

УДК 633.11+633.14:631.527:581.16

Р.С. Щеченко*, Г.В. Щипак

Агробіологічна характеристика сортів озимого тритикале для використання у хлібопекарській промисловості

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, Харків, Україна

*E-mail: rus212rus@gmail.com

UDC 633.11+633.14:631.527:581.16

R.S. Shchechenko*, H.V. Shchypak

Agrobiological characteristics of winter triticale cultivars intended for baking industry

Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

*E-mail: rus212rus@gmail.com

Реферат: Викладено результати агробіологічних досліджень (2022-2024 рр.) з використанням різних сучасних сортотипів озимого тритикале з високими хлібопекарськими властивостями та врожайністю зерна, які створені методом внутрішньовидової гібридизації. Встановлено, що за сприятливих погодних умов найбільшу врожайність серед короткостеблових сортів мав сорт Златоуст (7,14 т/га), серед середньорослих — Трифон (6,35 т/га) та серед високорослих сорт Букет (5,56 т/га). Також визначено вплив агроекологічних факторів на врожайність і якість зерна озимого тритикале та встановлено, що найвищу врожайність зерна в середньому за роки досліджень серед короткостеблових сортів мали сорт ХАД 650 – 5,02 т/га і Златоуст – 5,09 т/га. У цих же сортів спостерігалася найбільша прибавка врожаю зерна при застосуванні підживлення: 1,30 т/га (N120) та 1,20 т/га (N180), відповідно. Серед середньорослих сортів найвищу врожайність та прибавку зерна від підживлення (N120) сформував сорт Трифон – 4,66 т/га та 1,30 т/га відповідно. При вивченні високорослих сортів найвищу врожайність та прибавку зерна отримано у сорту Букет – 4,52 т/га та 1,10 т/га відповідно. Високою натурою зерна відзначались сорти Тимофій (704 г/л), Раритет (726 г/л) та Букет (707 г/л). Водночас за основними показниками якості зерна досліджувані сорти були на рівні стандарту, зокрема, вміст клейковини в борошні складав понад 20%, індекс деформації клейковини 50-60, об'єм хліба зі 100 г борошна більше 500 см³, загальна хлібопекарська оцінка - 8-9 балів.

Ключові слова: озиме тритикале, сорт, селекція, урожайність, якість борошна, тіста та хліба, хлібопекарські властивості.

Abstract: The results of an agrobiological study (2022-2024) of different modern winter triticale cultivars with high bread-making parameters and grain yield, which were created via intraspecific hybridization, are presented. It was found that under favorable weather conditions, the highest yield among short-stemmed cultivars was harvested from cv. 'Zlatoust' (7.14 t/ha); the highest yield among medium-tall cultivars was harvested from cv. 'Tryfon' (6.35 t/ha); and the highest yield among tall cultivars was harvested from cv. 'Buket' (5.56 t/ha). The influence of agroecological factors on yield and quality of winter triticale grain was also evaluated, and it was revealed that the highest mean yield of grain across the study years among short-stemmed cultivars was harvested from cvs. 'KhAD 650' and 'Zlatoust': 5.02 t/ha and 5.09 t/ha, respectively. These cultivars gave the greatest gain in grain yield when top-dressed: 1.30 t/ha (N120) and 1.20 t/ha (N180), respectively. Among medium-tall cultivars, the highest yield and top dressing (N120)-attributed gain in grain yield were recorded for cv. 'Tryfon': 4.66 t/ha and 1.30 t/ha, respectively. When studying tall cultivars, we harvested the highest yield and noted the greatest gain in grain yield from cv. 'Buket': 4.52 t/ha and 1.10 t/ha, respectively. Cultivars 'Tymofii' (704 g/dcm³), 'Rarytet' (726 g/dcm³) and 'Buket' (707 g/dcm³) were distinguished due to high test weight. At the same time, the studied cultivars were similar to the corresponding check cultivars in terms of main indicators of grain quality, in particular, the gluten content in flour was over 20%, the gluten deformation index was 50-60, loaf volume from 100 g of flour exceeded 500 cm³, and the overall bread-making score was 8-9 points.

Key words: winter triticale, cultivar, breeding, yield, flour, dough and bread qualities, bread-making indicators.

Вступ

Головні завдання, які стоять сьогодні перед галузями агропромислового комплексу України – це зростання сільськогосподарського виробництва, розширення сировинної бази та асортименту харчової промисловості, високоефективного комбікорму. Зерно тритикале повною мірою може задовольнити потреби сучасного продовольчого ринку, а знижена собівартість його виробництва зумовлює відповідне підвищення конкурентоспроможності цього нового виду сировини. Попри все, через низьку поінформованість до останнього часу для українських виробників сільськогосподарської продукції культура тритикале залишалася недостатньо привабливою [1–5].

У багатьох країнах світу тритикале є культурою поліфункціонального використання, яка посіла належне місце в структурі виробництва рослинницької продукції [6–11]. Спочатку тритикале розглядали переважно як кормову культуру для великої рогатої худоби, але численні випробування сортів тритикале в різних країнах (Канаді, Швеції, Великій Британії, Угорщині, Мексиці та ін.) впродовж 1970–2005 рр. показали, що сорти тритикале використовуються як додаткова сировина при зменшенні собівартості виробництва хлібопекарської продукції. Можливість створення сортів тритикале з високими хлібопекарськими властивостями донедавна не розглядали, вважаючи це нереальним через наявність у геномі тритикале житніх хромосом, що блокують гени пшениці, які контролюють якість клейковини. Однак на даний створення нових продуктивних сортів з високими хлібопекарськими властивостями вважається важливим завданням селекції тритикале [12–14].

Тритикале, порівняно з пшеницею, має більш високу озерненість колоса і велику продуктивність, відрізняється значним (приблизно в 1,4 раза більшим) об'ємом зернівки. За харчовою цінністю тритикале перевершує пшеницю, оскільки має підвищений вміст вітамінів групи В і РР, а також оптимальне співвідношення мінеральних речовин в зерні. Борошно з цієї культури має більше білків і клітковини, ніж пшениця, тому його використовують для приготування високоякісного печива, тортів та ін. У деяких регіонах Туреччини до 30 % борошна тритикале використовують у суміші з пшеничним борошном для випікання хліба. Зерно тритикале з низьким вмістом білка використовують для виготовлення макаронів і кондитерських виробів [15–17].

