

УДК 581.1: 633.11: 632.3

¹ **М.М. Богдан**, канд. с.-г. наук

¹ **Г.Б. Гуляєва**, канд. с.-г. наук

² **М.В. Патица** д-р с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН

¹ІНСТИТУТ МІКРОБІОЛОГІЇ І ВІРУСОЛОГІЇ

ІМ. Д.К. ЗАБОЛОТНОГО НАН УКРАЇНИ

²НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ІНДУКЦІЯ СИСТЕМНОЇ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ БІОПРЕПАРАТОМ ЕКСТРАКОН ЗА ПРОЛОНГОВАНОЇ ДІЇ ТА УМОВ ВІРУСНОГО ЗАРАЖЕННЯ

Україна є одним із провідних експортерів на ринку зернових [1], тому підтримання урожайності такої культури як пшениця на високому рівні має стратегічне значення для нашої країни. Одним із критичних факторів зниження урожаю посівів пшениці і його якості є зараження вірусом смугастої мозаїки пшениці (ВСМП). ВСМП має широке розповсюдження в різних регіонах земної кулі і зустрічається у США, Канаді, Мексиці, Східній Європі, Західній Азії й Австралії [2]. В заражених рослинах пригнічується ріст вегетативної маси і кореневої системи, знижується ефективність використання води, пригнічується фотосинтетична активність листків. Ураження ВСМП може призвести до втрат врожаю від 20% до більш ніж 80% (при зараженні чутливих сортів) та якості зерна. Варто відмітити, що уражені рослини стають більш чутливі до дії абіотичних стресорів, що поглиблюють втрати урожаю [2, 3].

Разом із тим, занепокоєння викликає стан природних ресурсів, зокрема земельного фонду, якій по всяк час погіршується [4, 5]. Перспективним у цьому напрямі є застосування екологічно ощадливих технологій до яких відноситься інокуляція у ґрунт консорціуму агрономічно-корисних мікроорганізмів, що сприяє відновленню трофічних зв'язків і поліпшенню його структури [6]. Відповідні мікробіологічні технології широко розповсюджено на мировому рівні й добре зарекомендували себе у землеробстві [7, 8]. У зв'язку із цим актуальним є дослідження впливу внесення у ґрунт консорціуму корінних мікроорганізмів за умов зараження вірусом смугастої мозаїки пшениці на продуктивність і посівну якість насіння пшениці м'якої щонайменше у дворічному циклі вирощування.

Матеріали і методи досліджень. Пшеницю м'яку сорту Зиможарка вирощували на дослідних ділянках Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного у дворічному циклі (2016–2017 рр.), трикратній повторюваності. Площа дослідної ділянки 50 м², ґрунт дерново-підзолистий. Схема дослідів першого року вирощування: 1 – інтактні рослини (контроль); 2 –

рослини інфіковані ВСМП; 3 – інтактні рослини на фоні додавання у ґрунт БП Екстакон; 4 – рослини інфіковані ВСМП на фоні додавання у ґрунт БП Екстакон. У польових дослідах 2017 року для посіву використовували насіння, вирощене за схемою попереднього року. Зернову продуктивність і структурні показники урожаю досліджували у фазу повної стиглості зерна пшениці. Інфікували ювенільні рослини у фазі двох справжніх листків. Зараження проводили методом механічної інокуляції листків свіжоприготовленим вірусомісним матеріалом із попереднім опудрюванням карборундом. Виділення вірусного матеріалу проводили шляхом гомогенізації свіжозрізаних листків хворих рослин з чіткими симптомами ВСМП з додаванням 0,1 М фосфатного буферу рН 7,0. Рослинний гомогенат фільтрували через капронове сито та використовували для механічного зараження рослин. Інфікування рослин здійснювали за допомогою скляного шпателя або пальцями в одноразових рукавичках, змочених в інокулюмі. Надлишок інокулюму змивали водою.

Виявлення антигену здійснювали за методом імуноферментного аналізу (ІФА) з використанням діагностичних сироваток до ВСМП. Твердофазний ІФА (сендвіч-варіант) проводили із використанням комерційних тест-систем до ВСМП «Loewe» (Німеччина). Результати реакції реєстрували на рідері Termo Labsystems Orpiss MR (США) із програмним забезпеченням Dynex Revelation Quicklink при довжинах хвиль 405/630 нм. За достовірні приймали значення, що перевищували негативний контроль у три рази [9–11].

У досліді для передпосівного внесення у ґрунт застосовували біопрепарат Екстракон (Україна), який складається з інокульованого у торфоподібний субстрат консорціуму 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*), що знаходяться у функціонально-активному стані і тісно пов'язані трофічними зв'язками.

