

homeostaticity and selection value in terms of protein content in grain was recorded in sample 40.

Statistical analysis of the results of the study of wheat spelled samples for homeostaticity and selection value for grain quality indicators made it possible to differentiate genotypes according to their adaptive properties.

The analysis of adaptive features and selection value according to the set of grain quality indicators made it possible to single out sample 40, which has a high selection value according to the main indicators of grain quality and significantly exceeds the standard for the content of protein and gluten in grain.

Key words: *homeostaticity, breeding value, weight of 1000 grains, gluten content in grain, protein content in grain.*

УДК: 664.64.016.8+577.112:[633.19:631.84

DOI: 10.32782/2415-8240-2023-102-1-142-154

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА ТА БІЛКОВО-ПРОТЕЇНАЗНИЙ КОМПЛЕКС ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО ЗА РІЗНИХ ДОЗ АЗОТНИХ ДОБРИВ

В. В. ЛЮБИЧ, *доктор сільськогосподарських наук*

Уманський національний університет садівництва

У статті висвітлено формування фізичних властивостей (склоподібність, натура зерна), вмісту білка та його фракцій, вмісту клейковини та її властивостей (індекс деформації, гідратаційні властивості) за різних доз азотних добрив. Встановлено, що застосування азотних добрив достовірно впливає на формування фізичних параметрів зерна та білково-протеїназний комплекс.

Ключові слова: *тритикале яре, склоподібність, натура зерна, вміст білка, вміст клейковини, фракції білка, індекс деформації клейковини, гідратаційні властивості клейковини, азотні добрива.*

Вступ. Тритикале (*× Triticosecale* Wittm.) – перша культура, створена людиною. Він був створений, щоб отримати зернову культуру, яка поєднує високу якість зерна пшениці та стійкість до абіотичного та біотичного стресу від жита [1]. Сучасні сорти тритикале мають вищу врожайність і кращу адаптацію за несприятливих чинників навколишнього середовища, ніж пшениця [2]. Одним із найважливіших заходів збільшення виробництва зерна тритикале ярого є внесення азотних добрив [3]. Проведеними дослідженнями [4, 5] доведено, що ефективність застосування добрив залежить від низки чинників, що зумовлює проведення додаткових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним агротехнічним фактором, який впливає на продуктивність рослин, є мінеральне підживлення [6]. Доступність азоту для рослин залежить від його форми. Карбамід є найпоширенішою формою азотних добрив, але ефективність використання азоту

з сечовини залежить від виду рослин і способу внесення добрив. Результати досліджень [7] свідчать, що азот карбаміду найкраще використовується з позакореневого внесення, ніж із ґрунту. Було показано, що позакореневе внесення азоту на пізній фазі вегетації призводить до збільшення врожайності на 7 %, а вмісту протеїну на 9 %. Вчені [8, 9] встановили збільшення врожайності зерна тритикале зі збільшенням дози азотних добрив, в тому числі з позакореневим внесенням і додаванням багатокомпонентних сумішей. Доповнення основного добрива міддю, цинком, марганцем і залізом є особливо важливим [10]. Застосування мінеральних добрив у поєднанні з мікроелементами підвищує врожайність зерна та одночасно поліпшує якість зерна [11, 12].

У дослідженнях [13] під тритикале яре ефективним було застосування N_{40} під передпосівну культивуацію порівняно з роздільним застосуванням. Так, за внесення N_{40+40} вміст білка становив 14,7 %, а перенесення 40 кг/га д. р. азотних добрив сприяло підвищенню його до 15,4 %. При цьому зростав вміст проламінів і клейковиноутворювальних білків.

У дослідженнях [14] встановлено, що під тритикале яре оптимально застосувати 60–90 кг/га д. р. азотних добрив. За такого сценарію удобрення вміст білка зростав від 13,7 до 14,0–14,5 %, а вміст клейковини – від 18,7 до 23,6–25,0 %. Автори [15] відзначають, що ефективність застосування азотних добрив значно змінюється залежно від погодних умов, особливо, в період досягання зерна. Отже, тритикале яре має високу реакцію на застосування добрив, особливо, азотних. При цьому добрива по різному впливають на формування якості зерна, що зумовлює проведення додаткових досліджень.

Мета статті – визначити формування фізичних властивостей та білково-протеїназного комплексу зерна тритикале ярого за різних доз азотних добрив.

Методика досліджень. Дослідження проводили упродовж 2008–2009 рр. в Уманському національному університеті садівництва. Дослідна ділянка розміщена в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції зони Лісостепу з географічними координатами за Гринвічем 48° 46'56,47" північної широти і 30° 14'48,51" східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений. Параметри родючості ґрунту відповідають середнім показникам, які придатні для вирощування тритикале ярого.

