вихідної препаративної форми БП у дистильованій воді. Для виготовлення розчинів БП для контрольних варіантів екстраккон попередньо стерилізували протягом 10–15 хв за температури 100 °С.

Дослід проводили за такою схемою: 1 — контроль (пророщування насіння в 10 %-му розчині стерилізованого БП екстраккон; 2 — пророщування насіння в 10 %-му розчині нативного БП екстраккон з наступною інокуляцією проростків *A. laidlawii*; 3 — передпосівна обробка 1 %-м розчином наноаквацитратів Ag + Cu із подальшим пророщуванням насіння в 10 %-му розчині стерилізованого БП екстраккон та наступною інокуляцією проростків *A. laidlawii*; 4 — передпосівна обробка 1 %-м розчином наноаквацитратів Ag + Cu із подальшим пророщуванням насіння в 10 %-му розчині нативного БП екстраккон; 5 — передпосівна обробка 1 %-м розчином наноаквацитратів Ag + Cu із подальшим пророщуванням насіння в 10 %-му розчині нативного БП екстраккон та інокуляцією проростків *A. laidlawii*.

Енергію проростання  $E_{\text{пр}}$  визначали на третю добу за формулою

$$E_{\text{пр}} = \frac{X_{\text{пр}}}{X_{\text{заг}}} \cdot 100 \% , \quad (1)$$

де  $X_{\text{пр}}$  — кількість пророслих насінин;  $X_{\text{заг}}$  — загальна кількість насінин.

На 4–5-ту добу проводили ваговий аналіз проростків дослідних рослин. Для аналізу брали біологічну повторність — 10 рослин на варіант, повторність у досліді — триразова. Фізіологічний ефект ( $E_{\text{phy}}$ , %) розраховували за формулою

$$E_{\text{phy}} = \frac{M_x - M_0}{M_0} \cdot 100 \% , \quad (2)$$

де  $M_0$  — середня маса проростків контрольних рослин;  $M_x$  — середня маса проростків дослідних рослин.

Мікрофотографії коренів шестидобових проростків *Galega orientalis* фіксували цифровою камерою Brassер MikrOkular-VGA 640 × 480 (Німеччина), вмонтованою в окуляр світлового мікроскопа для біологічних досліджень Paralux PSB-1600× (Франція).

Ферментативну активність каталази й пероксидази аналізували на шестидобових проростках через 1 добу після інокуляції *A. laidlawii* var. *granulum* шт. 118. Повторність в експерименті триразова. Активність пероксидази визначали за методом Бояркіна і виражали в умовних одиницях на 1 г сирій тканини, каталази — титриметричним методом у мл  $O_2/(г \cdot хв)$  [2].

Статистичний аналіз проведено за програмою Statistica 8.0, дані обчислено за MS Excel.

**Результати та обговорення**

Визначивши вплив передпосівної обробки насіння *Galega orientalis* 1 %-м розчином наноаквацитратів Ag + Cu, ми встановили тенденцію деякого пригнічення, хоча й неістотного, енергії проростання насіння (таблиця). За масою п'ятидобових проростків спостерігали слабкий стимулювальний ефект (12,5 %) порівняно з контролем. За передпосівної обробки насіння *Galega orientalis* в 1 %-му розчині наноаквацитратів Ag + Cu із додаванням 10 %-го розчину нативного БП екстракон істотно активувались як енергія проростання (62 % відносно контролю), так і стимулювальний фізіологічний ефект за масою проростків (див. таблицю).

За морфологічними ознаками корені проростків козлятника, вирощених із додаванням 10 %-го розчину БП екстракон, характеризувалися щільнішим ростом корневих волосків порівняно з контрольними рослинами (рис. 1).

