



УДК 631.86/87:578.864.1:578.85/.86

О.А. Кучерявенко, И.Г. Будзанивская,
А.В. Пирог, О.А. Дмитрук
O.A. Kucheryavenko, I.G. Budzanivskaya,
A.V. Pirog, O.A. Dmitruk

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА АКТИВНОСТЬ СТРЕССОВЫХ ФЕРМЕНТОВ И КОНЦЕНТРАЦИЮ МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА В РАСТЕНИЯХ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ВИРУСНОМ ИНФИЦИРОВАНИИ

THE INFLUENCE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON STRESS ENZYME ACTIVITY AND MALONDIALDEHYDE CONCENTRATION IN POTATO PLANTS WITH VIRAL INFECTION

Ключевые слова: картофель, культура *in vitro*, биопрепараты, М-вирус картофеля, каталаза, рибонуклеаза, малоновый диальдегид, ферментативная активность, вирусная инфекция.

Изучено влияние микробных препаратов на активность стрессовых ферментов и концентрацию малонового диальдегида в растениях картофеля с культуры *in vitro* при искусственном инфицировании фитопатогенным вирусом. Исследования проводили в условиях полевого мелкоделяночного опыта на дерново-среднеподзолистой почве. Объектами исследований были растения картофеля сорта Сувенир черниговский культуры *in vitro*, М-вирус картофеля и биопрепараты: Биогран (на основе бактерий *Azospirillum brasilense* 410, иммобилизованных в гранулах биогумуса); Бактопаслен (на основе консорциума *Azotobacter chroococcum* и *Azotobacter vinelandii*, культивированных с лектином картофеля). Установлено, что при вирусной инфекции в растениях картофеля происходит повышение активности ферментов каталазы, рибонуклеазы, а также концентрации малонового диальдегида. В то же время предпосадочная обработка корневой системы растений картофеля биопрепаратами «Биогран» и «Бактопаслен» способствовала снижению активности фермента каталазы и концентрации продукта перекисного окисления липидов, что свидетельствует о лучшей адаптации растений картофеля с культуры *in vitro* к условиям окружающей среды и перенесении стрессового состояния вызванного М-вирусной инфекцией. Использование биопрепаратов также

способствовало снижению рибонуклеазной активности в вирусинфицированных растениях картофеля, что объясняется уменьшением негативного влияния вирусной инфекции – снижением уровня репродукции МВК. Прослеживается прямая корреляция между активностью РНК-азы и концентрацией вирусного антигена в растениях картофеля. Иммуноферментный анализ показал, что при действии микробных препаратов «Биогран» и «Бактопаслен» происходит снижение концентрации МВК в растениях картофеля на 35,0 и 26,5% соответственно.

Keywords: potato, *in vitro* culture, biological preparations, potato virus M (PVM), catalase, ribonuclease, malondialdehyde (MDA), enzyme activity, viral infection.

The influence of microbial preparations on stress enzyme activity and malondialdehyde concentration in potato plants from *in vitro* culture under artificial infection with a phytopathogenic virus was studied. The investigation was conducted in a small-scale field trial on sod-medium podzol soil. The research targets were potato plants of Suvenir variety of Chernihiv culture *in vitro*, potato virus M, and biological preparations: *Biogran* (based on *Azospirillum brasilense* 410 bacteria immobilized in biohumus granules); and *Baktopaslen* (based on the consortium *Azotobacter chroococcum* and *Azotobacter vinelandii*, cultivated with potato lectin). It was found that the activity of catalase enzymes, ribonuclease, and MDA concentration increased under the viral infection in potato plants. At the same time, pre-planting treatment of the root system of potato plants with the biological preparations *Bi-*

ogran and *Baktopaslen* contributed to decrease of catalase enzyme activity and concentration of the product of lipid peroxidation. It is indicative of better adaptation of the potato plants from *in vitro* culture to the environmental conditions and undergoing the stress state caused by PVM infection. The use of the biological preparations also promoted the decrease in ribonuclease activity in virus-infected potato plants. That is explained by reduction of the negative impact

of the viral infection – the drop of the PVM reproduction level. The direct correlation between ribonuclease activity and the concentration of viral antigen in potato plants is observed. Immunoenzymatic analysis showed that under the influence of the microbial preparations *Biogran* and *Baktopaslen* the PVM concentration in potato plants decreased by 35.0% and 26.5%, respectively.

