

ЗЕМЛЕРОБСТВО І РОСЛИННИЦТВО

DOI: 10.32636/01308521.2022-(71)-2-1

UDC 633.11:632.4

H. Ya. BILOVUS, candidate of agric. sciences

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Hrushevskoho street, 5, v. Obroshyne, Lviv district, Lviv region,

81115, e-mail: G.Jaroslavna@i.ua

INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON THE DEVELOPMENT OF MAIN DISEASES OF WINTER WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE

Winter wheat is the leading grain crop in Ukraine. Realization of potential productivity of winter wheat is often limited to the development of phyto-diseases, among which the most harmful in our area are septoria, powdery mildew, dark brown spot, pyrenophorosis, rust and smut diseases. Creation of sustainable varieties is the most effective, economically justified and perfect, from the point of view of environmental protection, method of plant protection. Recently, against the background of rising prices for fungicides, on the one hand, and the ecological crisis of the biosphere on the other, the search for new effective sources of disease resistance is of particular importance. Among the genetic resources of winter wheat are genotypes that are resistant to several pathogens simultaneously and are of particular value as sources of group resistance. Therefore, the aim of our research was to study the influence of abiotic factors on the development of major diseases of winter wheat in the Western Forest-Steppe.

The article presents the results of research on influence of abiotic factors on the development of major diseases of winter wheat in the Western Forest-Steppe. During 2017–2019, the most common diseases during the winter wheat growing season were: powdery mildew, dark brown spot, pyrenophorosis. Over the years of research, the following varieties have been noted: Oberih Myronivs'kyi, Mudrist' odes'ka with resistance (score 6) to powdery mildew and dark brown spot. The Vodohray bilotserkivs'kyi variety was susceptible (score 5) to these diseases.

It should be noted that the varieties: Vodohray bilotserkivs'kyi and Oberih Myronivs'kyi showed resistance (score 6) to pyrenophorosis. Variety Mudrist' odes'ka was susceptible to this disease (score 5).

In the conditions of the Western Forest-Steppe it is necessary to grow the variety Oberih Myronivs'kyi, which has a high index of complex stability (ICS = 1.05). The appearance and development of powdery mildew and dark brown spots on winter wheat, according to research, is facilitated by increased rainfall in May-June, when the SCC reaches 1.3 and above.

In the future, research in this direction will continue for a more detailed study of this issue.

Keywords: winter wheat, powdery mildew, dark brown spot, pyrenophorosis, variety, resistance index.

Біловус Г. Я.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Вплив абіотичних факторів на розвиток основних хвороб пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу

Пшениця озима за своїм значенням займає в Україні провідне місце серед зернових культур. Реалізація потенційної продуктивності пшениці озимої часто обмежується розвитком фітозахворювань, серед яких найбільш шкідливими в нашій зоні є септоріоз, борошниста роса, темно-бура плямистість, піренофороз, іржасті та сажкові хвороби. Створення стійких сортів – найбільш ефективний, економічно обґрунтований і досконалий, з точки зору охорони навколишнього середовища, метод захисту рослин. Останнім часом на фоні подорожчання фунгіцидних препаратів, з одного боку, та екологічної кризи біосфери з другого, особливого значення набуває пошук нових ефективних джерел стійкості до хвороб. Серед генетичних ресурсів пшениці озимої є генотипи, що характеризуються стійкістю проти кількох збудників одночасно і мають особливу цінність як джерела групової стійкості. Тому метою наших досліджень було вивчити вплив абіотичних факторів на розвиток основних хвороб пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу.

Наведено результати досліджень з вивчення впливу абіотичних чинників на розвиток основних хвороб пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу. Впродовж 2017–2019 рр. найбільш поширеними хворобами під час вегетації пшениці озимої були: борошниста роса, темно-бура плямистість, піренофороз. За роки досліджень відзначено сорти: Оберіг Миронівський, Мудрість одеська зі стійкістю (бал 6) до борошністої роси та темно-бурої плямистості. Сорт Водограй білоцерківський був сприйнятливим (бал 5) до ураження цими захворюваннями.