Погодні умови у роки проведення досліджень були сприятливими росту і продуктивності рослин тритикале ярого. У 2008 р. за період березень – червень випало 216,3 мм опадів, а в 2009 р. – 246,4 мм. Отже, за кількістю опадів роки були подібними. Температура повітря і відносна його вологість мало змінювались порівняно з середніми значеннями і були сприятливими для росту рослин.

У досліді аміачну селітру, суперфосфат гранульований і калій хлористий застосовували відповідно до схеми досліду без добрив (контроль), $P_{60}K_{60}$ – фон, фон + N_{30} , фон + N_{60} , фон + N_{90} , фон + N_{120} , фон + N_{150} , фон + N_{180} , фон + N_{210} . Фосфорні та калійні добрива застосовували під зяблевий обробіток ґрунту, азотні добрива під передпосівну культивуацію. Повторність досліду триразова,

розміщення варіантів систематичне одноярусне. Загальна площа ділянки становила 72 м², облікової – 42 м².

Для оцінювання якості зерна тритикале ярого вміст білка та вміст клейковини визначали за ДСТУ 4117:2007, властивості клейковини – за ДСТУ ISO 21415-1:2009, склоподібність – за допомогою діафаноскопа, натуру зерна – за ДСТУ ГОСТ 10840:2019. Вміст клейковиноутворювальних білків визначали різницею між вмістом білка та вмістом сухої клейковини. Гідратаційну здатність клейковини (ГЗК) визначали за формулою:

$$\text{ГЗК} = \frac{W_k \times 100}{100 - W_k}$$

де W_k – вологість клейковини, %.

Індекс стабільності визначали за такою формулою:

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де HE – найбільший прояв ознаки;

LE – найменший прояв ознаки.

Статистичне оброблення даних здійснювали методом однофакторного дисперсійного аналізу польового дослідження.

Результати досліджень. Зерно тритикале ярого за роки проведення досліджень мало склоподібну консистенцію ендосперму, оскільки склоподібність була вище 70 % (табл. 1).

Табл. 1. Склоподібність зерна тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив, %

Варіант дослідження	2008 р.	2009 р.	Середнє	Індекс стабільності
Без добрив (контроль)	87	84	86	0,97
P ₆₀ K ₆₀ – фон	87	84	86	0,97
Фон + N ₃₀	88	87	88	0,99
Фон + N ₆₀	90	88	89	0,98
Фон + N ₉₀	92	89	91	0,97
Фон + N ₁₂₀	96	90	93	0,94
Фон + N ₁₅₀	97	94	96	0,97
Фон + N ₁₈₀	97	94	96	0,97
Фон + N ₂₁₀	98	95	97	0,97
НІР ₀₅	4	3	–	0,05

Застосування азотних добрив підвищувало її до 88–97 % або на 2–13 % порівняно з варіантом без добрив за індексу стабільності 0,94–0,98. У сприятливішому 2008 р. склоподібність зерна була вищою порівняно з 2009 р. на 3–5 %.

Натура зерна тритикале ярого в середньому за два роки досліджень не змінювалась за внесення фосфорно-калійних добрив і мінімальної дози азотних добрив – 701 г/л (табл. 2).

Табл. 2. Натура зерна тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив, г/л

Варіант досліджу	2008 р.	2009 р.	Середнє	Індекс стабільності
Без добрив (контроль)	692	710	701	0,97
P ₆₀ K ₆₀ – фон	690	711	701	0,97
Фон + N ₃₀	689	712	701	0,97
Фон + N ₆₀	686	712	699	0,96
Фон + N ₉₀	686	708	697	0,97
Фон + N ₁₂₀	685	700	693	0,98
Фон + N ₁₅₀	682	700	691	0,97
Фон + N ₁₈₀	680	700	690	0,97
Фон + N ₂₁₀	680	699	690	0,97
НІР ₀₅	35	37	–	0,05

У решти варіантах досліджу вона зменшувалась до 699–690 г/л, проте не достовірно, оскільки вплив був менше НІР₀₅=35–37. У 2008 р. цей показник був на рівні 680–692 г/л, а в 2009 р. – 699–712 г/л. Більше значення натури зерна в 2009 р. отримано завдяки формуванню нижчого вмісту білка в зерні, оскільки його густина менша порівняно з крохмалем.

Відомо, що для тритикале і пшениці натура зерна ≥ 785 г/л – дуже висока, 764–785 – висока, 725–764 – середня, ≤ 724 г/л – низька [16]. Отже, натура зерна тритикале ярого як у середньому, так і за роки проведення досліджень була низькою.

Застосування азотних добрив впливало на вміст білка в зерні тритикале ярого (табл. 3).

