

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ТА КЛІНІЧНА ФАРМАКОЛОГІЯ

*Recommended by Doctor of Pharmacy, professor S. V. Kolisnyk*

UDC 547.292'792-38:661.162.66]:[633.11:581.49]

R. O. Shcherbyna<sup>1</sup>, D. M. Danilchenko<sup>1</sup>, N. O. Khromykh<sup>2</sup>, Yu. V. Lykholat<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zaporizhya State Medical University

<sup>2</sup> Oles' Honchar Dnipropetrovsk National University

## The study of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid salts as growth stimulators of winter wheat sprouts

Wheat is one of the most important and most widespread crop plants not only in Ukraine, but also in world agriculture in general. Wheat hybrids have many advantages, but seed production is a very complicated, high-tech and costly process. Derivatives of 1,2,4-triazole are interesting and promising in this respect.

**Aim.** To determine the effect of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid salts on the growth quality indicators of winter wheat sprouting shoots ("Podolyanka" sort).

**Materials and Methods.** The objects of our research were 12 new water soluble 1,2,4-triazole derivatives.

**Results and discussion.** As the result of the study it was found that almost all salts of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid were more or less able to affect the growth and development of winter wheat sprouts ("Podolyanka" sort). The intensity and severity of these effects are affected by substituents of the 1,2,4-triazole cycle at N<sub>3</sub> and N<sub>4</sub> atoms and cations associated with 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acids. The promising compounds PKR-139, PKR-234, DKP-21 were found during our research. These substances almost exceeded the reference drug Auxin by all germination quality parameters. Interesting is the fact that the increase in the molecular weight of the substituent of the 1,2,4-triazole cycle at N<sub>4</sub> atom in the molecules of 2-((4-R<sub>1</sub>-3-(morpholinomethylene)-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid ammonium salts results in the decrease of germination and the sprouting energy, but after that the germination rate slightly increases.

**Conclusions.** It has been found that compounds PKR-139, PKR-234, DKP-21 exhibit the most pronounced growth-stimulating activity.

**Key words:** 1,2,4-triazole; winter wheat sprouts; "Podolyanka" sort

Р. О. Щербина, Д. М. Данільченко, Н. О. Хромих, Ю. В. Лихолат

### Вивчення солей 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-триазол-5-іл)тіо)ацетатних кислот в якості стимуляторів росту паростків пшениці озимої

Пшениця є однією з найважливіших і найпоширеніших сільськогосподарських культур не тільки в Україні, а й у світовому землеробстві в цілому. Гібриди пшениці мають багато переваг, проте виробництво насіння є дуже складним, високотехнологічним та затратним процесом, тому що насіння потребує передпосівної обробки, яка здатна впливати як на розвиток паростка, так і на подальшу виживаність самих рослин. Цікавими та перспективними в даному плані є похідні 1,2,4-триазолу.

**Метою даних досліджень** було визначення впливу солей 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-триазол-5-іл)тіо)ацетатних кислот на якісні показники проростання паростків пшениці озимої сорту «Подольанка».

**Матеріали та методи.** В якості об'єктів дослідження були обрані 12 похідних 1,2,4-триазолу.

**Результати та їх обговорення.** В результаті проведеного дослідження встановлено, що практично всі солі 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-триазол-5-іл)тіо)ацетатних кислот більшою чи меншою мірою здатні впливати на ріст та розвиток паростків пшениці озимої сорту «Подольанка». На інтенсивність та вираженість даних ефектів впливають замісники за N<sub>3</sub> та N<sub>4</sub> атомами азоту 1,2,4-триазолового циклу та катіони, зв'язані з 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-триазол-5-іл)тіо)ацетатними кислотами. В результаті проведеного дослідження відмічені перспективні сполуки ПКР-139, ПКР-234 та ДКП-21. Так, вказані речовини практично за всіма якісними показниками проростання перевищують препарат порівняння ауксин. Цікавим є той факт, що збільшення молекулярної маси замісника при N<sub>4</sub> атомі азоту 1,2,4-триазолового циклу в молекулах амонійних солей 2-((4-R<sub>1</sub>-3-(морфолінометилен)-4H-1,2,4-триазол-5-іл)тіо)ацетатних кислот призводить до зниження енергії проростання та схожості, проте швидкість проростання дещо зростає.