Introduction

Agricultural production growth and expansion of raw material, food and highly efficient compound feed assortments are the primary objectives of the today's Ukrainian agribusiness. Triticale grain can fully meet the needs of the current food market, and reduced costs of its production mean a corresponding increase in the competitiveness of this new type of raw material. Despite everything, due to low awareness, until recently, the triticale crop remained insufficiently attractive for Ukrainian agrarians [1–5].

In many countries worldwide, triticale is a multifunctional crop, which has taken its rightful place in crop production [6–11]. Initially, triticale was considered mainly as a fodder crop for cattle, but numerous tests of triticale cultivars in different countries (Canada, Sweden, Great Britain, Hungary, Mexico, etc.) in 1970–2005 showed that triticale cultivars could be used as additional low-cost raw materials in bakery industry. Possibilities of creating triticale cultivars with high bread-making indicators were not considered until recently, as they thought it unrealistic due to the presence of rye chromosomes in the triticale genome, which block wheat genes for gluten quality. However, at present, the creation of new highly productive cultivars with good bread-making properties is considered an important objective of triticale breeding [12–14].

Triticale, compared to wheat, has more kernels per spike, higher productivity and significantly bigger (1.4-fold) caryopses. As to nutritional value, triticale is superior to wheat, as it contains more vitamins B and PP and is noticeable for an optimal ratio of minerals in grain. Triticale flour contains more proteins and fibers than wheat, so it is used to make high-quality cookies, cakes, etc. In some regions of Turkey, up to 30% of triticale flour is mixed with wheat flour to bake bread. Low-protein triticale grain is used for making pasta and confectioneries [15–17].

At present, insufficient adaptability is an urgent problem for farmers growing spiked cereals, including winter crops. This has been especially clearly seen in recent decades under

У сучасних умовах невідкладною проблемою зернових колосових культур, зокрема й озимих, є недостатній рівень їх адаптивних властивостей. Особливо чітко це проявляється останніми десятиліттями за умов змін клімату. Вочевидь, селекція не встигає за ходом цих змін, що зумовлює необхідність удосконалення схем і методів створення вихідного матеріалу з підвищеними показниками зимо-, холодо- та посухостійкості, інших адаптивних властивостей на основі поєднання внутрішньої та міжвидової гібридизації, що дає змогу істотно прискорити створення високопластичних рослинних систем, знизити розрив між потенційною і реальною врожайністю сучасних сортів тритикале [18, 19].

Сучасні сорти озимого тритикале характеризуються високою та стабільною врожайністю зерна та зеленої маси, кращою, порівняно з пшеницею, харчовою та кормовою цінністю (підвищений вміст гліцину, триптофану, каротиноїдів, мікроелементів, тощо), стійкістю до несприятливих факторів. В еволюційно-генетичному плані важливою перевагою культури є її здатність до більш швидкого, порівняно з пшеницею та житом, покращення селекційними методами [20].

Мета даного дослідження дослідити агробіологічні характеристики сучасних сортів озимого тритикале різних сортотипів для використання у хлібопекарській промисловості в мінливих кліматичних умовах та при застосуванні весняного підживлення азотом.

Методика

Матеріалом досліджень 2022-2024 рр. слугували сорти озимого тритикале, які створено в лабораторії селекції озимого тритикале Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, із залученням сучасних високоадаптованих до навколишнього середовища ліній різного морфотипу. Сорти розподілялись за морфотипом: короткостеблові – ХАД 650, Єлань, Тимофій, Златоуст; середньорослі – Раритет, Трифон; Ратне; високорослі – Букет, Леонтій. Дослідження сортів тритикале озимого було закладено за різних варіантів внесення добрив: контроль – без внесення добрив, весняне підживлення (N90–N180 в формі аміачної селітри – N 34,4 %). Ділянки для агротехнічних досліджень сортів закладалися рандомізовано у 4-разовому повторенні, облікова площа кожної ділянки 25 м². Сорти було оцінено за морфо-біологічними ознаками та технологічними властивостями. Польові оцінки проводили за протоколом [21].

climate change. Obviously, breeding is not keeping up with these changes, necessitating improvement of algorithms and methods for developing initial materials with enhanced winter hardiness, cold and drought tolerance, and other adaptive features through combination of intraspecific and interspecific hybridizations, which makes it possible to significantly accelerate the creation of highly plastic plants and reduce the gap between the potential and actual yields of modern triticale cultivars [18, 19].

Modern winter triticale cultivars are characterized by high and stable grain and green mass yields, better food and feed value (increased contents of glycine, tryptophan, carotenoids, micronutrients, etc.) than wheat, and tolerance to adverse factors. In evolutionary and genetic terms, the ability of this crop to be improved more quickly by breeding methods compared to wheat and rye is an important advantage [20].

Our purpose was to investigate agrobiological characteristics of different modern winter triticale cultivars for suitability of using in bakery industry under changing climatic conditions and when applying spring nitrogen fertilization.

Methods

Winter triticale cultivars bred in the Winter Triticale Breeding Laboratory of the Yuriev Plant Production Institute of NAAS from modern highly adapted lines of various morphotypes were studied in 2022-2024. The cultivars were categorized as follows: short-stemmed cvs. 'KhAD 650', 'Yelan', 'Tymofii', and 'Zlatoust'; medium-tall cvs. 'Rarytet', 'Tryfon' and 'Ratne'; and tall cvs. 'Buket' and 'Leontii'. The study included various fertilization regimens: control (no fertilization) and spring fertilization (N90–N180, ammonium nitrate, N 34.4%). The plots were randomized in 4 replications. The record area was 25 m². The cultivars were evaluated for morpho-biological characteristics and technological properties. Field assessments were carried out in compliance with the protocol [21].

Лабораторні дослідження проводили лабораторії якості зерна Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Склоподібність, натуру зерна, вміст білка та клейковини в борошні, якість клейковини, силу борошна, пружність, розтяжність, еластичність тіста, об'єм хліба визначали за стандартними методиками [22, 23].

Математично-статистичну обробку результатів досліджень проведено з використанням комп'ютерних програм MS Excel відповідно до традиційних методів польових досліджень [24].