Кучерявенко Оксана Александровна, аспирант, лаб. вирусологии, Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН Украины, г. Чернигов, Украина. Тел.: +380663204322. E-mail: okskucher83@gmail.com.

Будзанивская Ирина Геннадиевна, д.б.н., проф. каф. вирусологии, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Киев, Украина. Тел.: +380976834024. E-mail: birishechka68@gmail.com.

Пирог Александр Викторович, к.с.-х.н., с.н.с., лаб. почвенной микробиологии, Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН Украины, г. Чернигов, Украина. Тел.: +380631479751. E-mail: altrockman1986@gmail.com.

Дмитрук Оксана Александровна, н.с., лаборатории вирусологии, Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН Украины, г. Чернигов, Украина. Тел.: +380936362565. E-mail: oks.dmytruk@gmail.com.

Kucheryavenko Oksana Aleksandrovna, post-graduate student, Virology Lab., Institute of Agricultural Microbiology and Agricultural Industry of Natl. Acad. of Agr. Sci., Chernigov, Ukraine. Ph.: +380663204322. E-mail: okskucher83@gmail.com.

Budzanivskaya Irina Gennadievna, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Virology, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine. Ph.: +380976834024. E-mail: birishechka68@gmail.com.

Pirog Aleksandr Viktorovich, Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Soil Microbiology Lab., Institute of Agricultural Microbiology and Agricultural Industry of Natl. Acad. of Agr. Sci., Chernigov, Ukraine. Ph.: +380631479751. E-mail: altrockman1986@gmail.com.

Dmitruk Oksana Aleksandrovna, Staff Scientist, Virology Lab., Institute of Agricultural Microbiology and Agricultural Industry of Natl. Acad. of Agr. Sci., Chernigov, Ukraine. Ph.: +380936362565. E-mail: oks.dmytruk@gmail.com.

Введение

Способность растений приспосабливаться и противостоять экстремальным условиям окружающей среды и сохранять при этом свой жизненный потенциал – один из важных факторов их существования, зависящий от возможности реализации защитных механизмов, то есть адаптации к действию различных стрессоров [1].

Вирусные болезни являются одним из самых распространённых неблагоприятных факторов для растительного организма. Как и любой стрессор, вирусная инфекция нарушает большинство функциональных показателей растения, что в результате приводит к снижению ее урожайности и ухудшению качества продукции.

Наиболее ранним ответом растительного организма на проникновение патогена является локальная генерация активных форм кислорода (АФК), в частности перекиси водорода [2]. АФК вызывают повреждения белков и нуклеиновых кислот, окисление липидов, распад пигментов и т.п.

Важную роль в генерации и регуляции содержания активных форм кислорода в растительных тканях играют окислительно-восстановительные ферменты, в первую очередь оксидоредуктазы [3]. К их числу относится каталаза – компонент первичной ферментативной защиты растения от действия токсичных соединений кислорода, который мгновенно реагирует на любой стрессовый фактор, в частности проникновения вирусного патогена.

Одним из показателей интенсивности окислительного стресса растений является изменение уровня малонового диальдегида – продукта перекисного окисления липидов [4]. По содержанию малонового диальдегида можно судить о степени повреждения клеточных мембран растений картофеля, в результате окислительного стресса [5].