Слід відзначити, що сорти Водограй білоцерківський та Оберіг Миронівський проявили стійкість (бал 6) до ураження піренофорозом. Сорт Мудрість одеська був сприйнятливим до цього захворювання (бал 5).

Встановлено, що в умовах Західного Лісостепу потрібно вирощувати сорт Оберіг Миронівський, для якого характерно поєднання високого індексу комплексної стійкості (ІКС=1,05) з індивідуальною стійкістю до борошністої роси, темно-бурої плямистості та піренофорозу.

Появі та розвитку борошністої роси та темно-бурої плямистості на пшениці озимій за результатами досліджень сприяє підвищена кількість опадів у травні – червні, коли ГТК досягає 1,3 і вище.

Ключові слова: пшениця озима, борошниста роса, темно-бура плямистість, піренофороз, сорт, індекс стійкості.

Introduction. Increasing the quantity and quality of crop production is the main task of the agricultural complex. The main strategic agricultural crop of Ukraine is winter wheat, which occupies up to 6.5 million hectares of cultivated land, which is 40 % of the total grain area [2, 26, 27].

The cultivation of grain crops is complicated by a number of factors, one of the first of which is the deterioration of the phytosanitary condition of crops [4, 24, 25].

In Ukraine, the annual shortfall of the winter wheat harvest due to the negative effect of pathogens and pests is 12–14 %. Diseases affect wheat throughout the growing season [13, 14, 16].

Modern agroecosystems are characterized by a significant anthropogenic load, which causes an imbalance in agrocenoses, provokes an increase in the number of phytophages, the spread of harmful phytobiota, pests and pathogens, and destabilization of the phytosanitary situation in general [18, 22, 26].

The world market's need for ecologically clean agricultural products leads to a tendency to reduce the use of chemical plant protection agents against pathogenic organisms. An alternative to the use of pesticides is genetic protection, the cultivation of resistant varieties and hybrids [5, 6, 11].

The development of diseases of winter wheat plants varies from year to year. There are periods of epiphytotia and, conversely, years of weak development or even the absence of one or another disease. The reasons for the mass development of phytopathogens should be sought in the presence of favorable conditions [3, 8, 9].

The influence of abiotic factors is usually manifested in several directions. First of all, they affect the development of phytopathogens, that is, the speed of disease manifestation, survival, aggressiveness, number and viability. Plants also grow and develop under the influence of a complex complex of environmental factors simultaneously acting on them [10, 15, 34]. Depending on these factors, the resistance and endurance of plants to diseases during the growing season is formed, and they also affect the intensity of the pathogenic process itself. The elements of the external environment act in a complex manner on the growth, development and degree of damage by pathogens and plant yield. And even a temporary change in one meteorological parameter leads to the variability of others. Thus, according to the estimates of many scientists, the degree of influence of hydrothermal factors on the size of the crop and its quality ranges from 30 to 60 % [7, 8, 12].

Abiotic factors play a major role both in the occurrence of the disease itself and in its development. It should be noted that they can directly affect both the pathogen, stimulating or suppressing its development, and the host plant, increasing its susceptibility or resistance. They are the most common for all organisms of ecosystems and their actions do not depend on the density of populations of organisms [29, 30, 32].

Researchers [25, 29, 31] established that air humidity is of great importance for the dispersion, germination of spores and penetration of the pathogen into the tissue, and the air temperature affects the speed of development of the infectious process.

According to the well-known phytopathologists M. M. Kyryk, H. M. Kovalyshyn, V. V. Bazalii, and S. V. Retman [10, 23, 25], the harmfulness of leaf spots directly depends on climatic conditions. They note that the timing of the appearance of dark brown spots on the leaves depends on the average air temperature and the amount of precipitation in May.

Therefore, the goal of our research was to study the influence of abiotic factors on the development of the main diseases of winter wheat in the conditions of the Western Forest-Steppe.