Табл. 3. Формування вмісту білка в зерні тритикале ярого за внесення різних доз азотних добрив (2008–2009 рр.), %

Варіант досліджу	Елемент варіаційної мінливості			
	$\bar{x} \pm S_x$	lim	R	V, %
Без добрив (контроль)	13,7 ± 0,4	13,4–13,9	0,5	2,6
P ₆₀ K ₆₀ – фон	13,6 ± 0,3	13,4–13,8	0,4	2,1
Фон + N ₃₀	13,8 ± 0,2	13,6–13,9	0,3	1,5
Фон + N ₆₀	14,0 ± 0,4	13,7–14,3	0,6	3,0
Фон + N ₉₀	14,6 ± 0,7	14,1–15,1	1,0	4,8
Фон + N ₁₂₀	14,9 ± 1,1	14,1–15,7	1,6	7,6
Фон + N ₁₅₀	15,3 ± 1,4	14,3–16,3	2,0	9,2
Фон + N ₁₈₀	15,4 ± 1,5	14,3–16,4	2,1	9,7
Фон + N ₂₁₀	15,6 ± 1,5	14,5–16,6	2,1	9,5

Застосування 30–60 кг/га д. р. азотних добрив підвищувало цей показник від 13,7 до 13,8–14,0 % або на 1–2 %. За внесення 90–210 кг/га д. р. азотних добрив вміст білка зростав до 14,6–15,6 % або на 7–14 %. Необхідно відзначити, що розмах мінливості вмісту білка зростав зі збільшенням дози азотних добрив (60–210 кг/га д. р.). Очевидно, що ефективність їх застосування змінювалась залежно від погодних умов. Вища реакція на поліпшення азотного живлення 2008 р. сприяло формуванню більшого вмісту білка порівняно з 2009 р. Це сприяло підвищенню розмаху мінливості.

Вміст клейковини у зерні тритикале ярого також сильно змінювався від застосування азотних добрив (табл. 4).

Табл. 4. Формування вмісту клейковини у зерні тритикале ярого за внесення різних доз азотних добрив (2008–2009 рр.), %

Варіант досліджу	Елемент варіаційної мінливості			
	$x \pm S_x$	lim	R	V, %
Без добрив (контроль)	18,8 ± 3,6	16,2–21,3	5,1	19,2
P ₆₀ K ₆₀ – фон	19,4 ± 2,2	17,8–20,9	3,1	11,3
Фон + N ₃₀	20,5 ± 1,7	19,3–21,7	2,4	8,3
Фон + N ₆₀	23,7 ± 2,8	21,7–25,7	4,0	11,9
Фон + N ₉₀	25,1 ± 3,6	22,5–27,6	5,1	14,4
Фон + N ₁₂₀	25,6 ± 3,3	23,3–27,9	4,6	12,7
Фон + N ₁₅₀	26,5 ± 2,2	24,9–28,0	3,1	8,3
Фон + N ₁₈₀	27,4 ± 3,5	24,9–29,8	4,9	12,7
Фон + N ₂₁₀	26,5 ± 1,7	25,3–27,7	2,4	6,4

Так, застосування N_{30–60} сприяло зростанню цього показника від 18,8 до 20,5–23,7 % або на 9–26 %. Збільшення доза азотних добрив до 90–210 кг/га д. р. підвищувало вміст клейковини до 25,1–26,5 % або на 34–41 %. Чіткої тенденції щодо впливу азотних добрив на стабільність вмісту клейковини у зерні тритикале ярого не встановлено, оскільки коефіцієнт варіювання змінювався від незначного до невеликого рівня. Цей показник у варіанті без добрив був невеликим (19,2 %), а за умови застосування азотних добрив був як незначним (6,4–8,3 %), так і невеликим (11,3–12,7 %). Необхідно відзначити, що застосування фосфорно-калійних добрив найменше впливало на формування азотного складника зерна тритикале ярого.

Для пшениці дуже високим вважається вміст клейковини > 36 %, високим – 31–36, середнім – 26–31, низьким – 21–26 і дуже низьким < 21 % [16]. Враховуючи вище вказані рівні-параметри, у варіантах без добрив, P₆₀K₆₀, P₆₀K₆₀ + N₃₀ вміст клейковини був дуже низьким, у варіантах із застосуванням 60–120 кг/га д. р. азотних добрив – низьким і за внесення 150–210 кг/га д. р. азотних добрив – середнім.

Низка авторів [16, 17] вказують на потенційну корисність зерна тритикале в хлібопекарській промисловості. Хлібопекарська цінність зерна тритикале залежить від кількості та якості запасних білків, на які впливають генетичні та екологічні фактори [18, 19]. Покращення параметрів якості зерна можна досягти за допомогою агротехнічних заходів. За даними [20] вміст клейковиноутворювальних фракцій, хоча генетично детермінований, може трохи збільшуватися під впливом внесення азотних добрив на пізніх стадіях росту рослин.

Індекс деформації клейковини за поліпшення азотного живлення знижувався (табл. 5).