**Висновки.** Встановлено, що найбільш виражену рістстимулюючу активність відносно паростків пшениці озимої проявляють сполуки ПКР-139, ПКР-234 та ДКП-21.

**Ключові слова:** 1,2,4-триазол; паростки пшениці озимої; сорт «Подольанка»

Р. А. Щербина, Д. М. Данильченко, Н. А. Хромых, Ю. В. Лихолат

### Изучение солей 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-триазол-5-ил)тио)уксусных кислот в качестве стимуляторов роста ростков пшеницы озимой

**Введение.** Пшеница является одной из важнейших и наиболее распространенных сельскохозяйственных культур не только в Украине, но и в мировом земледелии в целом. Гибриды пшеницы имеют много преимуществ, но производство семян является очень сложным, высокотехнологичным и затратным процессом в связи с тем, что семена требуют предпосевной обработки, которая способна влиять как на развитие ростка, так и на дальнейшую выживаемость. Интересными и перспективными в данном плане являются производные 1,2,4-триазола.

**Целью данных исследований** было определение влияния солей 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-триазол-5-ил)тио)уксусных кислот на качественные показатели прорастания ростков пшеницы озимой сорта «Подольанка».

**Материалы и методы.** В качестве объектов исследования были выбраны 12 производных 1,2,4-триазола.

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенного исследования установлено, что практически все соли 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-триазол-5-ил)тио)уксусных кислот в большей или меньшей степени способны влиять на рост и развитие ростков пшеницы озимой сорта «Подольанка». На интенсивность и выраженность данных эффектов влияют заместители по N<sub>3</sub> и N<sub>4</sub> атомам азота 1,2,4-триазолового цикла и катионы, которые связаны с 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-триазол-5-ил)тио)уксусной кислотой. В результате проведенного исследования отмечены перспективные соединения ПКР-139, ПКР-234 и ДКП-21. Так, указанные вещества практически по всем качественным показателям прорастания превышают препарат сравнения ауксин. Интересен тот факт, что увеличение молекулярной массы заместителя при N<sub>4</sub> атоме азота 1,2,4-триазолового цикла в молекулах аммонийных солей 2-((4-R<sub>1</sub>-3-(морфолинометил)-4H-1,2,4-триазол-5-ил)тио)уксусных кислот приводит к снижению энергии прорастания и всхожести, однако позже скорость прорастания несколько возрастает.

**Выводы.** Установлено, что наиболее выраженную ростстимулирующую активность в отношении ростков пшеницы озимой проявляют соединения ПКР-139, ПКР-234 и ДКП-21.

**Ключові слова:** 1,2,4-триазол; ростки пшеницы озимой; сорт «Подольанка»

Wheat is one of the most important and most widespread crop plants not only in Ukraine, but also in world agriculture in general [1]. The system methods and approaches in growing this crop are quite important since they affect not only the quality of the raw material and the overall yield as well. At this stage of agronomy development along with varietal wheat hybrids different sorts of winter wheat are extensively used. Wheat hybrids have many advantages, but seed production is a very complicated, high-tech and costly process [1, 2]. However, no matter how “modern” and “enduring” hybrids would be, they still require pre-processing, which can affect both the growth of germs and the plant survival [3]. This problem is successfully solved using the plant growth stimulators. Derivatives of 1,2,4-triazole are interesting and promising in this respect due to their features mentioned; in addition, they are not capable of accumulation, and usually they are low-toxic substances [4-7]. The fact that our previous experience and the experience of the foreign researchers confirm the prospects of this research field is important [5-12].

The aim of this study was to determine the effect of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid salts on the growth quality indicators of winter wheat sprouting shoots (“Podolyanka” sort).

