

ФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА СПЕЛЬТОПОДІБНИХ ЧОРНОБИЛЬСЬКИХ РАДІОМУТАНТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Ю. А. Долгальова¹, М. В. Лозінський², Ю. О. Куманська², І. М. Сидорова², А. І. Юрченко²

¹Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Центральна 1, с. Мала Вільшанка, Білоцерківський р-н, Київська обл., 09176, Україна

²Білоцерківський національний аграрний університет МОН, пл. Соборна 8/1, м. Біла Церква, Київська обл., 09100, Україна

Актуальність. Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є основною зерновою культурою, яка забезпечує продовольчу безпеку населення. Важливим у селекційних дослідженнях є поєднання врожайності і якісних показників зерна пшениці. До фізичних показників якості зерна належать маса 1000 зерен, натура і склоподібність зерна. **Мета досліджень** полягала у проведенні аналізу спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої за масою 1000 зерен, натурою та склоподібністю зерна. **Матеріали та методи.** Матеріалом досліджень були 10 спельтоподібних RM-зразків чорнобильських радіомутантів пшениці озимої та сорт-стандарт Лісова пісня. Дослідження проводили в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН у 2016–2019 рр. Масу 1000 зерен визначали згідно ДСТУ 4138-2002. Склоподібність – за методикою, зазначеною у ДСТУ 3768-2019. Показник натури зерна визначали за ДСТУ ГОСТ 10840:2019. Гомеостатичність (Нот) і селекційну цінність (Sc) розраховували за В. В. Хангільдіним і М. А. Литвиненком. **Результати.** Спельтоподібні селекційні форми пшениці сформували в середньому за 2016–2019 рр., масу 1000 зерен від 41,2 г (RM-3) до 48,8 г – RM-4. Варіабельність маси 1000 зерен, у селекційних форм, що досліджувалися була незначною, за коефіцієнта варіації 2,4–9,0 %. Найбільшу показник гомеостатичності за масою 1000 зерен отримано у сорту-стандарту Лісова пісня (4217), високі показники мали селекційні форми RM-8 (1838), RM-7 (1753), RM-2 (1600), RM-3 (1204). За одержаними даними по селекційній цінності виділено радіомутанти RM-5 (42,5), RM-4 (41,9), RM-10 (41,8), RM-1 (41,4), RM-7 (41,1). Найбільшу натуру зерна (797 г/л) отримано у радіомутанта RM-3. Селекційні форми RM-4 (72270) і RM-3 (48940) виділялися за показником високої гомеостатичності формування натури зерна. Селекційна цінність радіомутантів склала 689,5–771,3. Найбільшу склоподібність зерна мали селекційні зразки RM-8 (97,1 %), RM-1 (94,0 %), RM-10 (93,8 %), у яких також були високі значення гомеостатичності – RM-8 (3730), RM-4 (1039), RM-10 (1023), RM-1 (1000). За показником селекційної цінності формування склоподібності виділили селекційні форми RM-4 (91,3), RM-1 (75,5), RM-8 (75,1). **Висновки.** Отримані результати за масою 1000 зерен, натурою та склоподібністю зерна у виділених спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої, вказують на їх цінність для подальшого використання у селекційній роботі.

Ключові слова: пшениця озима, чорнобильські радіомутанти, маса 1000 зерен, натура зерна, склоподібність, якість

Вступ. Швидке зростання населення на Землі вимагає відповідного збільшення виробництва продовольства, зокрема, пшениці, яка має високу поживну цінність. Виробництво зерна, що відповідає світовим стандартам, є одним з ключових завдань сільськогосподар-

Відомості про авторів:

Долгальова Юлія Анатоліївна, здобувач ступеня кандидата наук, e-mail: secretar.yuliya@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-6176-2592>

Лозінський Микола Владиславович, доктор с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур, e-mail: lozinsk@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6078-3209>

Куманська Юлія Олександрівна, канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур, e-mail: kumanska@i.ua, <https://orcid.org/0000-0001-5945-5737>

Сидорова Ірина Марківна, канд. с.-г. наук, доцент, доцент кафедри генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур, e-mail: irinasidorova@i.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0224-2981>

Юрченко Анатолій Іванович, канд. с.-г. наук, асистент кафедри генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур, e-mail: yurchenko.anatolii@btsau.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0009-5915-2053>

ської науки та виробництва [1].