Табл. 5. Індекс деформації клейковини тритикале ярого за внесення різних доз азотних добрив (2008–2009 рр.), од. п. ВДК

Варіант досліджу	Елемент варіаційної мінливості			
	$x \pm S_x$	lim	R	V, %
Без добрив (контроль)	73 ± 2	71–74	3,0	2,9
P ₆₀ K ₆₀ – фон	73 ± 2	71–74	3,0	2,9
Фон + N ₃₀	72 ± 2	69–74	5,0	4,9
Фон + N ₆₀	71 ± 2	69–72	3,0	3,0
Фон + N ₉₀	71 ± 1	70–72	2,0	2,0
Фон + N ₁₂₀	70 ± 1	69–70	1,0	1,0
Фон + N ₁₅₀	70 ± 1	69–70	1,0	1,0
Фон + N ₁₈₀	70 ± 1	69–70	1,0	1,0
Фон + N ₂₁₀	69 ± 2	67–70	3,0	3,1

Так, на неудобрених ділянках цей показник становив 73, який знижувався до 69–71 од. п. ВДК за внесення 30–210 кг/га д. р. азотних добрив. Необхідно відзначити, що індекс деформації клейковини також змінювався залежно від року дослідження. При цьому розмах мінливості був незначним, оскільки коефіцієнт варіювання становив 1,0–4,9 %, що відповідало незначному рівню.

Відомо, що за показника індексу деформації клейковини 25–65 од. п. ВДК борошно пшениці сильне, за 65–80 – середнє і 80–120 од. п. ВДК – слабе. Отже, за рівнем показника індексу деформації клейковини зерно тритикале ярого відповідає сильному за якістю борошну. Якість клейковини у всіх варіантах досліджу при цьому відповідала доброму показнику.

У дослідженнях від погодних умов і удобрення змінювались властивості клейковини (табл. 6). Так, у 2008 р. вологість клейковини зростала від 55,6 % у варіанті без добрив до 61,2 % у варіанті з найбільшою дозою азотних добрив, а в 2009 р. – відповідно від 59,4 до 66,0 %. При цьому гідратаційна здатність клейковини найбільшою формувалась у 2009 р. – 146–194 % залежно від варіанту досліджу.

Табл. 6. Гідратаційні властивості клейковини тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив, %

Варіант досліджу	2008 р.		2009 р.		Середнє		Індекс стабільності	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Без добрив (контроль)	55,6	125	59,4	146	57,5	136	0,94	0,86
P ₆₀ K ₆₀ – фон	56,1	128	60,1	151	58,1	140	0,93	0,85
Фон + N ₃₀	58,2	139	64,5	182	61,4	161	0,90	0,76
Фон + N ₆₀	59,4	146	65,0	186	62,2	166	0,91	0,78
Фон + N ₉₀	59,9	149	65,5	190	62,7	170	0,91	0,78
Фон + N ₁₂₀	60,3	152	65,6	191	63,0	172	0,92	0,80
Фон + N ₁₅₀	60,5	153	65,7	192	63,1	173	0,92	0,80
Фон + N ₁₈₀	60,7	154	65,8	192	63,3	173	0,92	0,80
Фон + N ₂₁₀	61,2	158	66,0	194	63,6	176	0,93	0,81
НІР ₀₅	2,9	7	2,1	9	–	–	0,05	0,03

Примітка. *1 – вологість клейковини, %; *2 – гідратаційна здатність клейковини, %.

У 2008 р. цей показник був на 17–23 % нижчим порівняно з 2008 р. Очевидно такі властивості клейковини зумовлені змінами у фракційному його складі.

Застосування азотних добрив змінювало вміст усіх фракцій білка тритикале ярого (табл. 7).

Табл. 7. Вміст фракцій білка в зерні тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив, %

Варіант досліджу	2008 р.		2009 р.		Середнє		Індекс стабільності	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Без добрив (контроль)	7,1	6,7	8,6	4,9	7,9	5,8	0,83	0,73
P ₆₀ K ₆₀ – фон	7,8	5,9	8,3	5,2	8,1	5,6	0,94	0,88
Фон + N ₃₀	8,0	5,8	7,7	6,0	7,9	5,9	0,96	0,97
Фон + N ₆₀	10,4	3,8	7,6	6,2	9,0	5,0	0,73	0,61
Фон + N ₉₀	11,0	4,0	7,7	6,3	9,4	5,2	0,70	0,63
Фон + N ₁₂₀	11,0	4,6	8,0	6,0	9,5	5,3	0,73	0,77
Фон + N ₁₅₀	11,0	5,2	8,5	5,7	9,8	5,5	0,77	0,91
Фон + N ₁₈₀	11,7	4,6	8,5	5,7	10,1	5,2	0,73	0,81
Фон + N ₂₁₀	10,7	5,8	8,6	5,7	9,7	5,8	0,80	0,98
НІР ₀₅	0,5	0,2	0,3	0,2	–	–	0,04	0,04

Примітка. *1 – вміст клейковиноутворювальних білків, *2 – вміст водо- та солерозчинник фракцій білка.

