

17. Jalata, Z. (2011). GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Southeastern Ethiopia Highlands. *International journal of plant breeding and genetics*, 5 (1), 59–75 [in English].
18. Sarkar, B., Sharma, R.C., Verma, R.P.S., Sarkar, A., Sharma, I. (2014). Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian J. Genet.*, 74 (1), 26–33 [in English].
19. Mohammadi, M., Noorinia, A.A., Khalilzadeh, G.R., Hosseinpoor T. (2015). Application of GGE biplot analysis to investigate GE interaction on barley grain yield. *Current opinion in agriculture*, 4 (1), 25–32 [in English].
20. Solonechnyi, P.M., Kozachenko, M.R., Vasko, N.I., Naumov, O.H., Vazhenina, O.Ye., Solonechna, O.V., Dmytrenko, P.P., Kovalenko, O.L. (2014). GGE biplot *vzaimodii* henotyp-seredovysheche sortiv yachmeniu yaroho [GGE biplot analysis of genotype – environment interaction in spring barley varieties]. *Selektsiia i nasimnytstvo – Plant breeding and seed production*, 106, 93–102 [in Ukrainian].
21. Mortazavian, S.M.M., Nikkhah, H.R., Hassani, F.A., Sharif-al-Hosseini, M., Taheri, M., Mahlooji, M. (2014). GGE biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. *J. Agr. Sci. Tech.*, 16, 609–622 [in English].
22. Ahmadi, J., Vaezi, B., Fotokian, M.H. (2012). Graphical analysis of multi-environment trials for barley yield using AMMI and GGE-biplot under rain-fed conditions. *Journal of plant physiology and breeding*, 2 (1), 43–54 [in English].
23. Volkodav, V.V. (Ed.). (2003). Method of examination and state testing of varieties of grain, cereal and leguminous crops. *Okhorona prav na sorty roslin – Plant variety rights protection*, 2, 3. Kyiv: Alefa [in Ukrainian].
24. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5d ed., rev.). Moskva: Agropromizdat [in Russian].
25. Frutos, E., Galindo, M.P., Leiva, V. (2014). An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stoch. Environ. Res. Risk. Assess.*, 28, 1629–1641 [in English].
26. Gollob, H.F. (1968). A statistical model which combines feature of factor analytic and analysis of variance techniques. *Psychometrika*, 33, 73–115 [in English].

УДК 578.863.1:632.38:631.847.21:631.524.84

ВПЛИВ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ РОСЛИН КАРТОПЛІ З КУЛЬТУРИ *IN VITRO* ЗА ДІЇ МВК

О.О. Кучерявенко¹, О.В. Пиріг¹, І.Г. Будзанівська²

¹ Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології та медицини»

Встановлено позитивний вплив мікробних препаратів на ріст, розвиток та продукційний процес пробіркових рослин картоплі, вирощених в умовах in vivo за ураження М-вірусом картоплі. Доведено, що передсадивна інокуляція біопрепаратами кореневої системи рослин картоплі з культури in vitro сприяла підвищенню показників маси одного клону вірусінфікованих рослин на 49,6–45,4%; покращенню якісних показників продукції культури, зокрема підвищенню вмісту крохмалю в бульбах на 2,1–6,5%, аскорбінової кислоти — на 10,7–19,2%.

Ключові слова: картопля, культура *in vitro*, М-вірус картоплі, мікробні препарати.

У 60-ті роки минулого століття було встановлено, що одним із основних чинників виродження сортів картоплі є ураження культури вірусними хворобами. В Україні

лише через ураження насаджень картоплі вірусною інфекцією втрачають врожаю становлять у середньому 30–70% [1].