Также среди первых этапов защиты против РНК-содержащих вирусов является система деградации РНК [6]. Существует мнение, что из-за распада и синтеза РНК регулируются защитно-

приспособительные реакции растений, и ключевую позицию в этих процессах занимает рибонуклеаза (РНК-аза). Повышение активности РНК-азы в молодых растительных тканях при оптимальных условиях выращивания в большинстве случаев коррелирует с увеличением РНК и одновременно связано с интенсивной утилизацией молекул РНК, которые выполнили свою функцию [7].

Известно, что у растений, пораженных вирусными заболеваниями, значительно повышается активность РНК-азы [8, 9]. Увеличение уровня фермента обусловлено в основном синтезом ферментного белка, образованием новых изозимов, которые отсутствуют у здоровых растений [10].

Учеными многих стран ведётся активный поиск путей повышения устойчивости растений к патогенам, то есть стимулирование защитных реакций растительного организма. Поэтому исследования устойчивости растений к неблагоприятным условиям окружающей среды, в том числе и поражения вирусными болезнями, в последние десятилетия вошли в число актуальных проблем физиологии и фитопатологии [11].

Сегодня исследована эффективность веществ биологического происхождения (в том числе тех, которые являются основой биопрепаратов). Они стимулируют рост и развитие растений и одновременно повышают их устойчивость к вирусным заболеваниям [12, 13].

Цель исследований состояла в изучении влияния биопрепаратов на активность стрессовых ферментов и концентрацию малонового диальдегида в растениях картофеля при искусственном инфицировании М-вирусом картофеля.

Объекты и методы

Исследования проводили в условиях полевого мелкоделяночного опыта на дерново-среднеподзолистой почве (содержание гумуса – 1,2%; азота – 5,0-6,0 мг/100 г почвы; фосфора – 11-13 мг/100 г почвы; калия – 12-13 мг/100 г почвы, $pH_{\text{сол.}}$ – 6).

Объектами исследований были растения картофеля сорта Сувенир черниговский культуры *in*

vitro, М-вирус картофеля (МВК) и биопрепараты: Биогран (на основе бактерий *Azospirillum brasilense* 410, иммобилизованных в гранулах биогумуса); Бактопслён (на основе консорциума *Azotobacter chroococcum* и *Azotobacter vinelandii*, культивированных с лектином картофеля).

Экспериментальная часть

Схема опыта: 1) контроль (предпосадочная обработка корневой системы водой); 2) биогран (инокуляция корневой системы из расчёта 1:10); 3) бактопслён (инокуляция корневой системы из расчёта 1:100).

Растения картофеля высаживали по схеме 12×70 см, агротехника общепринятая для зоны Полесья, предшественник – викоовсяная смесь, повторность опыта трёхкратная.

Обработку корневой системы пробирочных растений проводили в день высадки путем замачивания на 30 мин. в растворе биопрепаратов, после чего высаживали в почву.

Пробирочные растения картофеля адаптировали к условиям *in vivo* в течение 14 сут., после чего половину растений инфицировали МВК. Неинфицированные и пораженные растения картофеля были территориально изолированы между собой во избежание перезаражения М-вирусом картофеля. Для предотвращения распространения переносчиков вирусной инфекции на посадках картофеля применяли инсектициды.

Накопление МВК проводили на тест-растениях *Lycopersicon esculentum* Mill. Полученный инокулюм из растений томатов использовали для заражения пробирочных растений картофеля, высаженных в почву. Инфицирование растений картофеля МВК проводили методом механической инокуляции [14].

Активность каталазы определяли методом, который основан на взаимодействии пероксида водорода с йодистым калием. Ферментативную активность каталазы вычисляли по уравнению $A=D:0,05$, где А – активность каталазы в пробе; D – оптическая плотность исследуемой пробы (при длине волны 440 нм); 0,02 – коэффициент

пересчёта в условные единицы активности каталазы (ед. акт., E) [15].

Концентрацию малонового диальдегида (МДА) определяли спектрофотометрически в реакции с тиобарбитуровой кислотой, измеряя оптическую плотность (E) при длине волны 532 нм и неспецифическое помутнение раствора при длине волны 600 нм [16].