У середньому за два роки досліджень вміст клейковиноутворювальних білків зростав від 7,9 % на неудобрених ділянках до 10,1 % за внесення азотних добрив, а вміст соле- та водорозчинних – від 5,0 до 5,8 %.

У 2008 р. вміст клейковиноутворювальної фракції білка змінювався від 7,1 до 11,7 % залежно від варіанту досліду. Частка цієї фракції білка становила 51 % за вирощування тритикале ярого без добрив, за внесення 30 кг/га д. р. азотних добрив зростала до 58 %, а за найбільшої дози азотних добрив – до 65 %. Частка іншої фракції білка за таких сценаріїв була від 35 до 49 %. У 2009 р. у варіанті без добрив частка клейковиноутворювальних білків становила 64 %, яка знижувалась до 55–56 % за невисоких доз азотних добрив (30–90 кг/га д. р.), а зі збільшенням їх понад 90 кг/га д. р. зростала до 60 %.

Високі температури після цвітіння та абіотичний стрес на ранніх стадіях наливу зерна негативно впливають на накопичення протеїну [21], тоді як посуха має позитивний вплив [22]. Більш інтенсивне підживлення азотом сприяло збільшенню ω фракції глютелінів. Подібне явище спостерігали [23], які припустили, що внесення азотних добрив призводить до більшого збільшення вмісту гліадинів, ніж глютенінів. Це призводить до збільшення мономерних білків і зменшення полімерних білків. Співвідношення проламінів до глютелінів у зерні пшениці м'якої повинно бути приблизно 1:1 [24, 25]. У зерні тритикале ярого цей показник може змінюватися від 2,2 до 2,7:1. Підвищення вмісту проламінів може додатково підвищувати в'язкі властивості білка порівняно з його еластичністю [26]. Це вказує на відсутність доцільності покращення хлібопекарських властивостей зерна таких сортів тритикале ярого під час удобрення [13].

Відношення клейковини до білка в середньому за два роки досліджень зростало від 1,37 у варіанті без добрив до 1,48–1,78 за внесення азотних добрив (табл. 8).

Табл. 8. Відношення клейковини до білка в зерні тритикале ярого та його стабільність за різних доз азотних добрив

Варіант досліду	2008 р.	2009 р.	Середнє	Індекс стабільності
Без добрив (контроль)	1,17	1,57	1,37	0,75
P ₆₀ K ₆₀ – фон	1,29	1,54	1,42	0,84
Фон + N ₃₀	1,39	1,58	1,48	0,88
Фон + N ₆₀	1,80	1,57	1,68	0,87
Фон + N ₉₀	1,83	1,60	1,72	0,87
Фон + N ₁₂₀	1,78	1,66	1,72	0,93
Фон + N ₁₅₀	1,72	1,75	1,73	0,98
Фон + N ₁₈₀	1,82	1,75	1,78	0,96
Фон + N ₂₁₀	1,67	1,76	1,72	0,95
НІР ₀₅	0,08	0,09	–	0,05

За роки проведення досліджень цей показник також за поліпшення азотного живлення рослин був вищим порівняно з варіантом без добрив. Проте в 2008 р. перевагу мали варіанти із застосуванням 60–90 кг/га д. р. азотних добрив. Зростання відношення клейковини до білка свідчить про формування вищої частки клейковиноутворювальної його фракції.

Відповідно до ДСТУ 4762:2007. Тритикале. Технічні умови за натурою, вмістом білка, індексом деформації клейковини усі варіанти досліду забезпечували формування зерна першого класу, за вмістом клейковини у варіантах застосування 90–210 кг/га д. р. азотних добрив, а в решти варіантів другого класу.

Висновки. Поліпшення азотного живлення тритикале ярого впливає на фізичні показники якості зерна та білково-протеїназний комплекс. Рівень впливу на досліджені показники залежать від дози і погодних умов року проведення досліджень. Так, застосування азотних добрив підвищує склоподібність до 88–97 % або на 2–13 % порівняно з варіантом без добрив за індексу стабільності 0,94–0,98. У сприятливішому 2008 р. склоподібність зерна вища порівняно з 2009 р. на 3–5 %. Натура зерна становить 690–701 г/л залежно від удобрення.

Вміст білка та клейковини у зерні тритикале ярого залежить від дози азотних добрив. Застосування невеликих доз (30–60 кг/га д. р.) впливає на ці показники не достовірно. Застосування N_{90–210} підвищує вміст білка до 14,1–16,6 %, вміст клейковини – до 22,5–29,8 % залежно від погодних умов року проведення досліджень. Індекс деформації клейковини тритикале ярого становить 67–74 од. п. ВДК.