Відомо, що антиоксидантні ферменти класу оксидоредуктаз, такі як каталаза (КФ 1.11.1.6) й пероксидази (КФ 1.11.1.7), відновлюють пе-

*Енергія проростання та фізіологічний ефект за передпосівної обробки насіння Galega orientalis в 1 %-му розчині наноаквацитратів Ag + Cu і біопрепарату екстракон*

Варіант обробки	$E_{up}, \%$	$E_{phy}, \%$
Контроль (пророщування насіння в 10 %-му розчині стерилізованого БП екстракон)	34±1,5	—
Передпосівна обробка 1 %-м розчином наноаквацитратів Ag + Cu із подальшим пророщуванням насіння в 10 %-му розчині стерилізованого БП екстракон	32±1,4	14,3±0,6
Передпосівна обробка 1 %-м розчином наноаквацитратів Ag + Cu із подальшим пророщуванням насіння в 10 %-му розчині нативного БП екстракон	62±2,8	27,9±0,9

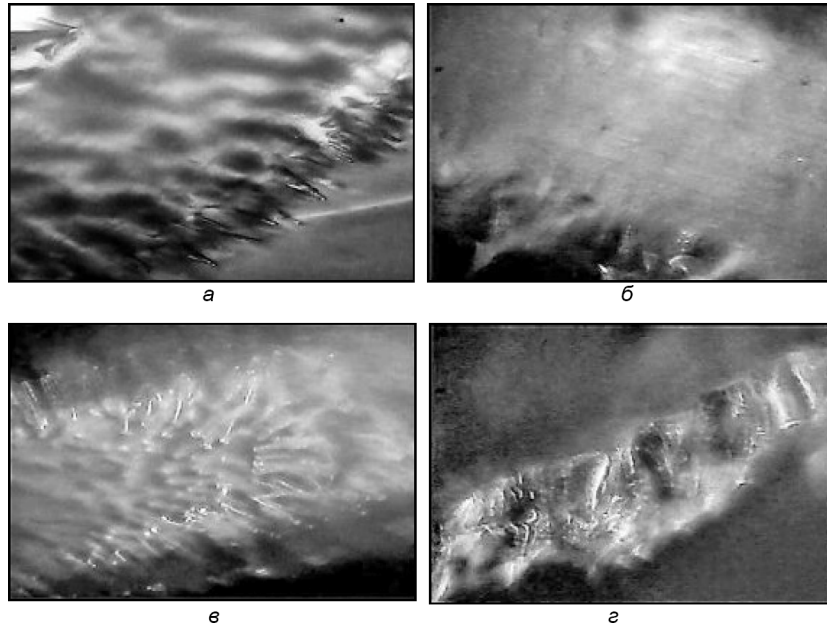


Рис. 1 Мікрофотографії (× 100) коренів шестидобових проростків *Galega orientalis*: а, б — контроль; в, г — 10 %-й розчин БП екстракон

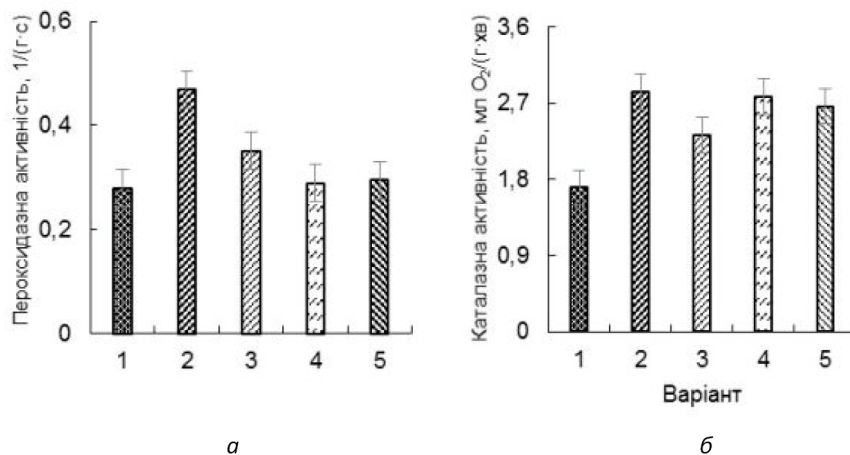


Рис. 2. Активності пероксидази (а) і каталази (б) у тканинах шестидобових проростків *Galega orientalis* за передпосівної обробки насіння *Galega orientalis* 1 %-м розчином nanoоквацитратів Ag + Cu та 10 %-м розчином екстракон:

1 — контроль (пророщування насіння в 10 %-му розчині стерилізованого БП екстракон без обробки); 2 — пророщування насіння в 10 %-му розчині нативного БП екстракон з інокуляцією п'ятидодобових проростків *Galega orientalis* *A. laidlawii*; 3 — передпосівна обробка 1 %-м розчином nanoоквацитратів Ag + Cu із подальшим пророщуванням насіння в 10 %-му розчині стерилізованого БП екстракон та наступною інокуляцією проростків *A. laidlawii*; 4 — передпосівна обробка 1 %-м розчином nanoоквацитратів Ag + Cu із подальшим пророщуванням насіння в 10 %-му розчині нативного БП екстракон; 5 — передпосівна обробка 1 %-м розчином nanoоквацитратів Ag + Cu із подальшим пророщуванням насіння в 10 %-му розчині нативного БП екстракон та інокуляцією проростків *A. laidlawii*

роксид водню до води, відновниками слугують різні сполуки [7]. Вільні пероксидази, або пероксидази класу III, що локалізовані переважно у цитоплазмі та вакуолях і можуть належати до вакуолярної системи аскорбат/фенол/пероксидази, каталізують окиснення субстрату органічної природи, зокрема фенольні сполуки [5]. На відміну від пероксидази швидкість розкладання пероксиду ферментом каталазою вища майже у 10 000 разів [5]. Слід зазначити, що пероксид водню для каталази є єдиним субстратом, тому дослідники часто використовують зміну активності цих ферментів як маркери стійкості за дії різних чинників навколишнього середовища, а також при вивченні реакції рослинних клітин за впливу біологічно активних речовин [4, 8, 13, 15, 16, 18, 20–22].

Дослідивши активність неспецифічних пероксидаз (пероксидази класу III) за інокуляції *A. laidlawii* п'ятидодобових проростків *Galega orientalis*, ми встановили зростання їх ферментативної активності на 71,4 % відносно контролю, тоді як у варіанті з інокуляцією мікоплазмою після передпосівної обробки насіння 1 %-м розчином nanoоквацитратів Ag + Cu пероксидазна активність зростала менше — на 25 %. У варіантах із додаванням нативного БП екстракон та обробкою nanoоквацитратами пероксидазна активність залишалась на рівні контролю (рис. 2, а).

Каталазна активність у тканинах заражених *A. laidlawii* проростків зростала значно — на 66,7 %, а за передпосівної обробки nanoоквацитратами була дещо нижчою — на 36,6 % більшою відносно контролю (див. рис. 2, б). У варіантах із застосуванням нативного БП екстракон разом із передпосівною обробкою 1 %-м розчином nanoоквацитратів Ag + Cu каталазна активність зростала на 63,3 %, а в разі інокуляції мікоплазмою за цих умов обробки — на 56,7 % відносно контролю.

Отже, передпосівна обробка насіння *Galega orientalis* 1 %-м розчином наноаквацитратів Ag + Cu на фоні застосування 10 %-го розчину нативного БП екстракон істотно стимулює енергію проростання (на 62 % відносно контролю) і чинить значний фізіологічний ефект, що виявляється в зростанні щільності корневих волосків і поліпшенні росту п'ятидобових проростків. За цих умов значно зростала каталазна активність (на 63,3 % відносно контролю) у тканинах проростків.

Активність неспецифічних пероксидаз і каталази у тканинах найбільше зростала за інокуляції проростків *A. laidlawii* — відповідно на 71,4 і 66,7 %. За передпосівної обробки насіння 1 %-м розчином наноаквацитратів Ag + Cu активність пероксидази й каталази підвищувалась меншою мірою — на 35 і 36,7 %.

Отже, позакоренева обробка насіння *Galega orientalis* наноаквацитратами срібла і міді разом із застосуванням біому консорціуму ґрунтово-корисних мікроорганізмів у складі препарату екстракон чинила адитивний фізіологічний ефект, пришвидшувала ріст проростків, підвищувала активність оксидоредуктаз — каталази й пероксидази у тканинах.