Активность РНК-азы в листьях картофеля определяли по методике А.К. Chakravorty в модификации Ю.И. Власова. Ферментативную активность РНК-азы рассчитывали по формуле $A=D:0,010$, где A – активность РНК-азы в пробе; D – оптическая плотность исследуемой пробы (при длине волны 260 нм); 0,010 – коэффициент пересчёта в условные единицы активности РНК-азы (ед. акт., E) [17].

Активность ферментов каталазы и рибонуклеазы, а также концентрацию малонового диальдегида определяли в течение вегетационного периода.

Определение концентрации вируса в растениях картофеля проводили в сэндвич-варианте твердофазного иммуноферментного анализа (ТИФА) со щелочной фосфатазой, результаты регистрировали на ридере ELx800 (Biotek, США) при длине волны 405 нм [18].

Статистическую обработку результатов исследований рассчитывали методом однофакторного дисперсионного анализа, а также с помощью компьютерных программ: Microsoft Office Excel 2003-2007 и STATISTICA 6.0.

Результаты и их обсуждение

Каталазную активность пробирочных растений картофеля определяли в четыре этапа: до инфицирования М-вирусом картофеля, на 7-, 14- и 21-й день после инфицирования МВК. Активность каталазы в растениях картофеля, высаженных в почву до поражения вирусом в варианте с Биограном, составляла 36,7 единицы активности (ед. акт., E), с Бактопаслёном – 37,2 ед. акт., что на 5,1 и 5,6 ед. акт., соответственно, больше, чем в контроле (табл. 1).

На данном этапе высокую активность каталазы в вариантах с биопрепаратами можно объяснить защитной реакцией растений на воздействие микробных препаратов, в частности бактериальной их части, поскольку они также являются стрессовым фактором для пробирочных растений картофеля. На следующих этапах исследования уровень активности фермента каталазы в растениях, свободных от вирусной инфекции, при применении биопрепаратов был на уровне с контролем.

На 7-21-й день после инфицирования растений картофеля МВК наблюдалось значительное повышение активности каталазы во всех исследуемых вариантах. Самая высокая активность фермента на каждом этапе исследований была в контроле, при использовании биопрепаратов активность каталазы в варианте с Биограном снижалась на 24,9-26,3%, с Бактопаслёном – на 12,4-18,0% соответственно.

Таблица 1

Влияние биопрепаратов на активность каталазы в растениях картофеля при искусственном инфицировании МВК

Варианты опыта	Активность каталазы, ед. акт., (E)						
	до инфицирования	7-й день после инфицирования		14-й день после инфицирования		21-й день после инфицирования	
		здоровые	поражённые	здоровые	поражённые	здоровые	поражённые
Контроль	31,6	33,8	52,6	37,0	63,4	39,2	66,3
Биогран	36,7	32,6	42,1	34,6	50,2	31,0	54,5
Бактопаслён	37,2	31,8	46,8	34,2	53,7	32,2	58,2
НСП ₀₅	0,9	0,7	0,9	0,6	1,4	0,8	1,3

Малоновый диальдегид в растениях картофеля определяли в три этапа: до инфицирования М-вирусом картофеля, на 14- и 21-й день после инфицирования МВК. Концентрация МДА в растениях картофеля, высаженных в почву, при инокуляции биопрепаратами до заражения вирусом была на уровне с контролем. На 14-21-й день после инфицирования растений фитопатогенным вирусом наблюдалось снижение концентрации МДА при использовании Биограна на 20,2-20,7%, Бактопаслёна – на 10,7-15,7% соответственно (табл. 2).

Снижение уровня активности каталазы и концентрации малонового диальдегида при действии биопрепаратов может свидетельствовать об успешной адаптации растений картофеля культуры *in vitro* к условиям окружающей среды и повышении стрессоустойчивости по отношению к вирусной инфекции.