В період проведення досліджень впродовж 2022-2024 рр. погодні умови були мінливими та контрастними, зі значними відхиленнями від середніх багаторічних показників (рис.1, 2).

Laboratory tests were carried out in the Grain Quality Laboratory of the Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine. Vitreousness, test weight, protein and gluten contents in flour, gluten quality, flour strength, dough resilience, extensibility and elasticity, and loaf volume were determined by traditional methods [22, 23].

Data were mathematically and statistically processed in MS Excel in accordance with traditional methods of field research [24].

During the 2022-2024 study, the weather was changeable and contrasting, with significant deviations from the multi-year average values (Fig. 1, 2).

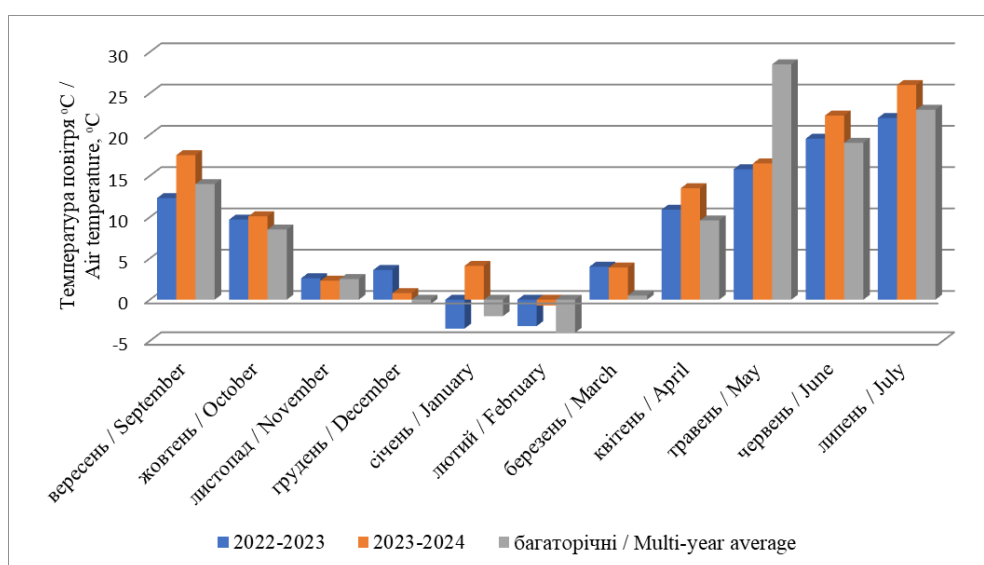


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря впродовж вегетації тритикале озимого, 2022–2024 рр.
Fig. 1. Average monthly air temperature during the winter triticale growing period, 2022–2024.

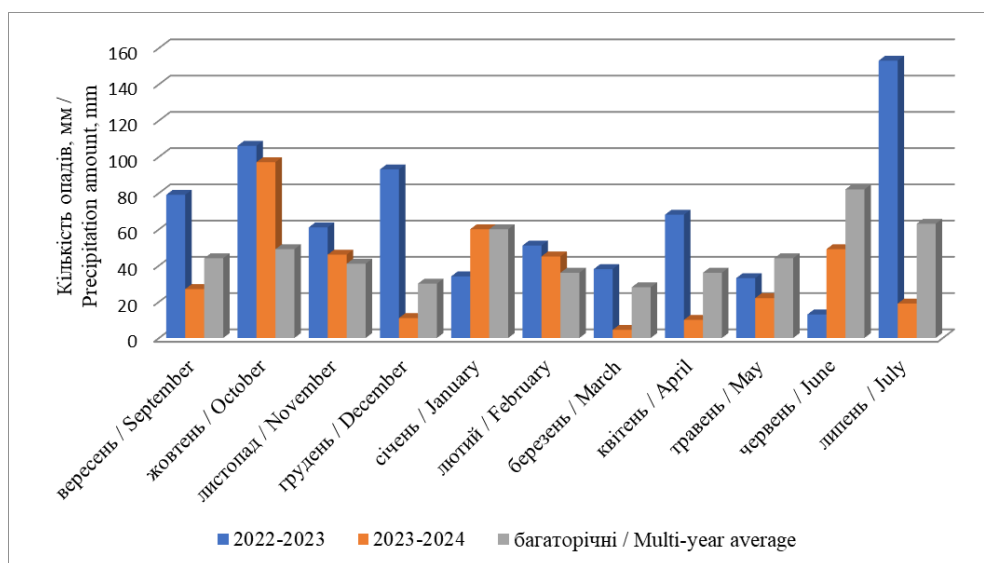


Рис. 2. Середньомісячна кількість опадів впродовж вегетації тритикале озимого, 2022–2024 рр.
Fig. 2. Average monthly precipitation during the winter triticale growing period, 2022–2024

Погодні умови передпосівного періоду 2022 року, зокрема серпня, а також більшої частини вересня, загалом були доволі сприятливими для накопичення вологи в ґрунті. Відновлення весняної вегетації відбулося в II декаді березня, погода квітня 2023 року була нестійкою та дощовою. Середня температура за місяць становила 9,8–10,9°C тепла і була майже у межах норми, максимальна температура підвищувалася до 21–23°C тепла, мінімальна знижувалася до 1–4°C тепла. Кількість опадів за місяць становила 57–83 мм, або 160–235 % місячної норми. Погодні умови травня, червня 2023 року виявилися переважно теплими з ефективними опадами. Погодні умови передпосівного та посівного періодів озимих культур у 2023 році вирізнялись посушливістю. Весна 2024 року відзначалася тривалим і значним дефіцитом опадів, їх кількість за весняні місяці склала в середньому близько 30 % кліматичної норми. Внаслідок швидкого підвищення температури протягом квітня–травня, накопичення ефективних температур значно перевищило середні багаторічні показники, спостерігалася ґрунтова посуха, що призвела до прискореного проходження окремих етапів органогенезу. Такі погодні умови були несприятливими для наливу зерна та формування врожайності озимого тритикале. Таким чином, погодні умови вегетаційних періодів дали змогу диференціювати зразки озимого тритикале за цінними морфо-біологічними та господарськими ознаками.