Посівну якість насіння і ростові процеси отриманих ювенільних рослин досліджували методом рулонної культури. З цієї метою на поліетиленові полоси покриті фільтрувальним папером, розмірам: 75×15 см, розклали тонким шаром по 50 насінин, відступаючи від верхнього краю 2–2,5 см. Зверху насіння накривали фільтрувальним папером, скручували в рулони і ставили в склянки з поживною сумішшю Хогленда-Арнона [12]. Морфометричний аналіз проводили на 7 добу, враховуючи приріст маси сирої речовини вегетативних органів і кореневої системи. У рослинному матеріалі 1 і 3-го варіантів проводили визначення вмісту фітогормонів – ІОК і АБК, використовуючи метод кількісної спектроденситометричної тонкошарової хроматографії [13]. Кількісне детектування фітогормонів здійснювали за допомогою скануючого спектросенситометра «Сорбфіл».

Фотохімічну активність листків вимірювали методом індукції флюоресценції хлорофілу (ІФХ) [14–17] за допомогою портативного приладу Флоратест за стандартною методикою [18]. Повторність вимірювань на кожному варіанті – п'ятикратна. Темнову адаптацію листків перед вимірюваннями (не менше 20 хв.) створювали, закріплюючи на листку чохол із цупкого паперу. На отриманих за цифровим масивом даних кривих Каутського знаходили відповідні критичні точки: F_0 , F_p , F_{st} . Розраховували наступні аналітичні параметри: величину F_v/F_p – максимальної квантової ефективності фотохімії ФС II (віддзеркалює насиченість ФС II фотохімічно активними центрами); індекс K_i – корелює із інтенсивністю рибулозобісфосфаткарбоксілази/оксигенази (Рубіско) або ланкою темної фіксації вуглецю ($K_i = (F_m - F_i) / F_m$). K_i віддзеркалює ефективність темнових процесів фіксації вуглецю; індекс R_{fd} або «індекс життєстійкості», що розраховується як: $R_{fd} = F_p - F_i / F_i$. У деяких дослідженнях R_{fd} називається «індексом адаптивності» [14–17].

Статистичну обробку одержаних результатів виконували за методикою Доспехова [19] та з використанням комп'ютерних програм Microsoft Excel.

Результати і обговорення. Відома здатність ґрунтової мікробіоти до синтезу вітамінів, ауксинів і фітогормонів, які можуть впливати на рослинний метаболізм, стимулюючи ростові процеси і індукуючи відповідні кореневі виділення [20, 21]. Зокрема у роботі [22] показано здатність ґрунтових стрептоміцетів продукувати речовини ауксинової природи, зокрема ІОК та її похідні, що може спричиняти як ріст стимулюючий вплив на рослини так і антимікробну дію. Тому внесення у ґрунт консорціуму целюлозолітичних і гетеротрофних мікроорганізмів у складі БП Екстракон мало на меті поліпшення функціональної структури мікробіоценозу і збагачення ґрунту доступними для рослин елементами живлення.

Оцінка фізіологічного стану дослідних посівів пшениці методом індукції флюоресценції хлорофілу дозволила виявити пригнічення фотосинтетичної активності листків за дії вірусного зараження, що можна побачити як за характером змін кривих Каутського відносно контролю (рис. 1 а), так і за зниженням флюоресцентних параметрів F_v/F_p , K_i , R_{fd} , що певним чином віддзеркалюють її ефективність (рис. 1 б-г). Разом із тим, вищезгадані параметри мали тенденцію до зростання в листках рослин вирощених на фоні БП Екстракон (див. рис. 1, б-г).

Варто відмітити, що на варіанті 4 – ураження ВСМП на фоні БП Екстракон величина параметра F_v/F_p – квантової ефективності флюоресценції – залишалася на контрольному рівні, а рівень величин K_i і R_{fd} (віддзеркалює ефективність перебігу темної ланки фіксації вуглецю) знижувався, але менш суттєво, ніж на варіанті 2 – ураження ВСМП (див. 1, б-г). Такі зміни

на варіантах із додаванням БП Екстракон свідчать про відновлення важливих трофічних зв'язків у ґрунті, що дозволяє наситити ґрунт доступними елементами живлення, зокрема азотом і фосфором та біологічно-активними речовинами мікробіологічного походження, завдяки чому в рослинному організмі запускаються механізми протидії вірусному ураженню.

Результати ІФА показали, що за ураження ВСМП вміст антигенів на 14 добу після інфікування суттєво зростає у 5,6 разів, тоді як при зараженні на фоні БП Екстракон їх вміст зростає менш суттєво – у 4,6 раз по відношенню до контролю, а отже знижувався порівняно із ураженими рослинами на чистому ґрунті – у 1,2 рази (рис. 2).