Активность фермента РНК-азы у здоровых растений картофеля при использовании биопрепаратов не превышала показатели здоровых растений контроля на каждом этапе его определения. При исследовании активности РНК-азы у вирусинфицированных растений картофеля самые высокие показатели активности наблюдали в контроле (табл. 3).

На 21-й день после инфицирования пробирочных растений картофеля МВК активность рибонуклеазы в контрольных растениях составляла 115,0 ед. акт. На фоне применения микробных препаратов активность рибонуклеазы значительно снижалась: в варианте с Биограном – на 27,8 ед. акт., с Бактопаслёном – на 21,9 ед. акт. Это свидетельствует об уменьшении негативного влияния вирусной инфекции – снижении уровня репродукции МВК в растениях, что подтверждается результатами ТИФА.

Таблица 2

Влияние биопрепаратов на концентрацию малонового диальдегида в растениях картофеля при искусственном инфицировании МВК

Варианты опыта	До инфицирования	Концентрация малонового диальдегида, мкмоль/г			
		14-й день после инфицирования		21-й день после инфицирования	
		здоровые	поражённые	здоровые	поражённые
Контроль	25,3	27,6	35,1	35,8	45,5
Биогран	24,9	22,9	29,2	31,4	37,7
Бактопаслён	25,5	24,7	31,7	32,6	39,3
НСР ₀₅	0,7	1,0	1,1	0,8	1,2

Таблица 3

Влияние биопрепаратов на активность РНК-азы в растениях картофеля при искусственном инфицировании МВК

Варианты опыта	до инфицирования	Активность РНК-азы, од. акт., (Е)					
		7-й день после инфицирования		14-й день после инфицирования		21-й день после инфицирования	
		здоровые	поражённые	здоровые	поражённые	здоровые	поражённые
Контроль	20,3	41,0	51,0	65,0	92,0	82,5	115,0
Биогран	21,0	39,0	47,2	53,5	68,0	72,5	87,2
Бактопаслён	20,8	40,2	49,0	55,0	70,5	76,2	93,1
НСР ₀₅	1,6	1,2	1,3	1,0	1,4	1,3	1,9

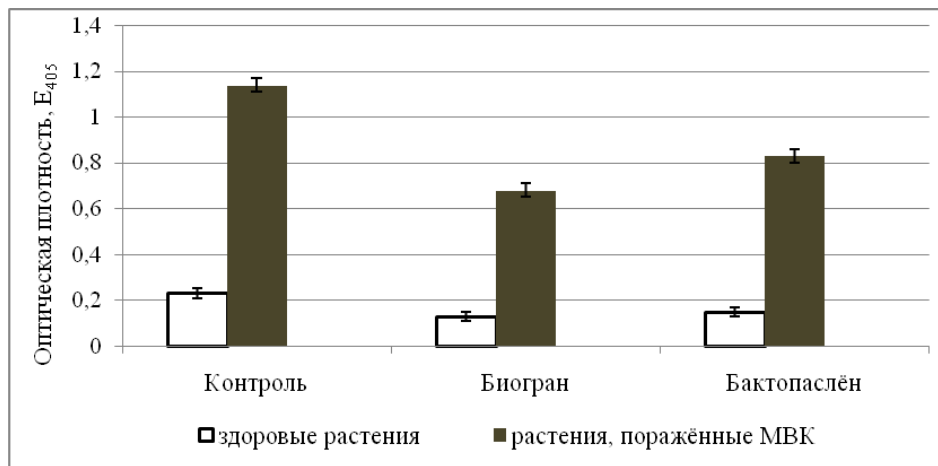


Рис. Концентрация МВК в растениях картофеля сорта Сувенир черниговский при действии биопрепаратов, ТИФА

Иммуноферментный анализ показал, что применение микробных препаратов «Биограна» и «Бактопаслёна» способствовало снижению концентрации МВК в растениях картофеля на 35,0 и 26,5% соответственно (рис.).