За результатами багаторічних досліджень співробітниками лабораторії вірусології Інституту сільськогосподарської

© О.О. Кучерявенко, О.В. Пиріг, І.Г. Будзанівська, 2017

мікробіології та агропромислового виробництва НААН встановлено, що в розсадниках елітного насінництва картоплі зафіксовано М-, S-, Y-віруси картоплі як у моноінфекції, так і у складі патокомплексів. Превалює в насадженнях обстежених сортів культури ентомофільний М-вірус картоплі (МВК) у моноінфекції (36,2%) або у патокомплексах з іншими вірусами: МВК + SBK – 23,4%, МВК + SBK + YBK – 29,8, МВК + YBK – 6,4, SBK + YBK – 2,1, SBK – 2,1%. Втрати врожаю картоплі від МВК залежно від сорту та умов навколишнього природного середовища досягають 25–75% і більше за змішаної інфекції [2].

Серед основних шляхів підтримання високої продуктивності картоплі є створення стійких до вірусних хвороб сортів (методами традиційної селекції та генетичної інженерії), а також здійснення біотехнологічного оздоровлення існуючих сортів картоплі методом культури меристеми та прискорене розмноження вихідного безвірусного матеріалу в комплексі з фітосанітарними заходами.

Поряд із тим, як свідчить практика, використання оздоровленого насінневого матеріалу без його активного захисту призводить до поступового накопичення вірусної інфекції. А оскільки заходи захисту від вірусної інфекції в розсадниках елітного насінництва картоплі мають здебільшого профілактичний характер (просторова ізоляція насінневої картоплі від площ продовольчої картоплі, проведення регулярних фітоочишень із видаленням хворих рослин, ранні терміни висаджування пророщеними бульбами до початку масового льоту попелиць – переносників вірусної інфекції тощо), необхідним є пошук ефективних, екологічно безпечних прийомів зниження шкодочинності вірусних хвороб.

Це питання і досі залишається актуальним з огляду на відсутність надійних засобів захисту рослин від вірусної інфекції [3, 4].

Одним із перспективних та економічно виправданих напрямів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є застосування мікробних препаратів,

а також комплексних інокулянтів на основі корисних мікроорганізмів та фізіологічно активних речовин природного походження, здатних стимулювати природні захисні механізми рослин від несприятливих умов навколишнього природного середовища і від вірусної інфекції.

Метою нашої роботи було вивчення впливу мікробних препаратів на продуктивність рослин картоплі, вирощених з культури *in vitro* за умов вірусного інфікування.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами досліджень були оздоровлені рослини картоплі сорту Сувенір Чернігівський з культури *in vitro*, МВК та біопрепарати: Біогран (на основі бактерій *Azospirillum brasilense* 410, іммобілізованих у гранулах біогумусу); Бактопасльон (на основі консорціуму *Azotobacter chroococcum* і *Azotobacter vinelandii*, культивованих із лектином картоплі).

У дослідженнях використовували колекційний штам МВК-н, який виділено з рослин картоплі сорту Нагорода в лабораторії вірусології Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Вірус накопичували на тест-рослинах *Lycopersicon esculentum* Mill., інфікування яких здійснювали у фазу 3–4-х справжніх листків методом механічної інокуляції з попереднім опиленням карборундом (500–600 мкм) [5]. Рослини вирощували в умовах вегетаційних приміщень при 20–25°C з фотоперіодом 16 год. Інокулюм готували з уражених листків рослин томатів із додаванням 0,01 М фосфатного буферного розчину, рН 7,2–7,5 у пропорції 1:10. Після інокуляції поверхню листків промивали дистильованою водою та залишали у затемненому місці на 12–24 год для того, щоб вони могли краще перенести стрес, викликаний травмуванням під час інокуляції.

Через 21 день проводили контрольне інфікування вірусінфікованого матеріалу за допомогою електронної мікроскопії нативних препаратів негативно контрастованих 2%-им розчином фосфорно-вольфрамової

кислоти [6] методом ПЛР [7]. Отриманий інокулюм із рослин томатів використовували для ураження пробіркових рослин картоплі, висаджених у ґрунт.

Визначення концентрації вірусу в рослинах здійснювали у сендвіч-варіанті твердофазного імуноферментного аналізу (ІФА) з лужною фосфатазою за допомогою комерційного набору Agdia (USA) згідно з інструкцією виробника, результати реєстрували на рідері EL×800 (Biotek, США) при довжині хвилі 405 нм [8].