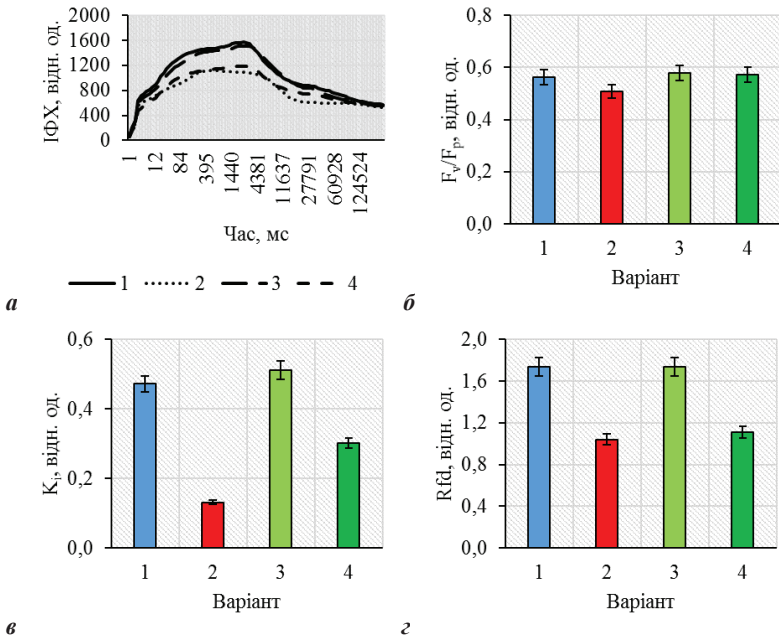


Рис.1. Індукція флюоресценція хлорофілу (а – крива Каутського; параметри ІФХ: б – F_v/F_p ; в – K_i ; г – R_{fd}): 1 – інтактні рослини (контроль); 2 – ураження ВСМП; 3 – БП Екстракон; 4 – ураження ВСМП на фоні БП Екстракон

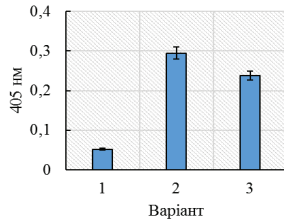


Рис. 2. Дані ІФА за впливу штучного зараження ВСМП:

1 – інтактні рослини (контроль); 2 – інфіковані рослини ВСМП; 3 – БП Екстракон+ВСМП

За аналізом даних структурних показників урожаю пшениці м'якої першого року вирощування виявлено поліпшення структурних показників урожаю, таких як кількість продуктивних пагонів, кількість зерен у колосі, маса зерен бічних пагонів і дещо – маса 1000 зерен за вирощування на варіанті з додаванням консорціуму ґрунтоутворюючих мікроорганізмів у складі БП Екстракон порівняно із контролем. Також за цих умов дещо зростала висота стебла (табл. 1). Тоді як, штучне ураження контрольних рослин вірусом смугастої мозаїки пшениці призвело до суттєвого пригнічення основних показників структури урожаю: висоти стебел (на 50,8%), кількості продуктивних пагонів (на 30,8%), кількості колосків (на 28,6%), довжини головного колосу (на 32,0%), кількості зерен у колосі (на 76,4%), маси зерен головного колосу (на 74,9%), маси зерен бокового колосу (на 92,4%) й маси 1000 зерен – на 31,5% (табл. 1).

Таблиця 1 - Структурні показники урожаю пшениці м'якої першого року вирощування (польовий дослід, 2016 р.)

Варіант	Висота стебел, см	К-ть продуктивних пагонів, шт.	К-ть колосків гол. колосу, шт.	Довжина гол. колоса, см	К-ть зерен у гол. колосі, шт.	Маса зерен гол. колосу, г	Маса зерен бок. колосу, г	Маса 1000 зерен
Інтактні рослини (контроль)	89,2± 2,67	2,60± 0,07	21,7± 0,65	10,75± 0,43	48,4± 1,93	1,75± 0,07	1,31± 0,05	35,2± 1,41
ВСМП	43,9± 1,32*	1,80± 0,05*	15,7± 0,78*	7,30± 0,22*	11,4± 0,57*	0,44± 0,02*	0,10± 0,01*	24,1± 0,96*
БП Екстракон	93,8± 2,81	2,75± 0,08*	20,9± 0,84	10,00± 0,4	52,5± 2,1*	1,64± 0,06	1,67± 0,06*	36,6± 1,46*
БП Екстракон+ ВСМП	62,0± 1,86*	2,45± 0,07	14,6± 0,58*	7,62± 0,3*	33,2± 1,32*	0,95± 0,03*	0,72± 0,02*	27,5± 1,1*

Примітка: * – різниця з контролем достовірна при $P \leq 0,05$.

Разом із тим, штучне ураження рослин пшениці за інокуляції у ґрунт БП Екстракону хоча і призвело до зниження структурних показників урожаю, але воно було менш суттєвим, зокрема такий важливий показник продуктивності як маса 1000 зерен знижувався на 21,9%, що на 9,6% менше, ніж за ураження рослин на чистому ґрунті (див. табл. 1).