Materials and methods. The research was conducted in 2017–2019 at the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Sciences. The object of the research was 3 varieties of winter wheat, of different institutions-originators, included in the Register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine. The soil of the experimental plots was gray forestal surface-gleyed light-loamy, which was characterized by the following indicators: humus content (according to Tiurin) – 1.9 %, pH of salt extract (potentiometric method) – 4.8, hydrolytic acidity (according to Kappen-Gilkovits) – 2.91 mg eq./100 g of soil, the content of mobile phosphorus and potassium (according to Kirsanov) – 98 and 85 mg per 1 kg of soil, alkaline hydrolyzed nitrogen (according to Kornfield) – 87 mg per 1 kg of soil. The technology of growing winter wheat seeds included: pre-sowing treatment of seeds with vitavax 200 FF, 34 % v.s.k. (3.0 l/t), application of mineral fertilizers at the rate of N₃₀P₉₀K₉₀ during sowing and gradual application of N₃₀ nitrogen in the IV and VII stages of organogenesis, chemical protection against weeds: herbicides – grodil maxi, 37.5 % o.d. (0.09–0.11 l/ha) + zenkor liquid, 60 % k.s. (0.1–0.4 l/ha). The seed sowing rate – 5.5 million germinated seeds/ha.

According to the method [21], phenological observations of the growth and development of winter wheat plants were carried out. The development of diseases was determined according to 9-point scales in the

phase of emergence into the tube, earing and milk ripeness according to generally accepted methods [19, 20]. The index of stability and complex stability was calculated according to the methodology of P. P. Litun et al. [1, 28].

Under the condition of describing the weather conditions for 2017–2019, we used the data of the Lviv hydrogeological improvement station, the observation point – village Obroshyne. To determine the influence of climatic factors, in particular, the amount of precipitation and temperature, on the development of diseases, the hydrothermal coefficient – GTK was used in the period April-July [17]. During the evaluation of the agroclimatic resources of this territory, it was taken into account that GTK within 1.0–1.5 characterizes optimal moisture, greater than 1.5 – excessive, less than 1.0 – unstable, less than 0.5 – weak.

Results and discussion. With the beginning of the growing season in April in 2017, precipitation fell by 16.1 mm less than the long-term average. The temperature in April exceeded the long-term average by 1.1 °C and equaled 8.5 °C, in May it increased by 0.9 °C.

In the third decade of May, the amount of precipitation was 22 mm higher than the long-term average (Fig. 1).

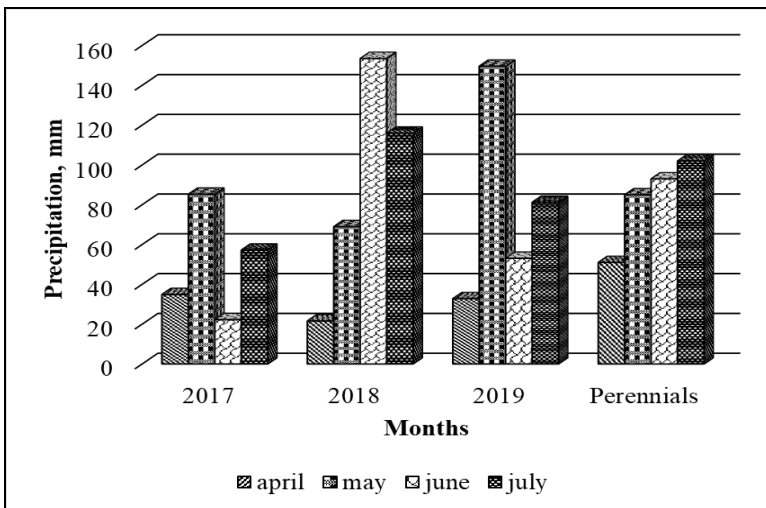


Fig. 1. The amount of precipitation for April – July in relation to average multi-year data (2017–2019)

In June, only 22.2 mm of precipitation fell, which is 24 % of the long-term average, and in July – 57.2 mm, or 56 %. The air temperature in June was 1.9 °C higher than the long-term average. The average monthly temperature in July was 18.5 °C, which is 1 °C higher than the long-term average.

According to HTC calculations (Fig. 2), in general, the entire period from April to July in 2017 was quite wet. Such weather conditions significantly influenced the development of pathogens of fungal diseases. Thus, in 2017, the development of powdery mildew, depending on the variety, was in the range of 3.5–22.5 %, dark brown spotting – 2.5–20.0 %, pyrenophorosis – 5.0–22.0 % with hydrothermal coefficient (GTK) on average for the growing season (May – July) 2.0; 0.4; 1.0 respectively.