Результати та обговорення

За період вегетації 2022-2023 років висота рослини варіювала від 63 см на контролі без внесення добрив до 113 см при застосуванні підживлення N120, максимальна висота рослини та довжина колоса 112, 113 см та 13 см при підживленні N90, N120. Застосування азотних добрив сприяє збільшенню висоти рослини, що може бути використано як фактор впливу для збільшення вегетативної маси при використанні на зелений корм. Максимальна урожайність зерна становила 7,1 т/га у сорту Златоуст, що зумовлено м'якими умовами зимового та дощовими літнього періодів.

У період 2023-2024 рр. висота рослин була дещо нижчою, а саме варіювала від 65 см на контролі без добрив до 109 см при застосуванні підживлення N120. За показником довжина колоса варіювання становило від 8 см в контролі без добрив до 13 см при застосуванні підживлення N90, що зумовлено значним

In 2022, the weather during the pre-sowing period, in particular August, as well as most of September, was generally quite favorable for moisture accumulation in the soil. Spring vegetation re-started within the second 10 days of March. In 2023, the April weather was unstable and rainy. The average temperature in April was 9.8–10.9°C and almost within the multi-year range; the maximum temperature increased to 21–23°C; and the minimum dropped to 1–4°C. The April precipitation amount was 57–83 mm, or 160–235% of the multi-year value. The weather in May and June 2023 was mostly warm, with effective precipitation. In 2023, the weather during the pre-sowing and sowing periods of winter crops was dry. The spring of 2024 was marked by a prolonged and significant deficit of precipitation: its average amount in the spring months was about 30% of the multi-year value. As a result of the rapidly rising temperatures in April–May, the sum of effective temperatures significantly exceeded the multi-year average; there was a soil drought, which accelerated some stages of organogenesis. Such weather was unfavorable for winter triticale grain filling and yield formation. Thus, the weather during the growing periods allowed for differentiation of the winter triticale cultivars by valuable morpho-biological and economic characteristics.

Results and Discussion

During the 2022-2023 growing period, the plant height varied from 63 cm in the control (no fertilization) to 113 cm when N120 was applied. The plant height was 112 cm when N90 was applied. The spike length was 13 cm with N90 or N120 fertilization. Nitrogen fertilizers increased plant height, which can be used as an influencing factor for increasing vegetative mass used for green fodder. The maximum grain yield of 7.1 t/ha was harvested from cv. 'Zlatoust' due to the mild winter and rainy summer.

In the 2023-2024 growing period, plants were slightly lower: from 65 cm in the unfertilized control to 109 cm in the N120 experiment. The spike length varied from 8 cm in the control to 13 cm with N90 fertilization, which is attributed a considerable deficit in precipitation in 2024. Under favorable

дефіцитом опадів у 2024 році. На тлі сприятливих умов перезимівлі та сильної посухи у 2024 році середня врожайність зерна становила 3,82 т/га. Досить цінною властивістю є здатність формувати урожай зерна за несприятливих умовах періоду вегетації. Урожайність у 2024 році варіювала від 3,00 до 5,10 т/га (табл. 1).

conditions for overwintering and severe drought in 2024, the mean grain yield was 3.82 t/ha. Ability of forming a grain yield under unfavorable conditions is a rather valuable feature. In 2024, the yield varied from 3.00 to 5.10 t/ha (Table 1).

Таблиця 1 Характеристика кращих зразків тритикале озимого за морфо-біологічними ознаками
Table 1 Morpho-biological characteristics of the best winter triticale cultivars

Сорт / Cultivar	Варіанти підживлення азотом (кг/га) / Fertilization dose (kg/ha)	Висота рослини, см / Plant height, cm		Довжина колоса, см / Spike length, cm		Кількість колосків, шт. / Number of spikelets		Урожайність, т/га / Yield, t/ha	
		2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Короткостеблові / Short-stemmed									
ХАД 650 / KhAD 650	0	90	90	9.7	8.7	29	24	5.05	3.63
	90	90	90	11.6	10.6	32	25	5.32	4.16
	120	90	86	10.4	9.4	32	25	6.35	4.96
	180	88	88	9.7	8.7	28	24	6.02	4.70
Межі варіювання / Variation limits		88-90	86-90	9.7-11.6	8.7-10.6	28-32	24-25	5.05-6.35	3.63-4.96
Середнє / Mean		89.5	88.5	10.35	9.35	30.25	24.5	5.68	4.36
Єлань / Yelan	0	80	90	10.8	11.0	28	25	4.61	3.47
	90	103	87	12.8	12.8	30	28	5.56	3.56
	120	100	87	10.8	9.8	29	28	6.05	3.96
	180	105	94	12.7	11.7	31	28	6.12	4.00
Межі варіювання / Variation limits		80-105	87-94	10.8-12.8	9.8-12.8	28-31	25-25	4.61-6.12	3.47-4.00
Середнє / Mean		97	89.5	11.77	11.32	29.5	27.25	5.58	3.74
Тимофій / Tymofii	0	79	82	10.7	9.7	29	26	5.42	3.99
	90	87	89	9.9	8.9	26	23	6.08	3.72
	120	80	88	10.4	9.4	25	24	6.51	4.44
	180	79	79	11.2	10.2	28	26	5.85	3.90
Межі варіювання / Variation limits		79-87	79-89	9.9-11.2	8.9-10.2	25-29	23-26	5.42-6.51	3.72-4.44
Середнє / Mean		81.25	84.5	10.55	9.55	27	24.75	5.96	4.01
Златоуст / Zlatoust	0	72	83	10.6	9.6	26	25	5.44	3.47
	90	99	89	10.3	10.3	26	25	5.88	4.12
	120	96	86	10.4	10.4	27	25	6.35	4.12
	180	90	84	10.5	10.5	25	23	7.14	4.16
Межі варіювання / Variation limits		72-99	83-89	10.3-10.6	9.6-10.5	25-27	23-25	5.44-7.14	3.47-4.12
Середнє / Mean		89.25	85.5	10.45	10.20	26	24.5	6.20	3.97
Середнє / Mean		89.3	87.0	10.8	10.1	28.2	25.3	5.86	4.02
H _P 0.05 / LSD _{0.05}		9.9	9.7	1.2	1.1	3.1	2.8	0.7	0.4
Середньорослі / Medium-tall									
Раритет (st.) / Rarytet (check cultivar)	0	86	90	8.4	8.4	22	20	4.25	3.32
	90	109	104	9.9	9.9	27	25	4.76	3.72
	120	102	105	11.8	9.8	30	27	4.61	3.60
	180	102	103	10.4	9.4	28	26	5.02	3.92
Межі варіювання / Variation limits		86-109	90-105	8.4-11.8	8.4-9.9	22-30	20-27	4.25-5.02	3.32-3.92
Середнє / Mean		99.75	100.5	10.12	9.37	26.75	24.5	4.66	3.64