1. Ведмедева Е.В., Кирпичева Н.М., Кобзева Д.А. Разработка методики определения всхожести семян сафлора // Наук.-техн. бюл. Ін-ту олійних культур НААН України. — 2012. — № 17. — С. 48—53.
2. Воскресенская О.Л. Большой практикум по биоэкологии: Учеб. пособие. Ч. 1. — Йошкар-Ола: Изд-во Мар. гос. ун-та, 2006. — 107 с.
3. Гадзало Я.М., Патыка Н.В., Заришняк А.С. Агробиология ризосферы растений. — Киев: Аграрна наука, 2015. — 386 с.
4. Карпенко В.П., Притуляк Р.М., Чернега А.О. Активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз за дії гербіциду Калібр 75 і регулятора росту рослин Біолан // Зб. наук. праць Уманського нац. ун-ту садівництва. — 2013. — Вип. 83, ч. 1. — С. 19—25.
5. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В., Обозный А.И. Антиоксидантная система растений: участие в клеточной сигнализации и адаптации к действию стрессоров // Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту. Сер. Біологія. — 2011. — Вип. 1 (22). — С. 6—34.
6. Медведєв В.В., Лактіонова Т.М., Греков Л.Д. Типології оцінки небезпечних явищ у ґрунтовому покриві України // Ґрунтознавство. — 2004. — 5, № 3—4. — С. 13—23.
7. Мирошніченко О.С. Биогенез, физиологическая роль и свойства каталазы // Биополимеры и клетка. — 1992. — 8, № 6. — С. 3—25.
8. Обозный А.И., Ястреб Т.О., Колупаев Ю.Е. и др. Влияние кратковременного нагрева на активность и термостабильность растворимой пероксидазы корней пшеницы разных экотипов // Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту. Сер. Біологія. — 2010. — Вип. 2 (20). — С. 61—68.
9. Патыка В.П., Пасічник Л.А., Житкевич Н.В. та ін. Хвороби козлятника східного: моніторинг, діагностика, профілактика. — Вінниця, 2016. — 48 с.
10. Токівенко І.П., Патыка В.П. Мікоплазмози рослин та їх серологічна діагностика // Вісн. аграрної науки. — 2015. — № 4. — С. 28—30.
11. Трахтенберг І.М., Дмитруха Н.М. Наночастинки металів, методи отримання, сфери застосування, фізико-хімічні та токсикологічні властивості // Укр. журн. з проблем медицини праці. — 2013. — № 4 (37). — С. 62—74.
12. Харченко О.О. Гігієнічна оцінка цитратів біометалів, що отримані за допомогою нанотехнологій: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — К., 2015. — 20 с.
13. Allen R.G. Oxygen-reactive species and antioxidant responses during development: the metabolic paradox of cellular differentiation // Proc. Soc. Exp. Biol. Med. — 1991. — 196. — P. 117—129.
14. Azoos M.M., Abou-Elhamd M.F., Al-Fredan M.A. Biphasic effect of copper on growth, proline, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities of wheat (*Triticum aestivum* cv. Hasaawi) at early growing stage // Aust. J. Crop. Sci. — 2012. — 6 (4). — P. 688—694.
15. Bakalova S., Nikolova A., Nedeva D. Isoenzyme profiles of peroxidase, catalase and superoxide dismutase as affected by dehydration stress and ABA during germination of wheat seeds // Bulg. J. Plant Physiol. — 2004. — 30, N 1—2. — P. 64—77.
16. Bolwell G.P., Wojtaszek P. Mechanisms for the generation of reactive oxygen species in plant defense — a broad perspective // Physiol. Mol. Plant Pathol. — 1997. — 51. — P. 347—366.
17. Liu R., Lal R. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions // Sci. Total Environ. — 2015. — 514. — P. 131—139.