Вміст клейковиноутворювальних білків зростає від 7,9 % на неудобрених ділянках до 10,1 % за внесення азотних добрив, а вміст соле- та водорозчинних – від 5,0 до 5,8 %. Відношення клейковини до білка в середньому за два роки досліджень зростає від 1,37 у варіанті без добрив до 1,48–1,78 за внесення азотних добрив.

Література:

1. Villegas D., Casadesus J., Atienza S., Martos V., Maalouf F., Karam F., Aranjuelo I., Nogues S. Tritordeum, wheat and triticale yield components under multi-local mediterranean drought conditions. *Field Crops Research*. 2010. Vol. 116. P. 68–74.
2. Estrada-Campuzano G., Slafer G. A., Miralles D. J. Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. *Field Crops Research*. 2012. Vol. 128. P. 167–179.
3. Lestingi A., Bovera F., De Giorgio D., Ventrella D., Tateo A. Effects of tillage and nitrogen fertilisation on triticale grain yield, chemical composition and nutritive value. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010. Vol. 90. P. 2440–2446.
4. Pecio A. Productivity of triticale affected by nitrogen fertilization and weather conditions. *Fertilizer and Fertilization*. 2010. Vol. 40. P. 101–116.
5. Любич В. В. Селекційна цінність нових сортів тритикале ярого. *Збірник Уманського НУС*. 2021. Вип. 97. С. 3–11.
6. Nefir P., Tabără V. Effect on products from variety fertilization and triticale (*Triticosecale* Wittmack) in the experimental field from răcășdia caras-severin country. *Res. J. Agric. Sci.* 2011. Vol. 43(4). P. 133–137.

7. Kinaci E., Gulmezoglu N. Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilizers. *Interciencia*. 2007. Vol. 32. P. 624–628.
8. Mut Z., Sezer I., Glmser A. Effect of different sowing rates and nitrogen levels on grain yield, yield components and some quality traits of triticale. *Asian J. Plant Sci*. 2005. Vol. 4(5). P. 533–539.
9. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
10. Nadim M. A., Awan I. U., Baloch M. S., Khan E. A., Naveed K., Khan M. A. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to different micronutrients and their application methods. *J. Anim. Plant. Sci*. 2012. Vol. 22(1). P. 113–119
11. Malakouti M. J. The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. *Turk. J. Agric. For*. 2008. Vol. 32. P. 215–220.
12. Господаренко Г. М., Любич В. В. Реакція сортів тритикале ярого на рівень азотного живлення. *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва*. 2010. Вип. 72. С. 21–30.
13. Wojtkowiak A., Stpie M., Taska I., Konopka S. Impact of nitrogen fertilization on the yield and content of protein fractions in spring triticale grain. *African Journal of Agricultural Research*. 2013. Vol. 8(28). P. 3778–3783.
14. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС*. 2023. №2. С. 74–82.
15. Любич В.В., Невлад В.І., Мартинюк А.Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 152–159.
16. Пшениця спельта. Г. М. Господаренко, П. В. Костоґриз, В. В. Любич, Ф. М. Парій, С. П. Полторецький, І. О. Полянецька, Л. О. Рябовол, Я. С. Рябовол, О. Г. Сухомуд. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ. Р. ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 312 с.
17. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. №3. С. 18–24.
18. Bureřov I., Sedlckov I., Famra O., Lipavsk J. Effect of growing conditions on starch and protein content in triticale grain and amylose content in starch. *Plant. Soil Environ*. 2010. Vol. 56(3). P. 99–104.
19. Любич В.В., Полянецька І.О., Климович Н.М. Ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 160–167.
20. Luo C., Griffin W.B., Branlard G., McNeil D.L. Comparison of low and high molecular-weight wheat glutenin allele effects on flour quality. *Theor. Appl. Genet*. 2001. Vol. 102(6–7). P. 1088–1098.
21. Knezevic D., Paunovic A., Madic M., Dukic N. Genetic analysis of nitrogen accumulation in four wheat cultivars and their hybrids. *Cereal. Res. Commun*. 2007. Vol. 35(2). P. 633–636.
22. Fernandez-Figares I., Marinetto J., Royo C., Ramos J.M., Garcia del Moral L.F. Amino acid composition and protein and carbohydrate accumulation in the grain of triticale grown under terminal water stress simulated by a senescing agent. *J. Cereal Sci*. 2000. Vol. 32. P. 249–258.
23. Wieser H., Seilmeier W. The influence of nitrogen fertilisation on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. *J. Sci. Food. Agric*. 1998.

Vol. 76(1). P. 49–55

24. Singh H., MacRitchie F. Application of polymer science to properties of gluten – mini review. *J. Cereal Sci.* 2001. Vol. 33. P. 231–243.