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Трифон / Tryfon	0	68	69	11.0	11.0	26	24	4.68	3,34
	90	88	82	11.5	11.1	27	27	5.04	3,94
	120	84	84	10.5	10.5	25	23	6.35	4,18
	180	88	86	12.1	11.4	29	26	5.88	3,90
Межі варіювання / Variation limits		68-88	69-86	10.5-12.1	10.5-11.4	25-29	23-27	4.68-6.35	3.34-4.18
Середнє / Mean		82	80.25	11.27	11.00	26.75	25.00	5.49	3.84
Ратне / Ratne	0	113	109	11.9	10.9	28	26	4.79	3,74
	90	116	113	11.7	10.7	27	26	5.35	4,18
	120	112	108	12.3	11.3	30	27	4.92	3,84
	180	113	109	12.1	11.1	28	26	4.79	3,74
Межі варіювання / Variation limits		112-116	108-113	11.7-12.3	10.7-11.3	27-30	26-27	4.79-5.35	3.74-4.18
Середнє / Mean		113,5	109,75	12,00	11,00	28,25	26,25	4,96	3,87
Середнє / Mean		98,4	96,8	11,1	10,5	27,3	25,3	5,0	3,8
НІР _{0,05} /LSD _{0,05}		12,3	12,1	1,4	1,3	3,4	3,2	0,6	0,5
Високорослі / Tall									
Букет / Buket	0	102	100	10.7	9.7	29	27	4.34	3,39
	90	106	102	10.4	9.4	28	26	5.48	4,28
	120	106	104	11.4	10.4	30	27	4.92	3,84
	180	109	99	10.9	9.9	28	26	5.56	4,34
Межі варіювання / Variation limits		102-109	99-104	10.4-10.9	9.4-10.4	28-30	26-27	4.34-5.56	3.39-4.28
Середнє / Mean		105,75	101,25	10,85	9,85	28,75	26,50	5,07	3,96
Леонтій / Leontii	0	90	85	8.9	8.8	22	25	4.34	3,89
	90	98	94	9.6	9.0	25	21	4.66	3,64
	120	110	106	10.8	10.1	29	23	4.89	3,82
	180	108	103	10.8	9.0	28	22	5.20	4,06
Межі варіювання / Variation limits		90-110	85-106	8.9-10.8	8.8-10.1	22-29	21-25	4.34-5.20	3.64-4.06
Середнє / Mean		101,5	97,00	10,02	9,22	26,00	22,75	4,77	3,85
Середнє / Mean		103,6	99,1	10,4	9,5	27,4	24,6	4,9	3,9
НІР _{0,05} /LSD _{0,05}		13,0	12,4	1,3	1,2	3,4	3,1	0,6	0,5

У табл. 1 наведена характеристика кращих сортів тритикале озимого за морфо-біологічними ознаками. Максимальну висоту рослин мав сорт Ратне 116, 112, 113 см у сприятливому 2023 році, та 113,108,109 см у посушливому 2024 році при підживленні N₉₀, N₁₂₀, N₁₈₀, відповідно. Сорти Букет і Леонтій мали висоту рослин 106 і 109 см та 110 і 108 см при підживленні N₉₀ і N₁₂₀. У посушливий 2024 рік довжина колоса у цих зразків становила 8,8-10,8 см, при кількості колосків – 21-30 шт. У стандарту Раритет висота рослини була від 90 см без внесення добрив до 105 см у разі внесення N₁₂₀.

Найвищу врожайність зерна в середньому за роки досліджень серед короткостеблових мали сорти ХАД 650 – 5,02 т/га і Златоуст – 5,09 т/га, вони ж мали найбільшу прибавку врожайності зерна при застосуванні підживлення – 1,30 т/га (N₁₂₀) та – 1,20 т/га (N₁₈₀) відповідно. Серед середньорослих сортів

Table 1 summarizes the morphological and biological characteristics of the best winter triticale cultivars. The maximum plant height in cv. 'Ratne' was 116, 112 and 113 cm under favorable conditions in 2023 and 113,108,109 cm under conditions in 2024 when fertilized with N₉₀, N₁₂₀, N₁₈₀, respectively. Plants of cvs. 'Buket' were 106 and 109 cm tall when fertilized with N₉₀ and N₁₂₀, respectively; plants of cv. 'Leontii' were 110 and 108 cm tall when fertilized with N₉₀ and N₁₂₀, respectively. Under dry conditions in 2024, the spike length in these cultivars was 8.8-10.8 cm; the number of spikelets was 21-30. In cv. 'Rarytet' (check cultivar), the plant height ranged from 90 cm without fertilization to 105 cm in the N₁₂₀ experiment.

Among short-stemmed cultivars, the highest mean grain yield across the study years was harvested from cvs. 'KhAD 650' (5.02 t/ha) and 'Zlatoust' (5.09 t/ha); these cultivars also gave the greatest gain in grain yield when top-dressed: 1.30 t/ha (N₁₂₀) and 1.20 t/ha (N₁₈₀), respectively.

найвищу врожайність та прибавку зерна від підживлення (N_{120}) сформував сорт Трифон – 4,66 т/га та 1,30 т/га, відповідно. При вивченні високорослих сортів найвищу врожайність та прибавку зерна отримано у сорту Букет – 4,52 т/га та 1,10 т/га, відповідно.