Выводы

Таким образом, применение микробных препаратов «Биогран» и «Бактопаслен», начиная с первых этапов выращивания оздоровленного семенного материала картофеля, позволяет повысить общий адаптационный потенциал культуры и снизить негативное влияние вирусной инфекции на растения.

Библиографический список

1. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. – Уфа: Гилем, 2001. – 160 с.
2. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. – М.: Наука, 2002. – 294 с.
3. Hueckelhoven R., Kogel K.H. Reactive oxygen intermediates in plant-microbe interactions: who is who in powdery mildew resistance? // *Planta*. – 2003. – Vol. 216 (6). – P. 891-902.
4. Buege, J.A., Aust, S.D. Microsomal Lipid Peroxidation // *Methods in Enzymology*. – 1978. – Vol. 52. – P. 302-310.
5. Posmyk M.M., Bailly C., Szafranska K., et al. Antioxidant enzymes and isoflavonoids in chilled soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seedlings // *J. Plant Physiol.* – 2005. – Vol. 162 (4). – P. 403-412.

6. Ильинская О.Н., Шах Р. Махмуд Рибонуклеазы как противовирусные агенты // *Молекулярная биология*. – 2014. – Т. 48. – № 5. – С. 707-717.

7. Орлюк А.П., Усик Л.О. Морфологічні і фізіолого-біохімічні показники посухостійкості *Triticum aestivum* L // *Чорн. ботан. журн.* – Херсон, 2005. – Т. 1. – № 1. – С. 90-98.

8. Chakravorty A.K., Shaw M., Scrubb L.A. Ribonuclease activity of wheat leaves and rust infection // *Nature*. – 1974. – Vol. 247. – P. 577-580.

9. Пантюхина В.А., Рейфман В.Г., Казачкова Л.А. Рибонуклеаза листьев растений, поражённых вирусами // *Вирусные болезни растений и меры борьбы с ними*. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. – С. 14-20.

10. Bagi G., Farkas G.L. On the nature of increase in ribonuclease activity in mechanically damaged tobacco leaf tissues // *Phytochemistry*. – 1967. – Vol. 6 (2). – P. 161-169.

11. Колупаев Ю.Є. Фізіолого-біохімічні механізми формування адаптивних реакцій рослин: роль активних форм кисню та іонів кальцію: автореф. дис. ... докт. біол. наук. – К., 2007. – 32 с.

12. Таран Н.Ю., Светлова Н.Б., Оканенко О.А. та ін. Регулятори росту у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи // *Вісник аграрної науки*. – 2004. – № 8. – С. 29-32.

13. Пономаренко С.П., Іутинська Г.О. Регулятори росту. Екологічні аспекти застосування // *Захист рослин*. – 1999. – № 12. – С. 15-18.

14. Оверченко В.В. Екологія вірусів. – К.: Національний університет біоресурсів і природокористування України ННІ рослинництва, екології та біотехнологій, 2013. – 58 с.

15. Пат. 2027171 Российская Федерация, G01N21/78. Способ определения активности каталазы в биологических объектах / Шиманов В.Г., Худайкулович Т.Х., Кучинский С.Ю., Аслидинов С.Д., Халиков Р.А. – заявл. 05.07. 1991; опубл. 20.01.1995.

16. Жильцова Ю.В. Зависимость антиоксидантно-прооксидантного равновесия в макрофитах от уровня антропогенной загрузки // Физиология растений. – Минск, 2011. – № 6. – Ч. 2. – С. 47-54.

17. Биохимический метод оценки патогенности штаммов вируса табачной мозаики на томатах: метод. указания / Ю.И. Власов. – Л. Пушкино: ВИЗР, 1981. – 7 с.

18. Crowther J.R. ELISA. Theory and practice. – N.Y.: Hamana Press, 1995. – 223 p.

References

1. Shakirova F.M. Nespetsificheskaya ustoychivost rasteniy k stressovym faktoram i ee regulyatsiya. – Ufa: Gilem, 2001. – 160 s.