#### Materials and Methods

The objects of our research were 12 new substances – 1,2,4-triazole derivatives, namely water soluble 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid salts (Tab. 1). These compounds were synthesized at the Department of Toxicological and Inorganic Chemistry of the Zaporizhya State Medical University. The study of the effect on the quality indicators of the growth-stimulating activity of winter wheat sprouting shoots (“Podolyanka”

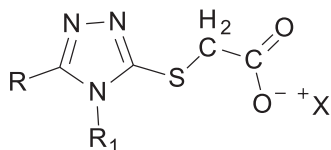
sort) was conducted at the Department of Physiology and Plant Introduction of the Oles’ Honchar Dnipropetrovsk National University under the supervision of Doctor of Biology, professor Yu. V. Lykholat and principal investigator, Candidate of Biology, senior researcher N. O. Khromykh.

The study of the effect of growth regulators on the indicators of the germination energy and germination was conducted on winter wheat germs (“Podolyanka” sort) of the harvest season of 2016. For this experiment 3 samples of 100 seeds were weighed and kept in 0.01 % aqueous solutions of the compounds studied for 6 hours. Then the seeds were washed three times with distilled water and uniformly placed on the moist filter paper in Petri dishes (50 seeds per a dish) kept in a SPT-200 thermostat oven in compliance with the temperature conditions of 20 ± 2 °C within the whole study period. Once a day Petri dishes were opened for selection of the sprouted seeds.

From the second day of the experiment the sprouted seeds were counted, the grains with the well developed embryonic root not less than the length of a grain, and the formed germ at least not less than a half of the seed length were considered to be fine sprouted [13]. The sprouted seeds were placed in the boxes made of filter paper, then put in the cups with distilled water and kept in a thermostat. The germination energy was calculated as a percentage of the sprouted seeds on the fourth day, and the seed germination – on the eighth day. Morphometric parameters (the length of roots and shoots) of seedlings were measured on the tenth day in the end of the experiment; to determine the weighting indicators of roots and shoots VLR-200 scales was used. The germination speed was calculated as the conventional index indicating the number of days required for germination of one seed

Table 1

Structural formulas of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid salts



Compound	R	R <sub>1</sub>	+X
1	2	3	4
<b>PKR-134</b>		-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	
<b>PKR-135</b>		-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	K
<b>PKR-136</b>		-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	Na
<b>PKR-137</b>		-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -OH

Continuation of Table 1

1	2	3	4
<b>PKR-139</b>		-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub>
<b>PKR-144</b>		-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	
<b>PKR-145</b>		-CH <sub>3</sub>	
<b>PKR-177</b>		-NH <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>
<b>PKR-182</b>		H	NH <sub>4</sub>
<b>PKR-234</b>		-NH <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>
<b>DKP-21</b>		-NH <sub>2</sub>	K
<b>DKP-22</b>		-NH <sub>2</sub>	Na

[13, 14]. As a reference drug  $\beta$ -indolyl acetic acid (Auxin) was used in the study, and distilled water was as the control.

### Results and Discussion

As the result of the study it was found that almost all salts of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid were more or less able to affect the growth and development of winter wheat sprouts ("Podolyanka" sort) (Tab. 2). The intensity and severity of these effects were affected by substituents of the 1,2,4-triazole cycle at N<sub>3</sub> and N<sub>4</sub> atoms and cations associated with 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acids.

As the result of the study conducted the promising compounds **PKR-139**, **PKR-234** and **DKP-21** were selected. Thus, these substances almost exceeded the reference drug Auxin by all germination quality parameters (Tab. 2). It was found that replacement of the mor-

pholinomethylene substituent of the 1,2,4-triazole cycle (**PKR-135**, **PKR-136**) at N<sub>3</sub> nitrogen atom with the furan nucleus (**DKP-21**, **DKP-22**) led to the decrease of the germination energy and sprouting, the length and weight of roots; however, the average length and the wet weight of shoots slightly increased. Interesting is the fact that the increase in the molecular weight of the substituent of the 1,2,4-triazole cycle (H→NH<sub>2</sub>→C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>) at N<sub>4</sub> atom in the molecules of 2-((4-R<sub>1</sub>-3-(morpholinomethylene)-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid ammonium salts (**PKR-182**, **PKR-177**, **PKR-139**) results in the decrease of germination and the sprouting energy, but after that the germination rate slightly increases. Further the study allowed us to determine the effect of the cation nature on the growth-stimulating action. Thus, transition from organic cations (**PKR-134**, **PKR-137**) in the residue of