Перевірка у лабораторних умовах посівної якості отриманого у польових дослідах насіння за параметрами енергії проростання і схожості показала подібну динаміку змін: погіршення цих показників за формування насінин в умовах ураження ВСМП й поліпшення – за ґрунтовідновлюючої дії БП Екстракон (рис. 3).

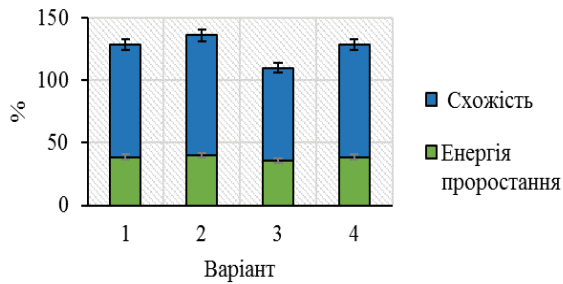


Рис. 3. Енергія проростання і лабораторна схожість насіння пшениці м'якої отриманої з насінин рослин першого року за різних умов вирощування: 1 – інтактні рослини (контроль); 2 – БП Екстракон; 3 – ВСМП; 4 – БП Екстракон+ураження ВСМП

Ювенільні рослини вирощені з отриманого насіння за наростанням сирової маси цілої рослини мали тенденцію до збільшення на варіанті за дії БП Екстракону, суттєво знижуючись при ураженні рослин ВСМП – на 16%.

У разі ж застосування Екстракону вірусне зараження діяло на ростові процеси менш згубно, пригнічуючи наростання сирової маси на 8,5% за рахунок поліпшення росту кореневої системи (рис. 4).

Відома роль фітогормонів у регуляції ростових процесів, так і відповіді рослини на дію стресових чинників [21–23]. Зокрема індолілоцтова кислота (ІОК) виступає у якості стимулятора росту і диференціювання клітин, сприяє забезпеченню поживними елементами меристематичних тканин [21, 23].

Антагоністом ІОК, гальмуючим ріст фітогормоном є абсцизова кислота (АБК). АБК є адаптогеном завдяки регуляції відповідь рослини на стрес [24]. Існують дані, що підтверджують включення АБК у регуляцію захисних механізмів рослин проти патогенів [25].

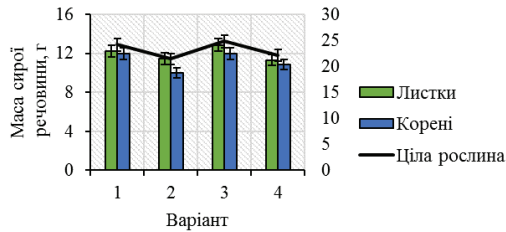


Рис. 4. Накопичення сирової маси ювенільними рослинами пшениці м'якої з насіння рослин першого року за різних умов вирощування й інфікування: 1 – інтактні рослини (контроль); 2 – ВСМП; 3 – БП Екстракон; 4 – БП Екстракон+ВСМП

У роботі X. Zhang [26] встановлено, що АБК індукує виділення H_2O_2 , регулюючи тим самим стресовий сигналінг, який опосередковує адаптивні метаболічні зміни. Разом із тим, існують дані стосовно інгібування АБК активності деяких захисних ферментів [24]. Radchuk R із співавторами показали, що у мутантних лініях гороху, дефіцитних по АБК формувалося насіння із меншим вмістом глобулінів і накопиченням сухої речовини, що викликало пригнічення синтезу цитокинінів й затримку диференціації [27]. У дефіцитному за АБК насінні спостерігалось репресія вуглеводного окислення, що пригнічувала мобілізацію сахарози, гліколіз і цикл трикарбонових кислот (Кребса). В мутантних зародках відбувалося загальне зниження метаболічних потоків, завдяки пригніченню генів, пов'язаних із біосинтезом крохмалю, амінокислот, біосинтезу білка [27]. В той же час, показано, синтез лектинів, зокрема аглютининів зародків пшениці – знаходиться під контролем АБК, як у проростках пшениці, так і сформованих вегетуючих рослинах [28].

Дослідження фітогормонального статусу проростків пшениці м'якої вирощеної з насіння отриманого з дослідних рослин на контрольному варіанті й за інокуляції БП Екстраконом виявило збільшення вмісту ІОК на 21,9%, а і АБК – на 319% (рис. 5). Можна передбачити, що такі відмінності гормонального балансу ІОК і АБК у проростках з насіння вирощеного на фоні БП Екстракон можуть бути викликані низкою факторів: по-перше, поліпшенням якісного складу насіння: більшим вмістом білків, зокрема глобулінів, вуглеводів та ін. запасних речовин. По-друге, завдяки кращому якісному складу насіння прискорювались процеси проростання і росту вегетативної маси проростків, що надалі спричинювало деяке прискорення наступної фази розвитку і відповідно диференціації тканин, чим і обумовлено

зростання вмісту АБК. В цьому разі поліпшення функціональних і біометричних показників проростків і рослин пшениці при зараженні ВСМП на фоні БП Екстракон порівняно із зараженням на контролі пояснюється підвищенням стійкості, що обумовлене стимулюючою дією на рослини екзо-метаболітів мікробіоценозу ґрунтових мікроорганізмів та формування більш якісного насіння.