25. Shewry P.R., Halford N.G. Cereal seed storage proteins. P. structures, properties and role in grain utilization. *J. Exp. Bot.* 2002. Vol. 53(370). P. 947–958.

26. Любич В. В. Ураження пшениці м'якої озимої кореневими гнилями за різних доз добрив. *Зб. наук. пр. Уманського НУС.* 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 129–144.

27. Amiour N., Dardevet M., Khelifi D., Bouguennec A., Branlard G. Allelic variation of HMW and LMW glutenin subunits, HMW secalin subunits and 75K gamma-secalins of hexaploid triticale. *Euphytica.* 2002. Vol. 123. P. 179–186.

References:

1. Villegas, D., Casadesus, J., Atienza, S., Martos, V., Maalouf, F., Karam, F., Aranjuelo, I., Nogues, S. (2010). Tritordeum, wheat and triticale yield components under multi-local mediterranean drought conditions. *Field Crops Research*, no. 116, pp. 68–74.

2. Estrada-Campuzano, G., Slafer, G. A., Miralles, D. J. (2012). Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. *Field Crops Research*, no. 128. pp. 167–179.

3. Lestingi, A., Bovera, F., De Giorgio, D., Ventrella, D., Tateo, A. (2010). Effects of tillage and nitrogen fertilisation on triticale grain yield, chemical composition and nutritive value. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, no. 90, pp. 2440–2446.

4. Pecio, A. (2010). Productivity of triticale affected by nitrogen fertilization and weather conditions. *Fertilizer and Fertilization*, no. 40, pp. 101–116.

5. Lyubich, V.V. (2021). Selection value of new varieties of spring triticale. Collection of Uman NUS, no. 97, pp. 3–11. (in Ukrainian).

6. Nefir, P., Tabără, V. (2011). Effect on products from variety fertilization and triticale (*Triticosecale* Wittmack) in the experimental field from răcășdia caras-severin country. *Res. J. Agric. Sci*, no. 43(4), pp. 133–137.

7. Kinaci, E., Gulmezoglu, N. (2007). Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilizers. *Interciencia*, no. 32, pp. 624–628.

8. Mut, Z., Sezer, I., Glmser, A. (2005). Effect of different sowing rates and nitrogen levels on grain yield, yield components and some quality traits of triticale. *Asian J. Plant Sci*, no. 4(5), pp. 533–539.

9. Liubych, V. V. (2017). Productivity of varieties and lines of wheat depending on abiotic and biotic factors. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*, no. 95, pp. 146–161. (in Ukrainian).

10. Nadim, M. A., Awan, I. U., Baloch, M. S., Khan, E. A., Naveed, K., Khan, M. A. (2012). Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to different micronutrients and their application methods. *J. Anim. Plant. Sci*, no. 22(1), pp. 113–119.

11. Malakouti, M. J. (2008). The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. *Turk. J. Agric. For*, no. 32, pp. 215–220.

12. Hospodarenko, H. M., Lyubich, V. V. (2010). Reaction of spring triticale varieties to the level of nitrogen nutrition. *Collection of Uman NUS*, no. 72, pp. 21–30.

(in Ukrainian).

13. Wojtkowiak, A., Stäpie, M., Tańska, I., Konopka, S. Impact of nitrogen fertilization on the yield and content of protein fractions in spring triticale grain. *African Journal of Agricultural Research*, no. 8(28), pp. 3778–3783.

14. Lyubich, V. V. (2023). Technological parameters of spring triticale grain production grown under different doses of nitrogen fertilizers. *Bulletin of the Uman State University*, no. 2, pp. 74–82. (in Ukrainian).

15. Lyubich, V. V., Nevlad, V. I., Martyniuk, A. T. (2022). Productivity of spring triticale under different doses of nitrogen fertilizers. *Agrobiology*, no. 1, pp. 152–159. (in Ukrainian).

16. Gospodarenko, G.M., Kostogryz, V. P., Liubych, V. V. (2016). *Wheat spelt*. Kyiv. Sik group Ukraine. (in Ukrainian).

17. Liubych, V. V. (2017). The influence of abiotic and biotic factors on the productivity of varieties and spelled wheat lines. *Bulletin of Poltava SAA*, no. 3, pp. 18–24. (in Ukrainian).

18. Burešová, I., Sedláčková, I., Faměra, O., Lipavský, J. (2010). Effect of growing conditions on starch and protein content in triticale grain and amylose content in starch. *Plant. Soil Environ*, no. 56(3), pp. 99–104.

19. Lyubich, V. V., Polyanetska I. O., Klymovych, N. M. (2022). Affection of soft spring wheat by foliar diseases depending on the level of nitrogen nutrition. *Agrobiology*, no. 1, pp. 160–167. (in Ukrainian).