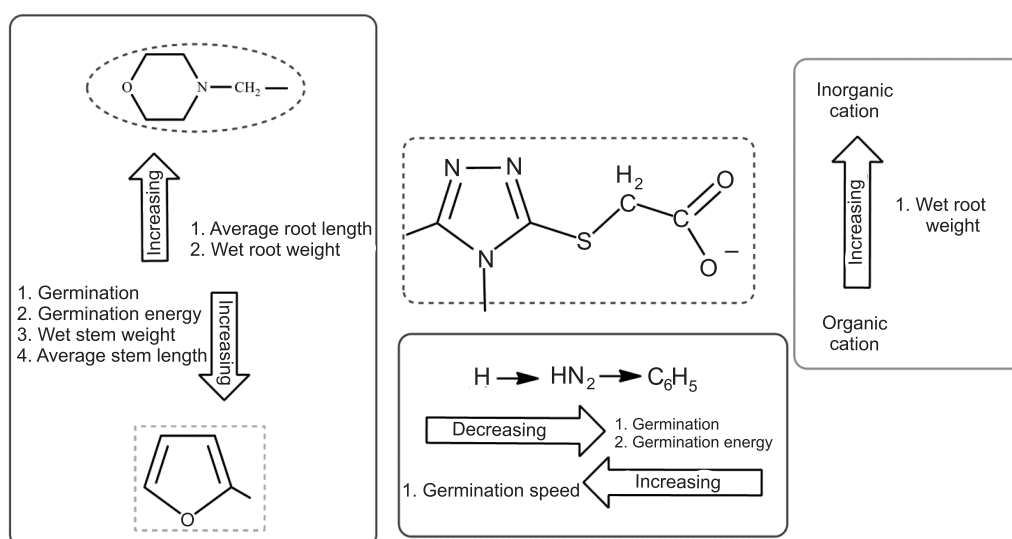


Fig. The effect of the structure of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid salts on indicators of the growth and development of winter wheat sprouts

Table 2

The results of the study of the effect of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid salts on the growth quality indicators of winter wheat sprouts ("Podolyanka" sort)