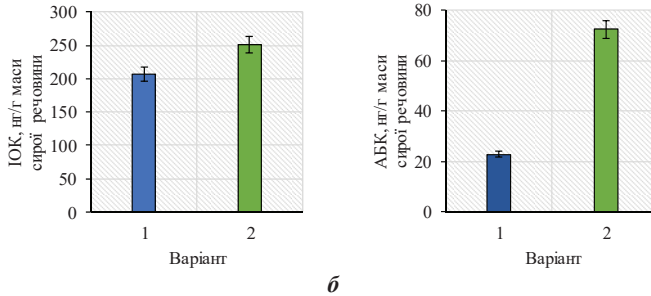


Рис. 5. Вміст ІОК (а) і АБК (б) у тканинах ювенільних рослин отриманих з насіння першого року за різних умов вирощування: 1 – контроль; 2 – БП Екстракон

Структурні показники урожаю пшениці м'якої отримані у 2017 році з висіяного насіння пшениці м'якої урожаю 2016 року мали подібну динаміку за основними показниками. Варто відмітити, що маса 1000 зерен із варіанту уражених рослин на фоні БП Екстракон навіть мала тенденцію до зростання по відношенню до чистого контролю (табл. 2).

Таблиця 2 - Структурні показники урожаю пшениці м'якої другого року вирощування отриманої з насіння першого року (польовий дослід 2017 р.)

Варіант	К-ть колосків гол. колосу, шт.	Довжина гол. колосу, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерен гол. колосу, г	Маса 1000 зерен, г
Інтактні рослини (контроль)	14,1±0,56	7,6±0,3	22,93±0,92	1,05±0,04	27,8±1,11
ВСМП	12,6±0,51	6,9±0,28*	18,47±0,74*	0,93±0,03*	25,7±1,03*
БП Екстракон	14,5±0,43	7,4±0,29	20,71±0,82*	0,97±0,03*	27,6±1,1
БП Екстракон+ ВСМП	14,3±0,57	7,5±0,3	22,80±0,91	1,10±0,04	28,6±1,14*

Примітка: * – різниця з контролем достовірна при $P \leq 0,05$.

Висновок. Отже, застосування у технологіях вирощування пшениці м'якої агрономічно корисних ґрунтоутворюючих мікроорганізмів дозволяє протидіяти значним втратам урожаю і сприяє формуванню більш якісного насіння завдяки підвищенню стійкості рослин, зокрема до вірусного ураження, що обумовлено стимулюючою дією на рослини екзометаболітів ґрунтового мікробіоценозу так і збільшенням доступних для рослин елементів живлення в ґрунтовому розчині.

1. Сальман І.Ю., Ткаченко К.В. *Сучасний стан світового ринку зернових культур та місце України в ньому. Інноваційна економіка, 2015. 4 (59). С. 21–24.*

2. Webb C.A., De Wolf E., Zukof S. N. *Wheat Streak Mosaic. K-State Research and Extension: Publications from Kansas St. Univ. are available at: bookstore.ksre.ksu.edu, 2017. p. 1–4. <https://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF3383.pdf>.*

3. Hadi B.A.R., Langham M.A.C., Osborne L., Tilmon K. J. *Wheat Streak Mosaic Virus on Wheat: Biology and Management. Journal of integrated pest management, 2011. 1 (2). P.1-5; DOI: 10.1603/IPM10017.*

4. *World's soils are under threat. L. Montanarella et al. Soil, 2016. №2. P. 79–82. www.soil-journal.net/2/79/2016/ doi: 10.5194/soil-2-79-2016.*

5. Averett N. *Healthy Ground, Healthy Atmosphere: Recarbonizing the Earth's Soils. Environ Health Perspect, 2016. 124(2). P.30–35. doi: 10.1289/ehp.124-A30.*

6. 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.*

7. Kumar B.L., Sai Gopal D.V.R. *Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. Biotech., 2015. 5(6). P. 867–876. doi: 10.1007/s13205-015-0293-6.*

8. Pan I., Dam B., Sen S.K. *Composting of common organic wastes using microbial inoculants. Biotech, 2012. 2(2). P.127–134. doi: 10.1007/s13205.*

9. Антитела І. *Методи/ под ред. Д. Кэтти. Москва: Мир, 1991. 196 с.*

10. Гнупова Р.В. *Серология и иммунохимия вирусом растений. Москва: Наука, 1993. 300 с.*