20. Luo, C., Griffin, W.B., Branlard, G., McNeil, D.L. (2001). Comparison of low and high molecular-weight wheat glutenin allele effects on flour quality. *Theor. Appl. Genet*, no. 102(6–7), pp. 1088–1098.

21. Knezevic, D., Paunovic, A., Madic, M., Dukic, N. (2007). Genetic analysis of nitrogen accumulation in four wheat cultivars and their hybrids. *Cereal. Res. Commun*, no. 35(2), pp. 633–636.

22. Fernandez-Figares, I., Marinetto, J., Royo, C., Ramos, J. M., Garcia del Moral, L. F. (2000). Amino acid composition and protein and carbohydrate accumulation in the grain of triticale grown under terminal water stress simulated by a senescing agent. *J. Cereal Sci*, no. 32, pp. 249–258.

23. Wieser, H., Seilmeier, W. (1998). The influence of nitrogen fertilisation on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. *J. Sci. Food. Agric*, no. 76(1), pp. 49–55

24. Singh, H., MacRitchie, F. (2001). Application of polymer science to properties of gluten – mini review. *J. Cereal Sci*, no. 33, pp. 231–243.

25. Shewry, P. R., Halford N. G. (2002). Cereal seed storage proteins. pp. structures, properties and role in grain utilization. *J. Exp. Bot*, no. 53(370), pp. 947–958.

26. Lyubich, V. V. (2022). Affection of soft winter wheat by root rot at different doses of fertilizers. *Coll. of science Ave. Umansky NUS*, no. 101, pp. 129–144. (in Ukrainian).

27. Amieur, N., Dardevet, M., Khelifi, D., Bouguennec, A., Branlard, G. (2002). Allelic variation of HMW and LMW glutenin subunits, HMW secalin subunits and 75K gamma-secalins of hexaploid triticale. *Euphytica*, no. 123, pp. 179–186.

Annotation

Liubych V. V.

Physical properties of grain and protein-proteinase complex of spring triticale under different nitrogen fertilizer doses

Introduction. Modern triticale varieties have higher yields and better adaptation to unfavourable environmental factors than wheat. One of the most important measures to increase spring triticale grain production is the application of nitrogen fertilizers. Earlier research has proven that the effectiveness of fertilizer application depends on a number of factors, which requires additional research.

The goal is to determine the formation of physical properties and protein-proteinase complex of spring triticale grain under different doses of nitrogen fertilizers.

Methods. Field, laboratory, measuring, calculation-comparative, analysis, statistical.

Results. The article highlights the formation of physical properties (vitreousness, grain-unit), protein content and its fractions, gluten content and its properties (deformation index, hydration properties) under different doses of nitrogen fertilizers. It was established that the application of nitrogen fertilizers reliably affects the formation of grain physical parameters and protein-proteinase complex. Over the years of research, spring triticale grain had a vitreous endosperm consistency, as the vitreousness quality was higher than 70 %. The use of nitrogen fertilizers increased it to 88–97 % or by 2–13 % compared to the variant without fertilizers according to the stability index of 0.94–0.98. The application of 30–60 kg/ha of active ingredient of nitrogen fertilizers increased protein content from 13.7 to 13.8–14.0 % or by 1–2 %. With nitrogen fertilizer introduction of 90–210 kg/ha per year, the protein content increased to 14.6–15.6 % or by 7–14 %.

Conclusions. Improvement of spring triticale nitrogen nutrition affects physical parameters of grain quality and protein-proteinase complex. The level of influence on the studied parameters depends on the dose and weather conditions of the research year. Thus, the application of nitrogen fertilizers increases the vitreousness up to 88–97 % or by 2–13 % compared to the variant without fertilizers at the stability index of 0.94–0.98. In the more favorable year of 2008, grain vitreousness is 3–5 % higher compared to 2009. The grain-unit is 690–701 g/l depending on the fertilizer. The protein and gluten content of spring triticale depends on the dose of nitrogen fertilizers. Application of small doses (30–60 kg/ha per year) does not reliably affect these parameters. The use of N₉₀₋₂₁₀ increases the protein content to 14.1–16.6 %, the gluten content to 22.5–29.8 %, depending on the weather conditions of the research year. The gluten deformation index of spring triticale is 67–74 units of VDK instrument. The content of gluten-forming proteins increases from 7.9 % in unfertilized areas to 10.1% with the application of nitrogen fertilizers, and the content of salt- and water-soluble proteins – from 5.0 to 5.8 %. The ratio of gluten to protein on average over two years of research increases from 1.37 in the variant without fertilizers to 1.48–1.78 with the application of nitrogen fertilizers.

Key words: spring triticale, vitreousness, grain-unit, protein content, gluten content, protein fractions, gluten deformation index, gluten hydration properties, nitrogen fertilizers.