Compound	Germination energy, %	Germination, %	Germination speed, days	Average sprout length, mm	In reference to the control, %	Wet sprout weight, g	In reference to the control, %	Average root length, mm	In reference to the control, %	Wet root weight (at 1 sprout), g	In reference to the control, %	Wet stem weight
<b>PKR-134</b>	95.0	96.7	2.17	152.1 ± 23.5	96.1	0.071	90.8	213.2 ± 27.2	100.3	0.034	118.6	2.06
<b>PKR-135</b>	96.7	98.3	2.25	156.3 ± 29.9	98.7	0.079	101.5	216.1 ± 26.1	101.7	0.042	144.8	1.88
<b>PKR-136</b>	95.0	95.0	2.19	135.5 ± 22.2	85.6	0.064	82.4	159.5 ± 29.0	75.1	0.033	113.8	1.94
<b>PKR-137</b>	96.7	98.4	2.12	136.8 ± 27.7	86.4	0.069	88.8	222.3 ± 36.3	104.6	0.035	120.7	1.97
<b>PKR-139</b>	91.7	94.9	2.20	162.8 ± 24.7	102.8	0.078	100.3	231.4 ± 24.8	108.9	0.037	127.6	2.11
<b>PKR-144</b>	96.7	96.9	2.14	152.9 ± 26.4	96.6	0.075	96.4	249.6 ± 22.2	117.5	0.027	93.1	2.78
<b>PKR-145</b>	98.3	98.3	2.08	146.8 ± 19.0	92.7	0.069	88.8	218.9 ± 27.5	103.0	0.020	69.0	3.45
<b>PKR-177</b>	94.9	96.6	2.18	143.6 ± 21.8	90.7	0.068	87.5	200.6 ± 22.7	94.4	0.026	89.7	2.62
<b>PKR-182</b>	96.7	97.2	2.07	147.9 ± 15.2	93.4	0.070	90.0	213.5 ± 17.3	100.5	0.033	115.2	2.12
<b>PKR-234</b>	93.3	98.3	2.45	144.6 ± 21.8	91.4	0.077	99.1	227.9 ± 26.3	107.3	0.034	117.2	2.27
<b>DKP-21</b>	96.6	96.6	2.05	170.3 ± 23.6	107.6	0.089	114.3	214.6 ± 14.5	101.0	0.031	107.2	2.87
<b>DKP-22</b>	93.3	93.3	2.14	169.3 ± 22.0	107.0	0.086	110.5	186.3 ± 32.2	87.7	0.019	66.9	4.43
<b>Auxin (reference)</b>	96.7	96.7	2.14	158.5 ± 23.6	100.1	0.081	104.1	210.9 ± 16.2	99.3	0.026	89.6	3.12
<b>Water (control)</b>	93.3	95.8	2.11	160.2 ± 32.0	-	0.078	-	212.5 ± 24.9	-	0.029	-	2.70

2-((4-phenyl-3-(morpholinomethylene)-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid to inorganic (**PKR-139**, **PKR-135**) resulted in a significant increase in the wet weight of roots; moreover, in the case of **PKR-135** this increase exceeded the reference drug Auxin by 55.2 % (Fig.).

#### CONCLUSIONS

1. The study the effect of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid salts on the growth and development of winter wheat sprouts ("Podolyanka" sort) *in vitro* has been conducted.

2. It has been found that compounds **PKR-139**, **PKR-234** and **DKP-21** exhibit the most pronounced growth-stimulating activity in relation to the winter wheat sprouts.

3. As the result of the experiment the prospects for further studies of 2-((3-R-4-R<sub>1</sub>-4H-1,2,4-triazole-5-yl)thio) acetic acid salts as growth stimulators have been found, and the regularities of the "structure–action" relationship can be integrated into the future research.

**Conflicts of Interest:** authors have no conflict of interest to declare.

#### REFERENCES

1. Карамушка, О. М. Економічний розвиток підприємств зернового комплексу в умовах ризиків та глобалізації / О. М. Карамушка // Young Sci. – 2016. – Т. 32, № 5. – С. 61–64.
2. Шибанін, В. С. Зерновиробництво України – інноваційний розвиток / В. С. Шибанін // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2014. – № 1. – С. 3–10.
3. TabHLH1, a bHLH-type transcription factor gene in wheat, improves plant tolerance to Pi and N deprivation via regulation of nutrient transporter gene transcription and ROS homeostasis / T. Yang, L. Hao, S. Yao et al. // Plant Physiol. and Biochem. – 2016. – Vol. 104. – P. 99–113. doi : 10.1016/j.plaphy.2016.03.023.
4. Comparison among four triazole fungicides on growth and development of sheath blight of rice pathogen *Rhizoctonia solani* Kühn AG1-1A / S. Datta, P. Dey, A. Sarkar et al. // Archives of Phytopathol. and Plant Protection. – 2016. – Vol. 49, Issue 9–10. – P. 1–13. doi : 10.1080/03235408.2016.1181945.
5. Synthesis and Antifungal Activity Evaluation of New 1,2,4-Triazole Derivatives Bearing Salicylidene Hydrazide Moiety / S. Demirayak, I. Kayagil, L. Yurttas, S. Er // Lett. in Drug Design & Discovery. – 2015. – Vol. 13, Issue 2. – P. 178–184. doi : 10.2174/1570180812666150723001545.
6. Exogenously applied plant growth regulators affect heat stressed rice pollens / S. Fahad, S. Hussain, S. Saud et al. // J. of Agronomy and Crop Sci. – 2016. – Vol. 202, Issue 2. – P. 139–150. doi : 10.1111/jac.12148.
7. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants / R. A. Fletcher, A. Gilley, N. Sankhla, T. D. Davis // Horticultural Rev. – 2010. – Vol. 24. – P. 55–138. doi: 10.1002/9780470650776.ch3.
8. Дослідження рістстимулюючої активності похідних 1,2,4-триазолу на прикладі насіння соняшника простого / І. І. Аксьонова, Р. О. Щербина, О. І. Панасенко та ін. // Укр. біофармац. журн. – 2014. – № 6. – С. 78–82.
9. Пат. 110453 Україна, МПК (2016.01) А 61 К 31/00 С 07 D 249/00. Похідні 1,2,4-триазолів, що стимулюють ріст соняшника / Е. Г. Книш, О. І. Панасенко, А. А. Сафонов та ін. ; заявл. 05.04.2016 ; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.