Дослідження проводили в умовах польового дрібноділянкового досліду на дерново-середньопідзолистому ґрунті (вміст гумусу – 1,2%; азоту – 5,0–6,0 мг/100 г; фосфору – 11–13; калію – 12–13 мг/100 г ґрунту, рН_{сол.} – 6).

Схема досліду: 1. Контроль (передсадивна обробка кореневої системи водою); 2. Біогран (замочування кореневої системи з розрахунку 1:10); 3. Бактопасльон (замочування кореневої системи з розрахунку 1:100).

Рослини висаджували за схемою 12×70 см, агротехніка – загальноприйнята для зони Полісся, попередник – кукурудза, повторність досліду – триразова.

Обробку кореневої системи пробіркових рослин здійснювали шляхом замочування на 30 хв у розчині біопрепаратів перед висаджуванням.

Для вивчення впливу вірусної інфекції на ріст і розвиток картоплі за дії біопрепаратів пробіркові рослини культури адаптували до умов *in vivo* впродовж 14 діб, після чого половину рослин інфікували МВК. Неінфіковані та уражені рослини картоплі були територіально ізольовані між собою

для уникнення перезараження МВК. Для запобігання поширенню переносників вірусної інфекції на насадженнях картоплі застосовували інсектициди.

Інфікування рослин картоплі МВК здійснювали методом механічної інокуляції [5].

Біометричні дослідження проводили вимірювально-ваговим методом за використання відповідних методик [9].

Площу листової поверхні обліковували методом висічок [10].

Визначення вмісту хлорофілів *a* і *b* у листках картоплі визначали спектрофотометричним методом [11].

Дослідження вмісту аскорбінової кислоти проводили методом І.К. Муррі [12].

Визначення вмісту крохмалю та сухої речовини здійснювали відповідно до рекомендацій М.О. Майсураєна [13].

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом однофакторного дисперсійного аналізу, а також за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2003-2007 та STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами досліджень встановлено, що передсадивна обробка рослин картоплі мікробними препаратами позитивно вплинула на показники приживлюваності рослин картоплі з культури *in vitro*. За використання Біограну кількість рослин, які прижилися, становила 81,5%, за дії Бактопасльону – 74,5 на фоні 67,3% у контрольному варіанті (табл. 1).

Встановлено, що застосування МВК зумовило зменшення асиміляційної поверх-

Таблиця 1

Вплив мікробних препаратів на приживлюваність рослин картоплі з культури *in vitro* до моменту інфікування МВК

Варіанти досліду	Кількість рослин (висаджені/прижилися), од.	Приживлюваність рослин, %
Контроль (без інокуляції)	55/37	67,3
Біогран	55/45	81,8
Бактопасльон	55/41	74,5

ні листків картоплі на 23,4%. Інфіковані рослини після обробки мікробними препаратами мали більшу площу листової поверхні порівняно з контролем: у варіанті з Біограном – на 14,2%, з Бактопасльоном – на 5,1%.

Результати дослідження свідчать, що МВК негативно впливає на синтез фотосинтетичних пігментів у листках рослин картоплі. Зниження сумарного вмісту хлорофілу *a* і *b* у листках уражених рослин становило 20,4% порівняно зі здоровими. Найбільший приріст суми хлорофілів *a* і *b* до контролю спостерігався за використання Біограну – 17,5%. За дії Бактопасльону показники суми хлорофілів *a* і *b* становили 108,1 мг/100 г листової маси, що на 14,9% більше, ніж у контрольному варіанті.

Передсадивна інокуляція мікробними препаратами сприяла підвищенню показників продуктивності рослин картоплі, інфікованих МВК (табл. 2).

Зниження маси клонів уражених рослин становило 36,8% порівняно з клонами, отриманими зі здорових рослин картоплі. Застосування Біограну та Бактопасльону сприяло зростанню маси одного клону вірусінфікованих рослин картоплі на 49,6 та 45,4% відповідно.