Одним із пріоритетних показників якості зерна є натура зерна та склоподібність (табл. 2). Середня за дослідженими роками натура зерна мала високий показник понад 700 г/л у стандарту Раритет (723 г/л.) сорту Ратне (711 г/л), Єлань (704 г/л), Леонтій (700 г/л.) без добрив і при підживленні N_{90} , N_{120} , N_{180} . Таким чином, погодні умови суттєво не впливали на показник «натура зерна». Ймовірно, у формуванні даного показника основну роль відіграє генотип сорту. Водночас на склоподібність зерна значною мірою впливали погодні умови року в період дозрівання. Вона варіювала від (від 6,0 до 50,0 %) у сприятливий 2023 рік та від 29,0 до 50,0 % у посушливий 2024 рік. Підвищену склоподібність понад 40 % мав сорт ХАД 650 при підживленні N_{120} , N_{180} , незалежно від погодних умов. При цьому стандарт Раритет був більш варіабельним за роками, у 2024 році він мав високу склоподібність (49-50 %), а у сприятливому 2023 році 6-27 %. При цьому даний показник не залежав від відживлення. Найвищим вмістом білка (12,27-12,81 %) характеризувався сорт Леонтій при підживленні N_{90} , N_{120} , N_{180} у 2023 році.

У більшості сортів середнє значення відповідало вимогам до першої групи якості клейковини. Найвищий вміст клейковини в борошні відзначено у сортів Тимофій (20, %) і Букет (22,0 %) при підживленні N_{180} . Підвищений вміст клейковини (17,2-18,8 %) мали сорти Раритет, Леонтій, ХАД 650, Букет, Ратне при підживленні N_{120} та N_{180} . Показник індексу деформації клейковини варіював (ІДК 50-60) у цих сортів.

Об'єм хліба зі 100 г борошна більше 500 cm^3 був отриманий у стандарту Раритет (515, 515, 515 cm^3), сорту ХАД 650 (510, 510, 570 cm^3) при підживленні N_{90} , N_{120} , N_{180} відповідно. Загальна хлібопекарська оцінка (8-9 балів) відзначена у сорту Раритет незалежно від підживлення. Таким чином сорти Єлань, Леонтій, Букет, ХАД 650 середньому за роки досліджень мали високу оцінку цих властивостей (8,0; 8,1; 8,2; 8,2 відповідно).

Among medium-tall cultivars, the highest yield and top dressing (N_{120})-caused gain in grain yield were achieved in cv. 'Tryfon': 4.66 t/ha and 1.30 t/ha, respectively. When studying tall cultivars, we harvested the highest yield and noted the greatest gain in grain yield in cv. 'Buket': 4.52 t/ha and 1.10 t/ha, respectively.

Test weight and vitreousness are priority indicators of grain quality (Table 2). The mean test weight across the study years was over 700 g/dcm³ in cvs. 'Rarytet' (check cultivar) (723 g/dcm³), 'Ratne' (711 g/dcm³), 'Yelan' (704 g/dcm³), and 'Leontii' (700 g/dcm³) without fertilization and with fertilization with N_{90} , N_{120} , or N_{180} . Thus, the weather factors did not significantly affect test weight. This parameter is likely to be determined mainly by genotype. At the same time, kernel vitreousness was significantly influenced by weather during the ripening period. It was 6.0-50.0% under favorable conditions in 2023 and 29.0-50.0 % under dry conditions in 2024. Cultivar 'KhAD 650' had an increased vitreousness of over 40% when fertilized with N_{120} or N_{180} , regardless of weather. At the same time, the check cultivar ('Rarytet') showed greater year-to-year variations in vitreousness: in 2024, the vitreousness was high (49-50%), and it was 6-27% under favorable conditions in 2023. At the same time, this parameter did not depend on fertilization. Cultivar 'Leontii' had the highest protein content (12.27-12.81%) when fertilized with N_{90} , N_{120} , or N_{180} in 2023.

In most cultivars, the mean values met the requirements for gluten quality Group 1. The highest gluten content in flour was noted in cvs. 'Tymofii' (20. %) and 'Buket' (22.0%) fertilized with N_{180} . Cultivars 'Rarytet', 'Leontii', 'KhAD 650', 'Buket', and 'Ratne' had an increased gluten content (17.2-18.8%) when supplemented with N_{120} and N_{180} . The gluten deformation index (IDK) varied from 50 to 60) in these cultivars.

The loaf volume from 100 g of flour of over 500 cm^3 was recorded for cvs. 'Rarytet' (check cultivar) (515, 515, 515 cm^3) and 'KhAD 650' (510, 510, 570 cm^3) when top-dressed with N_{90} , N_{120} , and N_{180} , respectively. The overall bread-making score (8-9 points) was recorded for cv. 'Rarytet' regardless of fertilization. Cultivars 'Yelan', 'Leontii', 'Buket', and 'KhAD 650' also had high mean bread-making scores across the study years: 8.0, 8.1, 8.2, and 8.2, respectively.

Таблиця 3 Показники якості зерна сортів озимого тритикале на різних фонах підживлення (урожай 2023-2024 рр.)
Table 3 Grain quality indicators of the winter triticale cultivars on various fertilization regimens (2023-2024 harvest)