10. Mohamadi, N. Effect of Triamidedon fungicide on some growth parameters and antioxidant enzymes activity in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant under drought stress / N. Mohamadi, P. Rajaei // *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.* – 2013. – Vol. 1, Issue 4. – P. 341–350.
11. Reiss, A. Biological control of yellow rust of wheat (*Puccinia striiformis*) with Serenade® ASO (*Bacillus subtilis* strain QST713) / A. Reiss, L. N. Jørgensen // *Crop. Protection.* – 2017. – Vol. 93. – P. 1–8. doi : 10.1016/j.cropro.2016.11.009.
12. Robert, G. A. Triazole-induced drought stress amelioration on growth, yield, and pigments composition of *Helianthus annuus* L. (sunflower) / G. A. Robert, M. Rajasekar, P. Manivannan // *Intern. Multidisciplinary Res. J.* – 2016. – Vol. 5. – P. 6–15.
13. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Розділ 2.2. «Методи аналізування схожості насіння і енергії проростання» : ДСТУ 4138–2002. – К. : Держспоживстандарт України, 2003.
14. Шишов, А. Д. Определение ростстимулирующих концентраций новых регуляторов роста и индукторов устойчивости растений / А. Д. Шишов, Г. Л. Матевосян // *Фундаментальные исследования.* – 2005. – № 9. – С. 46–47.