11. Crowther J.R. *ELISA. Theory and practice. Humana Press, Totowa, New Jersey, 1995, 223 p.*

12. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. *Краткий справочник по физиологии растений. Киев: Наукова думка, 1973. 590 с.*

13. Савинский С.В., Кофман И.Ш., Кофанов В.И., Стасевская И.Л. *Методические подходы к определению фитогормонов с помощью спектроденситометрической тонкослойной хроматографии. Физиол. и биохим. культ. раст., 1987. Т. 19. № 2. С. 210–215.*

14. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев: Альтерпрес, 2002. 191 с.
15. Stirbet A., Govindjee. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. *J. Photochem. and Photobiol. In: Biology*, 2011. 104. (1–2). P. 236-257. doi:10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010.
16. Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis/ ed. Papegeorgiou GC, Govindjee. Netherlands: Springer, 2004. 793 p. <http://www.springer.com/gp/book/9781402032172#>.
17. Nesterenko T.V., Shikhov V.N., Tikhomirov A.A. Chlorophyll Fluorescence as an Indicator of Age Dependent Changes in Photosynthetic Apparatus of Wheat Leaves. *Russ J Plant Physiol*, 2015. 62. 307 p. <https://doi.org/10.1134/S1021443715020144>.
18. Портативний флуорометр «Флоротест»: настанова з експлуатації. Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, 2013. 24 с.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агрпромиздат, 1985. 351 с.
20. Господаренко Г.М. Агрехімія: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2013. 406 с.
21. Екологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Ю. П. Бобильов та ін. Харків: Фоліо, 2014. 666 с.
22. Білявська Л.О. Біосинтез ауксинів ґрунтовими стрептоміцетами – антагоністами фітопатогенних мікроорганізмів і нематод. *Мікробіологія і біотехнологія*, 2015. № 1. С. 36–43.
23. Кошкин Е.И. Патофизиология сельскохозяйственных культур: уч. пос. Москва: ООО «Проспект», 2015. 340 с.
24. Максимов И. В. Абсцизовая кислота во взаимоотношениях растений и микроорганизмов. *Физиология растений*, 2009. Т.56. № 6. С.824–835
25. Xingju L., Ch. Zhizhong, G. Junping, G. Zhizhong Abscisic acid inhibits root growth in *Arabidopsis* through ethylene biosynthesis. *The Plant Journal*, 2014. 79. P. 44–55. doi: 10.1111/tpj.12534.
26. Zhang X., Zhang L., Dong F., Gao J., David W. Galbraith, and Chun-Peng Song Hydrogen Peroxide Is Involved in Abscisic Acid-Induced Stomatal Closure in *Vicia faba*. *Plant Physiol.*, 2001. 126(4). P.1438–1448.
27. Radchuk R, Conrad U, Saalbach I, Giersberg, RJ., Emery RJ., Küster H., Nunes-Nesi A., Fernie AR, Weschke W., Weber H. Abscisic acid deficiency of developing pea embryos achieved by immunomodulation attenuates developmental phase transition and storage metabolism. *Plant J.*, 2010. 64(5). P.715-30. doi: 10.1111/j.1365-313X.2010.04376.x.
28. Raikhel N.V., Palevitz B.A., Haigler C.H. Abscisic Acid Control of Lectin Accumulation in Wheat Seedlings and Callus Cultures. Effects of Exogenous ABA and Fluridone. *Plant Physiol.*, 1986. 80(1). P.167–171.