18. *Luhova L., Lebeda A., Hedererova Pec.P.* Activities of amino oxidase, peroxidase and catalase in seedlings of *Pisum sativum* L. under different light conditions // *Plant Soil Environ.* — 2003. — **49** (4). — P. 151–157.
19. *Patyka N.V., Bublik N.A., Patyka T.I., Kitaev O.I.* Rhizospheric trophic chain: the role and stability in soil processes and ecosystems // *Вестн. Волгоград. гос. ун-та.* — 2014. — Сер. 10. — № 5 (14). — С. 62–67.
20. *Pope M.N.* Catalase activity and respiration in the leaves of growing barley // *J. Agric. Res.* — 1933. — **46** (11). — P. 35–40.
21. *Soto P., Gaete H., Hidalgo M.E.* Assessment of catalase activity, lipid peroxidation, chlorophyll-*a*, and growth rate in the freshwater green algae *Pseudokirchneriella subcapitata* exposed to copper and zinc // *Lat. Amer. J. Aquat Res.* — 2011. — **39** (2). — P. 280–285.
22. *Weisany W., Sohrabi Y., Heidari G. et al.* Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max* L.) // *Plant Omics.* — 2012. — **5** (2). — P. 60–67.

Отримано 22.10.2017

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НАНОАКВАЦИТРАТОВ СЕРЕБРА И МЕДИ НА РАЗВИТИЕ *GALEGA ORIENTALIS* ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КОНСОРЦИУМА МИКРООРГАНИЗМОВ И ИСКУССТВЕННОМ ЗАРАЖЕНИИ *ACHOLEPLASMA LAIDLAWII* VAR. *GRANULUM*

А.Б. Гуляева<sup>1</sup>, В.Ф. Патыка<sup>1</sup>, И.П. Токовенко<sup>1</sup>, Н.В. Патыка<sup>2</sup>, В.И. Максин<sup>2</sup>, В.Г. Каплуненко<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев

В лабораторном опыте установлено, что внекорневая обработка семян *Galega orientalis* наноаквацитами серебра и меди вместе с применением консорциума почвенно-полезных микроорганизмов в составе препарата экстракон оказывала аддитивный физиологический эффект, ускоряла рост проростков, способствовала повышению активности оксидоредуктаз в тканях. Активность неспецифических пероксидаз и каталазы в тканях сильнее всего возрастала при инокуляции проростков фитопатогенной микоплазмой *Acholeplasma laidlawii* — соответственно на 71,4 и 66,7%. При предпосевной обработке семян 1%-м раствором наноаквацитами серебра и меди активность пероксидазы и каталазы повышалась в меньшей степени — на 35 и 36,7 %.

PHYSIOLOGICAL INFLUENCE OF NANOACQUACITRATES OF SILVER AND COPPER ON GERMINATION OF *GALEGA ORIENTALIS* UNDER THE APPLICATION OF MICROORGANISM CONSORTIUM WITH ARTIFICIAL INFECTION BY *ACHOLEPLASMA LAIDLAWII* VAR. *GRANULUM*

*H.B. Hulciaieva<sup>1</sup>, V.P. Patyka<sup>1</sup>, I.P. Tokovenko<sup>1</sup>, N.V. Patyka<sup>2</sup>, V.I. Maksin<sup>2</sup>, V.G. Kaplunenko<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine

154 Acad. Zabolotny St., Kyiv, 03143, Ukraine

<sup>2</sup>National University of Biological Resources and Natural Resources of Ukraine

15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine

In the laboratory experiment it was shown that the pre-seeding treatment of *Galega orientalis* seeds with silver and copper nanoaquacitrates with application of the consortium of soil-healthy microorganisms of preparation Extrakon, had a synergistic physiological effect, initiated emergence and growth of seedlings and increased oxidoreductase activity in tissues. The activity of nonspecific peroxidases and catalase in tissues increased most strongly with inoculation of shoots with phytopathogenic mycoplasma *Acholeplasma laidlawii* — by 71.4 and 66.7 %, respectively. With presowing treatment of seeds in a 1 % solution of silver and copper nanoaquacitrates, the activity of peroxidase and catalase increased to a lesser extent — by 35 and 36.7 %.

*Key words:* *Galega orientalis*, silver and copper nanoaquacitrates, oxidoreductase, consortium of microorganisms, mycoplasma, *A. laidlawii* var. *granulum* str.118.