Вірусні захворювання картоплі спричиняють помітні зміни в хімічному складі бульб (у них менше сухої речовини, крохмалю та аскорбінової кислоти) [14]. За на-

шими даними, внаслідок ураження рослин картоплі МВК спостерігалось зниження вмісту крохмалю в бульбах на 2,9%, сухої речовини – на 10,4, аскорбінової кислоти – на 21,7% порівняно з бульбовим матеріалом, отриманим зі здорових рослин.

Застосування мікробних препаратів сприяє не лише збільшенню продуктивності культури, а й покращенню якісних показників продукції (табл. 3).

Найбільший вплив на накопичення крохмалю в бульбах, отриманих з уражених МВК рослин, спостерігався за використання Бактопасльону. За дії вказаного біопрепарату приріст крохмалю становив 1,0% порівняно з контрольним варіантом (13,9%); у варіанті із застосуванням Біограну приріст вмісту крохмалю в бульбах становив 14,2% відповідно.

Найвищий показник вмісту сухої речовини в бульбах, уражених МВК, спостерігався також за використання Бактопасльону – 22,6% порівняно з контрольним варіантом (21,2%); у варіанті із застосуванням Біограну цей показник становив 21,7% відповідно.

За використання біопрепаратів показники вмісту аскорбінової кислоти були вищими, ніж у контрольному варіанті (2,24 мг/100 г): у варіанті з Біограном – на 10,7%, з Бактопасльоном – на 19,2%.

Для визначення ефекту інгібування від застосування мікробних препаратів щодо

Таблиця 2

Вплив мікробних препаратів на продуктивність рослин картоплі, інфікованих МВК

Варіанти досліджу	Кількість бульб у клоні, од.	Маса клону, г	Приріст до контролю, %
<i>Здорові рослини</i>			
Контроль	4,3±0,53	173,9±4,4	–
Біогран	4,7±0,48	258,6±5,6	48,7
Бактопасльон	4,5±0,46	250,3±6,3	43,9
<i>Рослини, уражені МВК</i>			
Контроль	3,14±0,61	127,1±6,9	–
Біогран	3,31±0,34	190,2±5,9	49,6
Бактопасльон	3,47±0,16	184,8±5,0	45,4

Таблиця 3

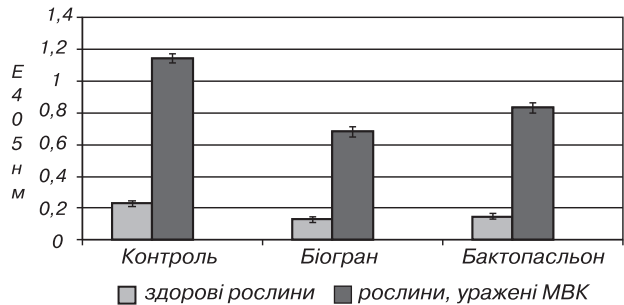
Вплив мікробних препаратів на якісні показники продукції рослин картоплі, інфікованих МВК

Варіанти дослідів	Вміст крохмалю, %	Вміст сухої речовини, мг/100 г сирих бульб	Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г
<i>Здорові рослини</i>			
Контроль	14,3	23,4±0,06	10,3±0,02
Біогран	15,4	23,9±0,08	11,5±0,04
Бактопасльон	15,7	24,3±0,03	11,9±0,05
<i>Рослини, уражені МВК</i>			
Контроль	13,9	21,2±0,03	2,24±0,09
Біогран	14,2	21,7±0,02	2,48±0,11
Бактопасльон	14,8	22,6±0,03	2,67±0,07

ураження картоплі МВК проведено імуноферментний аналіз інфікованого рослинного матеріалу. Аналіз даних рівня репродукування МВК у рослинах картоплі демонструє зниження в них концентрації антигену за дії біопрепаратів у 1,4–1,7 раза (рис.).