Сорт / Cultivar	Варіанти підживлення азотом (кг/га) / Fertilization dose (kg/ha)	Натура зерна, г/л / Test weight, g/dcm ³		Вміст білка в зерні, борошні, % / Protein content in grain, %		Загальна склоподібність, % / Total vitreousness, %		Вміст сирої клейковини в борошні, % / Gluten content in flour, %		Індекс деформації клейковини / Gluten deformation index		Сила борошна (W), о. а. / Flour strength (W)		Об'ємний вихід хліба зі 100 г борошна, см ³ / Loaf volume from 100 g of flour, cm ³		Загальна хлібопекарська оцінка, бал / Overall bread-making score, points	
		2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Короткостеблові / Short-stemmed																	
ХАД 650 / KhAD 650	0	640	708	10.80	10.34	28	37	8.0	14.0	55	55	92	98	580	440	7.1	8,5
	90	660	708	11.09	10.57	38	35	7.6	16.0	60	55	78	124	570	450	9.0	8,6
	120	664	724	11.22	10.88	41	37	10.4	18.4	60	50	52	105	600	420	7.1	8,6
	180	672	720	11.76	11.49	50	43	12.0	19.2	50	45	98	196	640	500	8.2	8,5
Єлань / Yelan	0	660	718	9.58	10.60	12	34	8.8	13.2	50	50	39	164	460	470	7.5	8,1
	90	672	728	9.66	10.85	13	34	9.6	12.4	50	45	46	190	450	480	7.9	7,9
	120	672	724	10.30	10.89	11	31	10.8	13.6	50	45	52	190	470	490	8.2	7,9
	180	668	732	12.33	11.14	33	31	12.8	14.8	55	50	98	183	500	480	8.2	8,3
Тимофій / Tymofii	0	660	716	13.15	11.33	26	40	14.4	13.6	55	50	68	144	500	530	8.3	8,1
	90	661	720	11.11	11.29	8	36	12.0	16.8	55	50	74	118	490	450	7.3	7,1
	120	684	724	11.88	11.66	20	33	15.2	17.2	60	55	72	131	510	510	8.3	7,3
	180	681	716	12.93	11.44	27	35	20.0	16.0	60	45	78	111	460	490	8.2	7,7
Златоуст / Zlatoust	0	656	700	12.83	9.05	13	33	12.0	8.9	60	45	33	46	400	370	6.5	6,2
	90	656	708	10.80	9.56	16	34	9.2	8.0	60	45	59	105	420	400	7.1	6,9
	120	660	716	10.45	10.64	13	32	10.8	12.0	60	50	56	111	430	400	6.4	7,0
	180	660	708	12.94	11.05	45	32	18.0	12.4	60	45	89	118	450	440	6.8	7,9
Середнє / Mean		664,1	716,9	11,4	10,8	24,6	34,8	12,0	14,2	56,3	48,8	67,8	133,4	495,6	457,5	7,6	7,8
HP _{0,05} / LSD _{0,05}		83,0	89,6	1,4	1,4	3,1	4,4	1,5	1,8	7,0	6,1	8,5	16,7	62,0	57,2	1,0	1,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Середньорослі / Medium-tall																	
Раритет (st.) / Rarytet (check cultivar)	0	676	768	10.78	10.78	10	47	8.0	14.0	55	55	65	137	500	490	8.2	8,9
	90	682	764	11.45	10.11	7	41	10.4	15.2	55	55	65	164	530	500	8.4	8,9
	120	680	764	11.36	11.18	6	50	12	17.2	55	50	72	177	530	500	8.2	8,9
	180	692	760	12.75	11.98	27	49	15.2	18.8	60	45	70	190	500	530	8.2	8,9
Трифон / Tryfon	0	656	692	11.78	9.90	13	29	12.0	9.2	50	45	56	144	410	400	6.3	4,6
	90	668	696	11.22	11.07	13	29	10.8	12.0	50	50	78	137	450	400	7.1	4,6
	120	682	688	11.48	11.85	19	36	10.6	12.4	50	50	78	183	470	450	6.5	6,7
	180	684	692	12.33	12.33	18	37	14.0	13.2	60	50	89	157	500	430	6.5	6,3
Ратне / Ratne	0	680	748	10.94	10.67	9	42	12.0	15.2	50	60	46	118	440	360	7.4	7,7
	90	672	752	9.72	11.34	12	31	10.8	20.0	50	55	39	105	410	380	7.4	7,8
	120	668	740	9.66	11.15	11	30	10.0	19.6	50	65	39	92	450	430	7.4	8,2
	180	668	756	10.56	10.97	15	29	12.0	18.8	50	55	46	78	430	390	7.9	7,8
Середнє / Mean		675,7	735.0	11.2	11.1	13.3	37.5	11.5	15.5	52.9	52.9	61.9	140.2	468.3	438.3	7.5	7.4
HIP _{0,05} /LSD _{0,05}		75,1	81.7	1.2	1.2	1.5	4.2	1.3	1.7	5.9	5.9	6.9	15.6	52.0	48.7	0.8	0.8
Високорослі / Tall																	
Букет / Buket	0	668	712	10.81	9.75	10	31	12.0	18.0	55	55	33	92	410	410	7.3	9,0
	90	670	724	10.59	10.79	11	31	13.2	17.6	55	55	59	98	420	460	7.5	9,0
	120	672	724	10.82	10.66	8	38	12.8	18.4	60	50	39	118	450	450	7.5	9,0
	180	682	732	12.71	11.08	17	34	22.0	18.8	60	55	92	131	430	500	7.4	9,0
Леонтій / Leontii	0	680	720	10.63	8.59	9	30	16.0	14.8	55	55	46	59	410	480	7.0	8,9
	90	668	732	12.27	10.65	23	35	14.0	17.2	60	60	65	78	420	510	7.0	9,0
	120	668	740	12.77	10.45	21	36	18.0	17.2	60	55	52	78	450	480	7.4	9,0
	180	656	732	12.81	10.75	30	35	19.2	18.8	60	60	65	92	430	510	7.5	9,0
Середнє / Mean		670,5	727.0	11.7	10.3	16.1	33.8	15.9	17.6	58.1	55.6	56.4	93.3	427.5	475.0	7.3	9.0
HIP _{0,05} /LSD _{0,05}		67,1	72.7	1.2	1.0	1.6	3.4	1.6	1.8	5.8	5.6	5.6	9.3	42.8	47.5	0.7	0.9

Висновки

Встановлено, що при вирощуванні озимого тритикале в сприятливих гідротермічних умовах доцільно висівати короткостеблові сорти ХАД 650 (5,02 т/га), Златоуст (5,09 т/га), які мають найбільшу прибавку врожайності зерна при застосуванні підживлення – 1,30 т/га (N₁₂₀) та – 1,20 т/га (N₁₈₀), відповідно. Серед середньорослих виділився сорт Трифон з прибавкою зерна від підживлення (N₁₂₀). При вивченні високорослих сортів найвищу врожайність та прибавку зерна отримано у сорту Букет – 4,52 т/га та 1,10 т/га, відповідно. За загальною хлібопекарською оцінкою (8-9 балів) досліджувані сорти були на рівні стандарту.

Conclusions

It was revealed that when growing winter triticale in favorable hydrothermal conditions, it is advisable to sow short-stemmed cvs. 'KhAD 650' (5.02 t/ha) and 'Zlatoust' (5.09 t/ha), which gave the greatest gain in grain yield when top-dressed: 1.30 t/ha (N₁₂₀) and 1.20 t/ha (N₁₈₀), respectively. Among the medium-tall cultivars, cv. 'Tryfon' stood out due to a top dressing (N₁₂₀)-attributed gain in grain yield. When studying tall cultivars, we harvested the highest yield and recorded the greatest gain in grain yield in cv. 'Buket': 4.52 t/ha and 1.10 t/ha, respectively. As to overall bread-making score, the studied cultivars were at the level of the check cultivar (8-9 points).