2. Tarchevskiy I.A. Signalnyie sistemyi kletok rasteniy. – M.: Nauka, 2002. – 294 s.

3. Hueckelhoven R., Kogel K.H. Reactive oxygen intermediates in plant-microbe interactions: who is who in powdery mildew resistance? // Planta. – 2003. – Vol. 216 (6). – P. 891-902.

4. Buege, J.A., Aust, S.D. Microsomal Lipid Peroxidation // Methods in Enzymology. – 1978. – Vol. 52. – P. 302-310.

5. Posmyk M.M., Bailly C., Szafranska K., et al. Antioxidant enzymes and isoflavonoids in chilled soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seedlings // J. Plant Physiol. – 2005. – Vol. 162 (4). – P. 403-412

6. Ilinskaya O.N., Shah Mahmud R. Ribonukleazy kak protivovirusnye agenty // Molekulyarnaya biologiya. – 2014. – T. 48, no. 5. – S. 707-717.

7. Orlyuk A.P., Usik L.O. Morfoloģichni i fiziologo-biokhimichni pokazniki posukhostiykosti *Triticum aestivum* L. // Chorn. botan. zhurn. – Herson, 2005. – T. 1, no. 1. – S. 90-98.

8. Chakravorty A.K., Shaw M., Scrubb L.A. Ribonuclease activity of wheat leaves and rust infection // Nature. – 1974. – Vol. 247. – P. 577-580.

9. Pantyuhina V.A., Reyfman V.G., Kazachkova L.A. Ribonukleaza listev rasteniy, porazhennykh virusami // Virusnye bolezni rasteniy i mery borby s nimi. – Vladivostok: DVNTs AN SSSR, 1980. – S. 14-20.

10. Bagi G., Farkas G.L. On the nature of increase in ribonuclease activity in mechanically damaged tobacco leaf tissues // Phytochemistry. – 1967. – Vol. 6 (2). – P. 161-169.

11. Kolupaev Yu.E. Fiziologo-biokhimichni mekhanizmi formuvannya adaptivnykh reaktsiy roslin: rol aktivnykh form kisnyu ta ioniv kaltslyu: avtoref. dis. ... doktora biolog. nauk. – K., 2007. – 32 s.

12. Taran N.Yu., Svetlova N.B., Okanenko O.A. ta in. Regulyatori rostu u formuvanni adaptivnykh reaktsiy roslin do posukhi // Visnik agrarnoy nauki. – 2004. – No. 8. – S. 29-32.

13. Ponomarenko S.P., Iutinska G.O. Regulyatori rostu. Ekoloģichni aspekty zastosuvannya // Zakhyst roslin. – 1999. – No. 12. – S. 15-18.

14. Overchenko V.V. Ekoloģiya virusiv. – K.: Natsionalnyy universitet bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukrayini NNI roslinnitstva, ekoloģiyi ta blotekhnologiy, 2013. – 58 s.

15. Пат. 2027171 Rossiyskaya Federatsiya, G01N21/78. Sposob opredeleniya aktivnosti katalazyi v biologicheskikh obektakh / V.G. Shimanov, T.H. Khudaykulovich, S.Yu. Kuchinskiy, S.D. Aslidinov, R.A. Khalikov. – zayavl. 05.07.1991; opubl. 20.01.1995.

16. Zhiltsova Yu.V. Zavisimost antioksidantno-prooksidantnogo ravnesiya v makrofitakh ot urovnya antropogennoy zagruzki // Fiziologiya rasteniy. – Minsk, 2011. – T. 6, ch. 2. – S. 47-54.

17. Biokhimicheskiy metod otsenki patogennosti shtammov virusa tabachnoy mozaiki na tomatakh: metod. ukaz.; [sost.: Yu.I. Vlasov]. – L.; Pushkin: VIZR, 1981. – 7 s.

18. Crowther J.R. ELISA. Theory and practice. – N.Y.: Hamana Press, 1995. – 223 p.