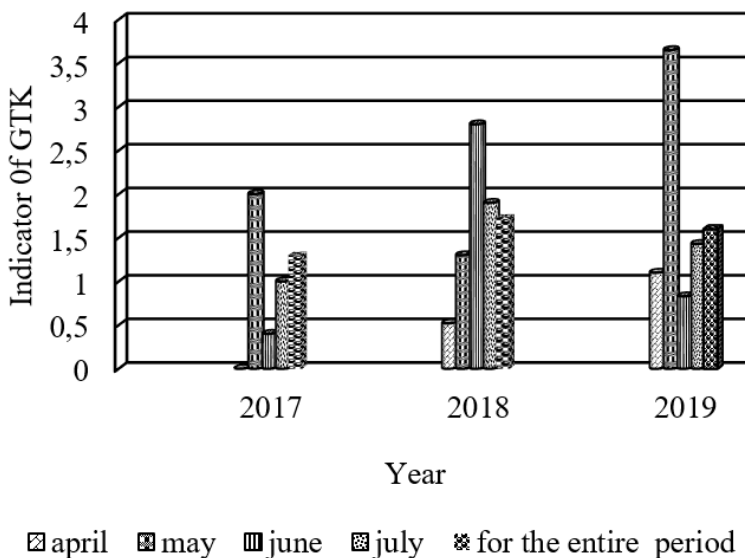


Fig. 2. GTK according to average monthly data for the period 2017–2019 (April – July)

In the third decade of May, the weather was favorable for the development of such diseases as dark brown spotting, powdery mildew.

In 2018, April was characterized by very warm and moderately dry weather (the air temperature was 6.3 °C higher, and the amount of precipitation was 29.4 mm less than the long-term average). In May, the air

temperature was 4 °C higher, and the amount of precipitation was 16 mm less than the long-term average (Figs. 1, 3).

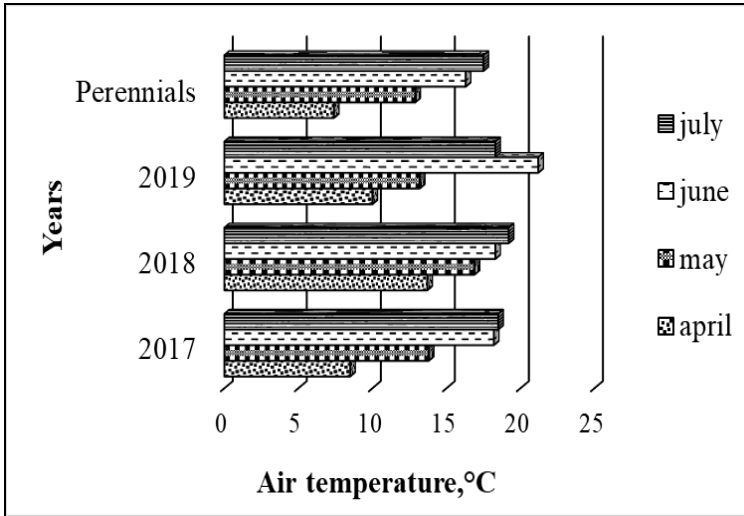


Fig. 3. Air temperature for April – July in relation to the long-term indicator (2017–2019)

June was characterized by wet and warm weather (60.5 mm more precipitation fell, and the air temperature was 2 °C higher than the long-term average. In July, the air temperature was 1.7 °C higher, and the amount of precipitation was 14 mm higher than The development of powdery mildew in 2017, depending on the studied variety, was: 3.5–22.5 %, dark brown spotting – 2.5–20.0 %, pyrenophorosis – 5.0–29.0 %.

In 2018, a more intensive development of diseases was noted, which was facilitated by an excess level of moisture in June – July. The hydrothermal coefficient (HTC) during the growing season (April – July) was 0.52; 1.3; 2.8; 1.9.

Such weather conditions negatively affected the growth of winter wheat, but contributed to the development of phytopathogens. Depending on the variety, the development of powdery mildew in 2018 was: 1.0–20.5%, dark brown spotting – 1.5–20.5 %, pyrenophorosis – 1.0–19.0 %.