1. Salman I.Yu., Tkachenko K.V. (2015) *Suchasnyi stan svitovoho rynku zernovykh kultur ta mistse Ukrainy v nomu. Innovatsiina ekonomika*, 4 (59), 21-24.
2. Webb C.A., De Wolf E., Zukof S.N. (2017) *Wheat Streak Mosaic. K-State Research and Extension: Publications from Kansas St. Univ. are available at: bookstore.ksre.ksu.edu*, 1-4. <https://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF3383.pdf>.
3. Hadi B.A.R., Langham M.A.C., Osborne L., Tilmon K.J. (2011) *Wheat Streak Mosaic Virus on Wheat: Biology and Management. Journal of integrated pest management*, 1 (2), 1-5; DOI: 10.1603/IPM10017
4. Montanarella L. et al. (2016) *World's soils are under threat. Soil*, 2, 79–82. www.soil-journal.net/2/79/2016/ doi: 10.5194/soil-2-79-2016.
5. Averett N. (2016) *Healthy Ground, Healthy Atmosphere: Recarbonizing the Earth's Soils. Environ Health Perspect*, 124(2), 30–35. doi: 10.1289/ehp.124-A30.
6. Patyka N.V., Bublik N.A., Patyka T.I., Kitaev O.I. (2014) *Rhizospheric trophic chain: the role and stability in soil processes and ecosystems. Vestn. Volgograd. Gos. Un-ta, Ser. 10*, 5 (14), 62–67.
7. Kumar B.L., Sai Gopal D.V.R. (2015) *Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. Biotech.*, 5(6), 867–876. doi: 10.1007/s13205-015-0293-6.
8. Pan I., Dam B., Sen S.K. (2012) *Composting of common organic wastes using microbial inoculants. Biotech*, 2(2), 127–134. doi: 10.1007/s13205.
9. Ketti D. (1991) *Antitela I. Metody. Moskva: Mir*, 196.
10. Gnutova R.V. (1993) *Serologiiia i immunokhimiia virusov rastenii. Moskva: Nauka*, 300.
11. Crowther J.R. (1995) *ELISA. Theory and practice. Humana Press, Totowa, New Jersey*, 223.
12. Grodzinskii A.M., Grodzinskii D.M. (1973) *Kratkii spravochnik po fiziologii rastenii. Kiev: Naukova dumka*, 590.
13. Savinskii S.V., Kofman I.Sh., Kofanov V.I., Stasevskaia I.L. (1987) *Metodicheskie podkhody k opredeleniiu fitogormonov s pomoshchiu spektrodensitometricheskoi tonkosloinoi khromatografii. Fiziol. i biokhim. kult. rast.*, 19, 2, 210–215.
14. Korneev D.Iu. (2002) *Informatcionnye vozmozhnosti metoda indukcii fluorescentcii khlorofilla. Kiev: Alterpres*, 191.
15. Stirbet A., Govindjee. (2011) *On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. J. Photochem. and Photobiol. In: Biology*, 104, (1–2). P. 236-257. doi:10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010.

16. Papageorgiou GC, Govindjee. (2004) *Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*. Netherlands: Springer, 793. <http://www.springer.com/gp/book/9781402032172#>

17. Nesterenko T.V., Shikhov V.N., Tikhomirov A.A. (2015) *Chlorophyll Fluorescence as an Indicator of Age Dependent Changes in Photosynthetic Apparatus of Wheat Leaves*. Russ J Plant Physiol, 62. 307. <https://doi.org/10.1134/S1021443715020144>.

18. Portatyvnyi fluorometr «Florotest»: nastanova z ekspluatatsii. (2013) *Instytut kibernetiky im. V.M. Hlushkova NAN Ukrainy*, 24.

19. Dospekhov B.A. (1985) *Metodika polevogo opyta*, M.: Agropromizdat, 351.

20. Hospodarenko H.M. (2013) *Ahrokhimiia: pidruchnyk*. Kyiv: Ahrarna osvita, 406.

21. Bobylov Yu.P. ta in. (2014) *Ekolohiia: pidruchnyk dlia studentiv vyshchych navchalnykh zakladiv*. Kharkiv: Folio, 666.

22. Biliavska L.O. (2015) *Biosyntezy auksyniv gruntovymy streptomitsyamy – antahonistamy fitopatohennykh mikroorhanizmiv i nematod*. Mikrobiolohiia i biotekhnolohiia, 1, 36-43.

23. Koshkin E.I. (2015) *Patofiziologiia selskokhoziaistvennykh kultur: uch. pos.* Moskva: OOO «Prospekt», 340.

24. Maksimov I.V. (2009) *Abstcizovaia kislota vo vzaimootnosheniakh rastenii i mikroorganizmov*. Fiziologiia rastenii, 56, 6, 824-835.

25. Xingju L., Ch. Zhizhong, G. Junping, G. Zhizhong (2014) *Abscisic acid inhibits root growth in Arabidopsis through ethylene biosynthesis*. The Plant Journal, 79, 44–55. doi: 10.1111/tpj.12534.

26. Zhang X., Zhang L., Dong F., Gao J., David W. Galbraith, and Chun-Peng Song (2001) *Hydrogen Peroxide Is Involved in Abscisic Acid-Induced Stomatal Closure in Vicia faba*. Plant Physiol., 126(4), 1438–1448.

27. Radchuk R, Conrad U, Saalbach I., Giersberg, R.J., Emery R.J., Küster H., Nunes-Nesi A., Fernie AR, Weschke W., Weber H. (2010) *Abscisic acid deficiency of developing pea embryos achieved by immunomodulation attenuates developmental phase transition and storage metabolism*. Plant J., 64(5), 715-30. doi: 10.1111/j.1365-3113X.2010.04376.x.

28. Raikhel N.V., Palevitz B.A., Haigler C.H. (1986) *Abscisic Acid Control of Lectin Accumulation in Wheat Seedlings and Callus Cultures. Effects of Exogenous ABA and Fluridone*. Plant Physiol., 80(1), 167–171.