References

1. Vasyliiev S.V. Economic importance of triticale and prospects for its use to expand the raw material base of food production. *Zernovi Produkty i Kombikormy*. 2016. Vol. 62. No. 2. P. 13-18. [in Ukrainian]
2. Levchenko O.S., Golyk L.M., Shtakal M.I., Berezovskyi O.V. Creation of winter triticale varieties for different purposes. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*. 2023. No. 12 (849). P. 58-63. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202312-08> [in Ukrainian]
3. Yehupova T.V., Romaniuk P.V. Modern technologies for growing winter triticale in the Right-Bank Forest-Steppe. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*. 2020. No. 7 (808). P. 31–37. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk_202007-04. [in Ukrainian]
4. Pelekh L.V., Zabarnyi O.S. Formation of bushiness of spring triticale varieties depending on the predecessor and fertilizer. *Agriculture and Forestry*. 2023. Vol. 29 (2). P. 18-31. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2
5. Bratyshko N. I., Prytulenko O.V. Triticale in poultry feeding. *Nashe Ptakhivnytstvo*. 2012. No. 1. P. 28-29. [in Ukrainian]
6. Kaszuba J., Kapusta I., Posadzka Z. Content of phenolic acids in the grain of selected polish triticale cultivars and its products. *Molecules*. 2021. No. 26. R. 562–572. <https://doi.org/10.3390/molecules26030562>
7. Kamanova S., Yermekov Y., Shah K., Mulati A., Liu X., Bulashev B., Toimbayeva D., Ospankulova G. Review on nutritional benefits of triticale. *Czech Journal of Food Sciences*. 2023. No. 41. R. 248–262. <https://doi.org/10.17221/67/2023-CJFS>
8. Skowrońska R., Mariańska M., Ulaszewski W. Development of triticale × wheat prebreeding germplasm with loci for slow-rusting resistance. *Front Plant Sci*. 2020. Vol. 11. P. 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00447>
9. Katarzyna A. Pachota Comparison of tissue culture induced variation in triticale regenerants obtained by androgenesis and somatic embryogenesis. *Cereal Research Communications*. 2023. Vol. 51. P. 337–349. <https://doi.org/10.1007/s42976-022-00300-2>
10. Marciniak A., Obuchowski W., Makowska A. Technological and nutritional aspects of utilization of triticale for extruded food production. *Food Science and Technology*. 2008. Vol. 11. P. 3–7
11. Wos H., Brzezinski W. *Triticale for Food – The Quality Driver*. Springer International Publishing Switzerland. 2015. P. 213–232.
12. Buhaiov V.D., Tromsiuk V.D., Lilyk T.V., Hultiaieva O.V. Formation of major productivity constituents and grain quality indicators in collection winter forage triticale accessions. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*. 2021. Issue 91. P. 47-60. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202191-04 [in Ukrainian]
13. Kyrychenko V.V., Petrenkova V.P., Kobyzeva L.N., Riabchun V.K. Theoretical studies and practical achievements of the Yuriev Plant Production Institute of NAAS: history and present (1908–2018). Kharkiv, 2018. 574 p. [in Ukrainian]
14. Karpenko V.V. Crop productivity and grain quality of biologically treated winter triticale. *Ahrobiolohiia*, 2023, No. 2. P. 155-162. doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-155-162 [in Ukrainian]
15. Hospodarenko H.M., Liubych V.V. Bread-making properties of spring triticale grain at various doses and timing of nitrogen fertilization. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*. No. 1. 2010. P. 6-9. [in Ukrainian]

16. Sheiko D.V. Photosynthetic potential of winter wheat varieties depending on methods of applying biologically active agents in the Western Forest-Steppe. *Aharani Innovatsii*. 2023. No. 19. P. 115-119. DOI: <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2023.19.18> [in Ukrainian]
17. Shchypak H.V., Tsupko Yu.V., Shchypak V.H. et al. Creation of short winter triticales with high bread-making properties. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia APV Kharkivskoi Oblasti*. 2016. Issue 20. P. 202–219. [in Ukrainian]
18. Rybalka O.I., Lytvynenko M.I. Bread-making quality of triticales. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*. 2008. No. 5. P.29-33. [in Ukrainian]
19. Kyrylchuk A.M. Gluten content in winter triticales (*Triticosecale wittmack* el. *Camus*) grain for use in baking industry. *Ahroekolohichniy Zhurnal*. 2021. No. 4. P. 98-104. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2021.252962> [in Ukrainian]
20. Pirykh A. V., Fedorenko M. V., Fedorenko I. V., Kuzmenko Ye. A., Blyzniuk R. M. Adaptive potential of winter triticales ($\times$ *Triticosecale* Wittmack) breeding lines in the Forest-Steppe of Ukraine. *Zernovvi Kultury*. 2023. Vol. 7. No. 1 P. 28–36. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0255> [in Ukrainian]
21. Methods of examination of cereal varieties for distinctness, uniformity and stability. Kyiv, 2020. 312 p. [in Ukrainian]
22. Methods of qualifying examination of plant varieties for suitability for dissemination in Ukraine (General Part). Ukrainian Institute of Plant Variety Examination /ed. By S.I. Melnyk, L.M. Prysiashniuk, S.M. Hryniv. Vinnytsia: TVORY, 2024. 83 p. [in Ukrainian]
23. Methods of qualifying examination of plant varieties for suitability for dissemination in Ukraine. Methods for determining quality indicators of plant products. Kyiv: UIYeSR, 2016. 159 p. [in Ukrainian]
24. Rozhkov A.O., Puzik V.K., Kalenska S.M. Experimentation in agronomy: Manual: in 2 books. Book 2. Statistical processing of data of agronomic studies. Kharkiv: Maidan. 2016. 342 p. [in Ukrainian]
25. DSTU 4762:2007. TRITICALE. Industrial crops. Effective from 08/01/2007. Official edition. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 2006. 11 p. [in Ukrainian]

Надійшла до редакції 26.06.2025 р.; переглянуто 20.10.2025 р.; прийнято до друку 02.12.2025 р.
Received June 26, 2025; revised October 20, 2025; accepted December 02, 2025