April in 2019 was characterized by warm and dry weather (the air temperature was 2.6 °C higher, and the amount of precipitation was

18.2 mm less than the long-term average). The air temperature in May was 0.3 °C higher, and the amount of precipitation was 64.6 mm higher than the long-term average (see Figs. 1, 2).

In the summer, the weather conditions differed among themselves. June was characterized by warm and relatively dry weather (the air temperature was 4.9 °C higher, precipitation was 39.9 mm less than the long-term average). In July, the air temperature was 0.8 °C higher, and the amount of precipitation was 20.8 mm less than the long-term average.

The hydrothermal coefficient (HTC) for April was 1.1; May – 3.6; June – 0.83, July – 1.43.

In 2019, depending on the variety, the development of powdery mildew on the surveyed winter wheat crops was in the range of 2.5–27.5 %, dark brown spotting – 1.5–28.5 %, pyrenophorosis – 1.5–22.0 %.

Therefore, the weather conditions of 2017–2019 contributed to the development of pathogens due to optimal and excessive humidification and the corresponding air temperature.

The most common diseases of winter wheat that were discovered during 2017–2019 years of research were: powdery mildew (*Erysiphe graminis f. sp. tritici*), dark brown leaf spot (*Drechslera tritici-repentis* Ito), pyrenophorosis (*Pyrenophora tritici-repentis*).

To determine the resistance of winter wheat varieties to the pathogens of powdery mildew, dark brown spotting, and pyrenophorosis, immunological evaluations were carried out with the translation of the degree of disease damage into indicators of distance from the average value (resistance indices) for all studied varieties.

It was established that the highest index of resistance ($I=1.05$) to the pathogens of powdery mildew (*Erysiphe graminis f. sp. tritici*) and dark brown spot (*Drechslera tritici-repentis* Ito) of the varieties: Oberih Myronivskyi, Mudrist Odeska, and to the pyrenophorosis pathogen (*Pyrenophora tritici-repentis*) – Vodohray bilotserkivskyi, Oberih Myronivskyi (table).

The level of resistance of winter wheat to pathogens of major diseases was assessed according to the index of complex resistance (ICS). The highest indicators of complex resistance to the causative agents of the two diseases were noted in the variety Oberih Myronivskyi ($ICS=1.05$).

Assessment of the resistance of winter wheat varieties to major diseases, 2017–2019

Variety	Score of resistance to pathogens			Resistance index, I			Index of complex stability, ICS
	<i>Erysiphe graminis</i> f. sp. tritici	<i>Drechslera tritici-repentis</i> Ito	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	<i>Erysiphe graminis</i> f. sp. tritici	<i>Drechslera tritici-repentis</i> Ito	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	
Vodohray bilotserkivskiyi (St)	5	5	6	0,88	0,88	1,05	0,94
Oberih Myronivskiyi	6	6	6	1,05	1,05	1,05	1,05
Mudrist Odeska	6	6	5	1,05	1,05	0,88	0,99
X*	5,7	5,7	5,7	0,99	0,99	0,99	0,99
min**	5	5	5	0,88	0,88	0,88	0,94
max***	6	6	6	1,05	1,05	1,05	1,05
R****	1	1	1	0,17	0,17	0,17	0,11

Note: x* – average, min** – minimum value, max*** – maximum value, R**** – range of variation (max-min).

Conclusions. In the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine, during the years of research (2017–2019), the differentiation of winter wheat varieties in terms of resistance to major diseases was revealed. According to the results of our research, the appearance and development of powdery mildew and dark brown spotting on winter wheat is facilitated by an increased amount of precipitation in May-June, when the HTC reaches 1.3 and above.

It was established that the highest index of resistance to the causative agent of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. tritici) and dark brown spot (*Drechslera tritici-repentis* Ito) was noted in the varieties: Oberih Myronivskiyi, Mudrist Odeska, and to the causative agent of pyrenophorosis (*Pyrenophora tritici-repentis*) – Vodohray bilotserkivskiyi, Oberih Myronivskiyi. It was found that the most valuable variety is Oberih Myronivskiyi, which is characterized by a combination of a high index of

complex resistance (ICS=1.05) with individual resistance to powdery mildew, dark brown spotting and pyrenophorosis.