Мета даної роботи – дослідження впливу внесення у ґрунт консорціуму корінних мікроорганізмів за умов зараження вірусом смугастої мозаїки пшениці (ВСМП) на продуктивність і посівну якість насіння пшениці м'якої щонайменше у дворічному циклі вирощування. Методи: морфометричні, біофізичні, хроматографічні, статистичного аналізу. Результати:

у польових дослідах встановлено підвищення зернової продуктивності за умов поліпшення показників структури урожаю і посівної якості насіння пшениці м'якої сорту Зимоярка у дворічному циклі вирощування на фоні біопрепарату (БП) Екстракон. Показано пригнічуючий вплив штучного ураження ВСМП на продуктивність і посівну якість насіння пшениці. Проте зараження ВСМП на фоні БП Екстракон дозволило знизити втрати урожаю завдяки підвищенню стійкості рослин до вірусного зараження. У лабораторному досліді виявлено підвищення схожості і енергії проростання насіння й поліпшення інтенсивності ростових показників ювенільних рослин отриманих з насіння пшениці вирощеної на фоні БП Екстракон. У тканинах дослідних рослин встановлено суттєве зростання вмісту ІОК і АБК. Відмічене зростання фотохімічної активності листків дослідних рослин на фоні БП Екстракон.

Ключові слова: *Triticum aestivum*, консорціум корінних мікроорганізмів, ВСМП, продуктивність, фітогормони.

Цель данной работы – исследование влияния внесения в почву консорциума коренных микроорганизмов в условиях заражения вирусом полосатой мозаики пшеницы (ВПМП) на продуктивность и посевное качество семян пшеницы мягкой в двухлетнем цикле выращивания. Методы: морфометрические, биофизические, хроматографические, статистического анализа. Результаты: в полевых опытах установлено повышение зерновой продуктивности в условиях улучшения показателей структуры урожая и посевного качества семян пшеницы мягкой сорта Зимоярка в двухлетнем цикле выращивания на фоне биопрепарата (БП) Экстракон. Показано негативное влияние искусственного заражения ВПМП на продуктивность и посевное качество семян пшеницы. Однако заражение ВПМП на фоне БП Экстракон позволило снизить потери урожая благодаря повышению устойчивости растений к вирусному заражению. В лабораторном опыте выявлено повышение всхожести и энергии прорастания семян и улучшения интенсивности ростовых показателей ювенильных растений полученных из семян пшеницы выращенной на фоне БП Экстракон. В тканях исследуемых растений установлено существенный рост содержания ИОК и АБК. Отмечен рост фотохимической активности листьев исследуемых растений на фоне БП Экстракон.

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, консорциум грунтових мікроорганізмів, ВПМП, продуктивність, фітогормони.

The purpose of this work is to research the effect of introducing into the soil of a consortium of native microorganisms in conditions of infection with the Wheat Streak Mosaic Virus (WSMV) on the productivity and seed quality of soft

wheat seeds in a two-year cycle of cultivation. Methods: morphometric, biophysical, chromatographic, statistical analysis. Results: in field experiments, the increase in grain productivity was established in conditions of improving the parameters of the crop structure and the seed quality of soft wheat seeds of Zimoyarka variety in a two-year growth cycle against the background of biopreparation (BP) Extrakon. The inhibition effect of WSMV artificial damage on productivity and seed quality of wheat seeds was indicated. However, the infection of WSMV against the background of BP Extrakon allowed reducing crop losses due resistance increase of plants to viral infection. In the laboratory experiment, an increase in the seed viability and germination readiness and an increase in the intensity of growth parameters of juvenile plants obtained from wheat seeds grown against a background of BP Extrakon were revealed. In the tissues of the investigated plants, a significant increase in the content of IAA and ABA was found. An increase in the photochemical activity of the leaves of study plants was observed against the backdrop of BP Extrakon.

Keywords: *Triticum aestivum*, soil microbial consortia, WSMV, productivity, phytohormones.

Рецензенти:

Кляченко О.О. – д-р с.-г. наук

Токовенко І.П. – канд. с.-г. наук

Стаття надійшла до редакції 09.10.2018

УДК 633.333.631.61

О.Г. Опанасенко канд. с-г. наук

С.В. Перець науковий співробітник

ПАНФІЛЬСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ

ІННЦ "ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН"

ПРОДУКТИВНІСТЬ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ОСУШУВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТАХ

На сьогоднішній день одним з варіантів вирішення енергетичного питання для України є перехід від викопних енергетичних ресурсів до відновлювальних джерел енергії, тобто на біопаливо. Для цього важливо створити власне відновлювальне джерело енергії на основі вирощування рослинної біоенергетичної сировини на вилучених з інтенсивного обробітку землях. До таких земель відносяться і осушені торфові ґрунти яких в Україні нараховується близько - 1,0 млн.га. Вони оптимально підходять для вирощування енергетичних культур оскільки добре забезпечені вологою та