## REFERENCES

1. Karamushka, O. M. (2016). *Young Scientist*, 32 (5), 61-64.
2. Schebanin, V. S. (2014). *Visnyk agrarnoi nauky Prychornomia*, 1, 3–10.
3. Yang, T., Hao, L., Yao, S., Zhao, Y., Lu, W., Xiao, K. (2016). TabHLH1, a bHLH-type transcription factor gene in wheat, improves plant tolerance to Pi and N deprivation via regulation of nutrient transporter gene transcription and ROS homeostasis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 104, 99–113. doi: 10.1016/j.plaphy.2016.03.023
4. Datta, S., Dey, P., Sarkar, A., Tarafdar, J., Chowdhury, A. (2016). Comparison among four triazole fungicides on growth and development of sheath blight of rice pathogen *Rhizoctonia solani* Kühn AG1–1A. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 49 (9–10), 1–13. doi: 10.1080/03235408.2016.1181945
5. Demirayak, S., Kayagil, I., Yurttas, L., Er, S. (2015). Synthesis and Antifungal Activity Evaluation of New 1,2,4-Triazole Derivatives Bearing Salicylidene Hydrazide Moiety. *Letters in Drug Design & Discovery*, 13 (2), 178–184. doi: 10.2174/1570180812666150723001545
6. Fahad, S., Hussain, S., Saud, S., Khan, F., Hassan, S., Amanullah, Huang, J. (2015). Exogenously Applied Plant Growth Regulators Affect Heat-Stressed Rice Pollens. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202 (2), 139–150. doi: 10.1111/jac.12148
7. Fletcher, R. A., Gilley, A., Sankhla, N., Davis, T. D. (2010). Triazoles as Plant Growth Regulators and Stress Protectants. *Horticultural Reviews*, 24, 55–138. doi: 10.1002/9780470650776.ch3
8. Aksonova, I. I., Shcherbyna, R. O., Panasenko, O. I., Knysh, Ye. H., Aksonov, I. V. (2014). The investigation of growth-stimulating activity of derivatives of 1,2,4-triazole on seeds of sunflower simple. *Ukrainskyi biofarmatsevtichnyi zhurnal*, 6, 78–82.
9. Knysh, Ye. H., Panasenko, O. I., Safonov, A. A., Kravchenko, T. V., Suhak, O. A., Danilchenko, D. M. (2016). *1,2,4-Triazole derivatives that stimulate the growth of sunflower*. Patent 110453 Ukraine A 61 K 31/00 C 07 D 249/00; declared 05.04.2016; published 10.10.2016, № 19.
10. Mohamadi, N., Rajaei, P. (2013). Effect of Triamidedon fungicide on some growth parameters and antioxidant enzymes activity in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant under drought stress. *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.*, 1 (4), 341–350.
11. Reiss, A., Jørgensen, L. N. (2017). Biological control of yellow rust of wheat (*Puccinia striiformis*) with Serenade®ASO (*Bacillus subtilis* strain QST713). *Crop Protection*, 93, 1–8. doi: 10.1016/j.cropro.2016.11.009
12. Robert, G. A., Rajasekar, M., Manivannan, P. (2016). Triazole-induced drought stress amelioration on growth, yield, and pigments composition of *Helianthus annuus* L. (sunflower). *International Multidisciplinary Research Journal*, 5, 6–15.
13. Seeds of agricultural crops. Methods for determining the quality. Section 2.2. Methods of analysis of seed germination and vigor. (2003). *HOST 4138–2002 from 2003*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart.
14. Shyshov, A. D., Matevosyan, G. L. (2005). Definition of growth stimulating concentrations of new growth regulators and plants stability inductors. *Fundamentalnye issledovaniya*, 9, 46–47.

### Information about authors:

Shcherbyna R. O., Candidate of Pharmacy (Ph.D.), senior lecturer of the Department of Toxicological and Inorganic Chemistry, Zaporizhya State Medical University. E-mail: rscherbyna@gmail.com

Danilchenko D. M., postgraduate student of the Department of Toxicological and Inorganic Chemistry, Zaporizhya State Medical University

Khromykh N. O., Candidate of Biology (Ph.D.), senior researcher of the Department of Physiology and Plant Introduction, Oles' Honchar Dnipropetrovsk National University

Lykholat Yu. V., Doctor of Biology (Ph.D.), professor, head of the Department of Physiology and Plant Introduction, Oles' Honchar Dnipropetrovsk National University

### Інформація про авторів:

Щербина Р. О., канд. фарм. наук, старший викладач кафедри токсикологічної та неорганічної хімії, Запорізький державний медичний університет. E-mail: rscherbyna@gmail.com

Данільченко Д. М., очний аспірант кафедри токсикологічної та неорганічної хімії, Запорізький державний медичний університет

Хроміх Н. О., канд. біол. наук, старший науковий співробітник кафедри фізіології та інтродукції рослин, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Лихолат Ю. В., д-р біол. наук, професор, завідувач кафедри фізіології та інтродукції рослин, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

### Информация об авторах:

Щербина Р. А., канд. фарм. наук, старший преподаватель кафедры токсикологической и неорганической химии, Запорожский государственный медицинский университет. E-mail: rscherbyna@gmail.com

Данильченко Д. М., очный аспирант кафедры токсикологической и неорганической химии, Запорожский государственный медицинский университет

Хромых Н. А., канд. биол. наук, старший научный сотрудник кафедры физиологии и интродукции растений, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Лихолат Ю. В., д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и интродукции растений, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Надійшла до редакції 02.12.2016 р.