Список використаної літератури

1. Адаптивная селекция. Теория и технология на современном этапе / П. П. Литун и др. Харьков, 2007. 263 с.

2. Базалій В. В., Домарацький Є. О. Вплив біопрепаратів на врожайність та адаптивні властивості сортів пшениці м'якої озимої. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштаництво*. 2012. № 81. С. 9–14. URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/81_2012/81_2012.pdf (дата звернення: 10.02.2022).

3. Борзих О. І. Хвороби рослин основних польових культур в агроценозах України. *Біоресурси і природокористування*. 2015. Т. 7. С. 183–189.

4. Ващенко В. В., Назаренко М. М. Аналіз продуктивності пшениці м'якої озимої в умовах Північного Степу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 4. С. 68–72.

5. Вожегова Р. А., Кривенко А. І. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої та економічно-енергетичну ефективність технології її вирощування в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 1 (101). С. 39–46.

6. Ефективність елементів біологізації технології вирощування пшениці озимої в лісостеповій зоні України / С. М. Шакалій та ін. *Таврійський наук. вісник*. 2020. № 112. С. 174–180.

7. Захист зрошуваної пшениці озимої від шкідливих організмів / О. Д. Шелудько та ін. *Зрошуване землеробство*. 2012. Вип. 57. С. 73–79.

8. Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення / В. Ф. Камінський та ін. Київ, 2015. 272 с.

9. Іващенко О. О. Шляхи адаптації землеробства в умовах змін клімату. *Зб. наук. пр. ННЦ «Ін-т землеробства НААН»*. 2008. Спецвипуск. С. 15–21.

References

1. Adaptive selection. Theory and technology at the present stage / P. P. Litun et al. Khar'kov, 2007. 263 p.

2. Basalii V. V., Domaratskyi Ye. O. Influence of biological products on yield and adaptive properties of soft winter wheat varieties. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Zemlerobstvo, roslinnytstvo, ovochivnytstvo ta bashtannytstvo*. 2012. No 81. P. 9–14. URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/81_2012/81_2012.pdf (last accessed: 10.02.2022).

3. Borzykh O. I. Diseases of plants of main field crops in agrocenoses of Ukraine. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2015. Vol. 7. P. 183–189.

4. Vashchenko V. V., Nazarenko M. M. Analysis of soft winter wheat productivity in the Northern Steppe of Ukraine. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslin*. 2014. No 4. P. 68–72.

5. Vozhehova R. A., Kryvenko A. I. Influence of biological products on winter wheat productivity and economic and energy efficiency of its cultivation technology in the South of Ukraine. *Visnyk aharnoi nauky Prychornomor'ia*. 2019. Issue 1 (101). P. 39–46.

6. Efficiency of elements of biologization of winter wheat growing technology in the Forest-steppe zone of Ukraine / S. M. Shakalii et al. *Tavriyskyi nauk. visnyk*. 2020. No 112. P. 174–180.

7. Protection of irrigated winter wheat from harmful organisms / O. D. Sheludko et al. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2012. Issue 57. P. 73–79.

8. Agriculture of the XXI century – problems and solutions / V. F. Kamynskyi et al. Kyiv, 2015. 272 p.

9. Ivashchenko O. O. Ways of adaptation of agriculture in the conditions of climate change. *Zb. nauk. pr. NNTs «In-t zemlerobstva NAAN»*. 2008. Special issue. P. 15–21.