ВИСНОВКИ

Встановлено позитивний вплив біопрепаратів Біогран та Бактопасльон на ріст, розвиток та продукційний процес пробіркових рослин картоплі, вирощених в умовах *in vivo* за ураження МВК. Передсадивна інокуляція біопрепаратами рослин картоплі з культури *in vitro* сприяла збільшенню маси одного клону вірусінфікованих рослин картоплі на 49,6–45,4%. Поряд із збільшенням продуктивності картоплі інокуляція мікробними препаратами сприяє покращенню якісних показників



Вплив мікробних препаратів на накопичення МВК у рослинах картоплі сорту Сувенір Чернігівський, ІФА

продукції культури, зокрема підвищенню вмісту крохмалю в бульбах на 2,1–6,5%, аскорбінової кислоти — на 10,7–19,2%. Результати імуноферментного аналізу демонструють зниження концентрації МВК у рослинах картоплі за дії біопрепаратів у 1,4–1,7 раза, що може свідчити про підвищення їх вірусостійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рабенштейн Ф. Проблемы идентификации штаммов Y-вируса картофеля / Ф. Рабенштейн, Ж. Шуберт, Д. Шпаар // Биоресурси і віруси: IV Міжнар. конф.: тези доп. — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2004. — С. 94.
2. Бова Т.О. Фітовірусологічний моніторинг агроценозів з картоплею Чернігівської області / Т.О. Бова, Ю.О. Дмитрук, О.О. Дмитрук. — Бояни: Місто, 2013. — 41 с.
3. Пат. 73682 Україна, МПК АО 1N 63/00, С 12 N 1/20. Инсектофунгицидный препарат Гаупсин для борьбы из шкідниками і хворобами сільськогосподарських культур / О.А. Кіпріанова, С.В. Гораль; заявник і патентовласник Інститут мікробіології і вірусології ім. академіка Забо-

- лотного НАН України. — № 2004031748; заявл. 10.03.2004; опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8.
4. Орловська Г.М. Вплив препаратів «БОА» та «ГЗ» на насіння соняшнику (*Helianthus annuus* L.) ураженого вірусом плямистого зів'янення томатів / Г.М. Орловська, А.Л. Бойко // *Агроекологічний журнал*. — 2008. — № 2. — С. 193–195.
 5. Оверченко В.В. Екологія вірусів / В.В. Оверченко. — К.: Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ рослинництва, екології та біотехнологій. 2013. — 58 с.
 6. Миронов А.А. Методы электронной микроскопии в биологии и медицине / А.А. Миронов, Я.Ю. Комиссарчик, В.А. Миронов. — СПб.: Наука, 1994. — 399 с.
 7. Конструирование иммуноферментной тест-системы для обнаружения МВК в растительном материале / О. Кучерявенко, А. Пирог, Т. Бова и др. // *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. — 2017. — Вып. 1 (73). — С. 56–60. — (Серия: Биология).
 8. Crowther J.R. ELISA. Theory and practice / J.R. Crowther. — N.Y.: Hamana Press, 1995. — 223 p.
 9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд., доп. и перераб. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
 10. Методика научных исследований в агрономии: навч. посібник / [Е.Р. Ермантраут, М.А. Бобро, Т.І. Гончій та ін.]. — Х.: Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва, 2008. — 64 с.
 11. Практикум по физиологии растений / [Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин и др.]. — М.: Агропромиздат, 1990. — 271 с.
 12. Агрохимия. Практикум: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. проф. И.Р. Вильдфлуша, С.П. Курреша. — Минск: ИВЦ Минфина, 2010. — 368 с.
 13. Практикум по растениеводству / [ред. Н.А. Майсурян]. — 6-е изд. — М.: Колос, 1970. — 446 с.
 14. Анисимов Б.В. Фитопатогенные вирусы и их контроль в семеноводстве картофеля / Б.В. Анисимов. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. — 80 с.