10. Ковалишина Г. М., Кирик М. М. Захист посівів озимої пшениці від хвороб : метод. рек. Київ : Аграрна наука, 2001. 29 с.
10. Kovalyshyna H. M., Kyryk M. M. Protection of winter wheat crops from diseases : metod. rek. Kyiv : Ahrarna nauka, 2001. 29 p.
11. Компанієць В. О., Солодушко М. М., Кулик А. О. Економічна ефективність вирощування сучасних сортів пшениці озимої в умовах Північного Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 4. С. 81–85.
11. Kompaniets V. O., Solodushko M. M., Kulyk A. O. Economic efficiency of growing modern varieties of winter wheat in the northern steppe of Ukraine. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2015. No 4. P. 81–85.
12. Комплексні системи захисту сільськогосподарських культур від хвороб / В. П. Туренко та ін. ; за ред. В. П. Туренка, М. О. Білика ; ХНАУ імені В. В. Докучаєва. Вид. 2-ге, допов. Харків : Майдан, 2019. 330 с.
12. Complex systems of protection of agricultural crops from diseases / V. P. Turenko et al. ; for ed. V. P. Turenko, M. O. Bilyk ; KhNAU imeni V. V. Dokuchaieva. Vyd. 2-he, dopov. Kharkiv : Maidan, 2019. 330 p.
13. Кононюк Л. М., Корсун С. Г., Давидюк Г. В. Врожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від технології вирощування в Правобережному Лісостепу. *Зб. наук. пр. ННЦ «Ін-т землеробства НААН»*. 2014. Вип. 4. С. 46–54.
13. Kononiuk L. M., Korsun S. H., Davydiuk H. V. Yield and grain quality of winter wheat depending on the technology of cultivation in the Right-Bank Forest-Steppe. *Zb. nauk. pr. NNTs «In-t zemlerobstva NAAN»*. 2014. Issue 4. P. 46–54.
14. Косташук М. В., Липитан Р. М., Мартинюк Л. С. Потенціал продуктивності сортів озимої пшениці. *Цукрові буряки*. 2015. № 5. С. 15–16.
14. Kostashchuk M. V., Lypytan R. M., Martyniuk L. S. Productivity potential of winter wheat varieties. *Tsukrovi buriaky*. 2015. No 5. P. 15–16.
15. Литвиненко М. А. Реалізація генетичного потенціалу. Проблеми продуктивності та якості зерна сучасних сортів пшениці озимої. *Насінництво*. 2010. № 6 (90). С. 1–6.
15. Lytvynenko M. A. Realization of genetic potential. Problems of productivity and quality of grain of modern varieties of winter wheat. *Nasimystvo*. 2010. No 6 (90). P. 1–6.
16. Любич В. В. Продуктивність сортів та ліній пшениці залежно від абіотичних та біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 3 (95). С. 146–160.
16. Liubych V. V. Productivity of wheat varieties and lines depending on abiotic and biotic factors. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. 2017. Issue 3 (95). P. 146–160.
17. Ляшенко Г. В. Практикум з агрокліматології : навч. посіб. Одеса : Вид. ПП «ТЕС», 2014. 161 с.
17. Liashenko H. V. Workshop on agroclimatology : navch. posib. Odesa : Vyd. PP «TES», 2014. 161 p.
18. Марковська О. Є., Гречишкіна Т. А. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. *Агробіологія*. 2020. Вип. 1. С. 96–103.
18. Markovska O. Ye., Hrechyskhi-na T. A. Productivity of winter wheat varieties depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Ahrobiologia*. 2020. Issue 1. P. 96–103.
19. Методика випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ, 2001. 448 с.
19. Methods of testing and application of pesticides / za red. S. O. Trybelia. Kyiv, 2001. 448 p.
20. Methodology for assessing the resistance of wheat varieties against pests and

20. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб / С. О. Трибель та ін. Київ, 2010. 392 с.
21. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко та ін. ; за ред. В. О. Єщенко. Вінниця, 2014. 332 с.
22. Петриченко В., Лихочвор В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-ге вид. Київ, 2020. 806 с.
23. Реалізація генетичного потенціалу продуктивності сортів пшениці м'якої озимої за різних умов вирощування / В. Базалій та ін. *Вісник Львівського НАУ. Серія Агрономія*. 2018. № 22 (1). С. 319–325.
24. Рекомендації «Особливості технологій вирощування озимих зернових культур під урожай 2019 року (осінній комплекс робіт)». Оброшино, 2018. 48 с.
25. Ретьман С. В. Плямистості озимої пшениці. Київ : Колообіг, 2010. 232 с.
26. Рудник-Іващенко О. І. Особливості вирощування озимих культур за умов змін клімату. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. № 2. С. 8–10.
27. Сайко В. Ф., Свидинок І. М., Кононюк Л. М. Технологія вирощування високоякісного зерна пшениці озимої в Лісостепу та Поліссі України. *Посібник укр. хлібороба*. 2009. С. 45–48.
28. Системний аналіз в селекції польових культур : навч. посіб. / за ред. П. П. Літуна та ін. Харків, 2009. 354 с.
29. Стійкість сортів пшениці м'якої ярої до листових грибних хвороб / Близнюк Р. М. та ін. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 74–79.
30. Чайка О. В., Ключевич М. М. Вплив абіотичних факторів на розвиток основних хвороб ячменю ярого в умовах Полісся України. *Вісник ЖНАЕУ. Загальна екологія та агроекологія*. 2009. № 2. С. 80–87. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/5850> (дата звернення: 17.02.2022).
31. Шахова Н. М., Шаповалов А. І. Хвороби озимого зернового поля. *Наукові праці. Екологія*. 2014. Вип. 220, т. 232. С. pathogens / S. O. Trybel et al. Kyiv, 2010. 392 p.
21. Fundamentals of scientific research in agronomy / V. O. Yeshchenko et al. ; za red. V. O. Yeshchenka. Vinnytsia, 2014. 332 p.
22. Petrychenko V., Lykhochvor V. Crop production. New technologies for growing field crops. 5th edition. Kyiv, 2020. 806 p.
23. Realization of genetic potential of productivity of soft winter wheat varieties under different growing conditions / V. Basaliy et al. *Visnyk Lvivskoho NAU. Seriya Ahronomiia*. 2018. No 22 (1). P. 319–325.
24. Recommendations "Features of technologies for growing winter cereals for the 2019 harvest (autumn complex of works)". Obroshyno, 2018. 48 p.
25. Retman S. V. Spots of winter wheat. Kyiv : Koloobih, 2010. 232 p.
26. Rudnyk-Ivashchenko O. I. Peculiarities of growing winter crops under conditions of climate change. *Sortovyvchennya ta okhorona prav na sorty roslin*. 2012. No 2. P. 8–10.
27. Saiko V. F., Svydnyuk I. M., Kononiuk L. M. Technology of growing high quality winter wheat grain in the Forest-Steppe and Polissia of Ukraine. *Posibnyk ukr. khliboroba*. 2009. P. 45–48.
28. System analysis in the selection of field crops : textbook / ed. P. P. Litun et al. Kharkiv, 2009. 354 p.
29. Resistance of soft spring wheat varieties to leaf fungal diseases / Blyzniuk R. M. et al. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2019. No 1. P. 74–79.
30. Chaika O. V., Kliuchevych M. M. Influence of abiotic factors on the development of the main diseases of spring barley in the conditions of Polissia of Ukraine. *Visnyk ZhNAEU. Zahalna ekolohiia ta ahroekolohiia*. 2009. No. 2. P. 80–87. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/5850> (last accessed: 17.02.2022).
31. Shakhova N. M., Shapovalov A. I. Ailments of winter grain field. *Naukovi pratsi. Ekolohiia*. 2014. Issue 220, vol. 232. P. 58–61.

58–61.

32. Bilovus G. Ya. Influence of meteorological conditions and varietal peculiarities on development of fungal diseases winter wheat. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*. 2016. № 1. С. 76–80.

33. Compendium of Wheat Diseases and Pests / W. W. Bockus et al. ; American Phytopathological Society. Third edition. St. Paul, MN, 2010. 171 p.

34. Markovska O. Y., Pikovskyi M. Y., Nikishov O. O. Optimization of the system of irrigated winter wheat protection against harmful organisms in southern Ukraine. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 3/4. С. 98–104.

32. Bilovus G. Ya. Influence of meteorological conditions and varietal peculiarities on development of fungal diseases winter wheat. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*. 2016. No 1. P. 76–80.

33. Compendium of Wheat Diseases and Pests / W. W. Bockus et al. ; American Phytopathological Society. Third edition. St. Paul, MN, 2010. 171 p.

34. Markovska O. Y., Pikovskyi M. Y., Nikishov O. O. Optimization of the system of irrigated winter wheat protection against harmful organisms in southern Ukraine. *Bioresursy i pryrodokorystuvania*. 2018. Vol. 10, No. 3/4. P. 98–104.

Received: March 15, 2022

Accepted: June 15, 2022