REFERENCES

1. Rabenshtein, F. (2004). Problemy identifikatsii shtammov Y-virusa kartofelia [Problems of identification of strains of Y-potato virus]. Proceedings from The bioresources and viruses '04: *IV mizhnarodna konferentsiia — 4th International Conference* (p. 94). Kyiv: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr «Kyivskiy universitet» [in Russian].
2. Bova, T.O., Dmytruk, Y.O., & Dmytruk, O.O. (2013). *Fitovirusolohichnyi monitoring ahrotsenoziv z kartopleiu Chernihivskoi oblasti [Phytovirus monitoring of agrocenosis of potato in Chernihiv region]*. Boiany: Misto [in Ukrainian].
3. Kiprianova, O.A., Horal, S.V. (2005). Insektofunhitsydni preparat Haupsyn dlia borotby zi shkidnykamy ta khvorobamy silskohospodarskykh kultur. [Insectofungicidal preparation Haupsyn to fight with pests and diseases of agricultural crops]. *Patent Ukraine No. 73682. IPC AO 1N 63/00, C 12 N 1/20. Publ. 15.08.2005, Bull. No. 8* [in Ukrainian].
4. Orlovska, H.M., & Boiko, A.L. (2008). Vplyv preparativ «BOA» ta «HZ» na nasinnia soniashnyku (*Helianthus annuus* L.) urazhenoho virusom pliamystoho zivianennia tomativ [Effect of preparations «BOA» and «HZ» on sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.) affected by the virus of spotted withering of tomatoes]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecology journal*, 2, 193–95 [in Ukrainian].
5. Overchenko, V.V. (2013). *Ekologia virusiv [Ecology of viruses]*. Kyiv: National University of Bioresources and Natural resources of Ukraine, ESI of plant growing, ecology and biotechnologies [in Ukrainian].
6. Mironov, A.A., Komissarчик, Ya.Yu., & Mironov, V.A. (1994) *Metody elektronnoi mikroskopii v biologii i meditsine [Methods of electronic microscopy in biology and medicine]*. SPb.: Nauka [in Russian].
7. Kucheriavenko, O., Pyroh, A., Bova, T., Tymoshenko, Ye., & Budzanivskaia, I. (2017). Konstruirovaniie immunofermentnoi test-sistemy dlia obnaruzhennia MVK v rastitelnom materiale [Design of an immunoenzymatic test-system for detecting MVP in plant material]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka — Bulletin of Kyiv National Taras Shevchenko University*, 1(73), 56–60 [in Russian].
8. Crowther, J. R. (1995) *ELISA. Theory and practice*. N.Y.: Hamana Press [in English].
9. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevoho opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniia) [Technique of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]*. (3th ed.). Moskva: Ahropromizdat [in Russian].
10. Ermantraut, E.R., Bobro, M.A., Hoptsi, T.I. et al. (2008). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii [Technique of scientific research in agronomy]: [tutorial]*. Kharkiv: V.V. Dokuchaev Khark. Nat. Agrarian. Un-ty [in Ukrainian].
11. Tretiakov, N.N., Karnaukhova, T.V., Panichkin, L.A. et al. (1990). *Praktikum po fiziologii rastenii [Workshop on Plant Physiology]*. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
12. Vildflush, I.R. et al. (2010) *Ahrokhimia. Praktikum: ucheb. posobie dlia studentov vysshikh uchebnykh zavedenii po agronomicheskim spetsialnostiam [Agrochemistry. Workshop: Tutorial for students of higher educational institutions on agronomic specialties]*. Professors I.R. Vildflush, S.P. Kukresh (Eds.). Minsk: IVC Minfina [in Russian].
13. Maisurian, N.A. (1970). *Praktikum po rastenievodstvu [Workshop on crop production]*. (6th ed.). Moskva: Kolos [in Russian].
14. Anisimov, B.V. (2004). *Fitopatohenne virusy i ikh kontrol v semenovodstve kartofelia [Phytopathogenic viruses and their control in seed production of potatoes]*. Moskva: FGNU Rosinformahrotekh [in Russian].