Особливе значення для сільськогосподарського виробника має покращання якісних характеристик зерна пшениці озимої. Підвищення врожайності у більшості нових сортів часто проявляється зниженням технологічних і біохімічних показників зерна. Селекційний процес передбачає безперервну оцінку якості зерна за визначеними критеріями, починаючи з перших етапів, і включає роботу з тисячами номерів [2]. Оцінювання показників якості зерна пшениці озимої дозволяє визначити напрям його використання, тому що зерно пшениці є основним джерелом світової продовольчої безпеки [3, 4].

Показники якості зерна діляться на три групи: фізичні, біохімічні, технологічні. До фізичних показників належать натура, маса 1000 зерен, склоподібність, вирівняність та ін. Фізичні показники зерна пшениці озимої залежать від впливу численних факторів, особливо роль відіграють абіотичні та антропогенні чинники [5–9].

Одним із ключових показників, які визначають якість вирощеної продукції пшениці, є натура, яка характеризує виповненість зерна. Вона залежить від багатьох факторів, таких як щільність, форма, стан поверхні та розмір зерен [10]. Натуру зерна також пов'язують із стійкістю до посухи [11].

Виповненому зерну властива завершеність процесів синтезу речовин, які входять до його складу. В такому зерні міститься більше ендосперму, і відповідно, білків, крохмалю, цукрів. Чим більша виповненість зерна, тим вища його натура. На натуру впливають такі фактори, як попередник, строк сівби, сорт. Зі збільшенням значення показника натури зерна підвищуються вміст білка і частки клейковини в зерні [12, 13].

Під визначенням натури зерна розуміють масу його певного об'єму (1 л). Для пшениці м'якої озимої натура зерна в більшості становить від 725 до 785 г/л і класифікується за наступними даними: більше 785 г/л – дуже висока; 764–785 – висока; 725–764 – середня; менше 724 г/л – низька. Показник натури використовується для визначення борошномельних властивостей зерна, якщо натура не перевищує

750 г/л, зерно дає менший вихід борошна, а якщо вище 750 г/л, то ця закономірність не спостерігається. Натура зерна впливає також на технологічні якості, які погіршують хлібопекарські властивості, за її значення до 700 г/л. В цілому зниження натури зерна може призвести до зменшення врожайності пшениці [1].

Важливим фізичним показником пшениці озимої є також маса 1000 зерен, яка характеризує технологічні якості сорту, вирівняність зерна та його крупність. Як правило, показник корелює з крупністю, за однакового розміру характеризує щільність внутрішньої структури зерна і кількість поживних речовин, що містяться в ньому. Маса 1000 насінин обумовлена генотипом і в певною мірою модифікується умовами вирощування. В залежності від сорту, виду, різновиду, регіону та умов року, маса 1000 насінин однієї і тієї ж культури має суттєву варіабельність [14–18].

Також маса 1000 зерен – один з основних кількісних показників, що характеризує врожайність зерна пшениці озимої, який формується не тільки під впливом сортових особливостей культури, але також і від екологічних умов вирощування та агротехнічних заходів [14].

Скловидність пшениці є теж важливою якісною характеристикою, яка впливає на борошномельні та харчові властивості. Вона особливо важлива для твердих сортів пшениці, що використовуються для виробництва макаронних виробів. На ступінь скловидності впливають генетичні, екологічні та технологічні фактори. До переліку основних факторів, які визначають скловидність, відносять погодно-кліматичні умови та сортові особливості культури. Високі температури, нестача вологи, короткий період наливу і дозрівання зерна підвищують скловидність, а опади у період молочно-воскова – повна стиглість, навпаки, знижують [5, 9].

Скловидні зерна, як правило, мають вищий вміст білка і є твердішими за консистенцією порівняно з борошністими зернами. Ця твердість пов'язана з сильно ущільненою структурою ендосперму, яка є менш пористою, ніж у борошністих зерен. Зерно, яке має склоподібний ендосперм, має більшу механічну

ну міцність, покращуючи технологічні процеси його переробки [19].

Пшениця є основним інгредієнтом більшості поширених харчових продуктів у нашому повсякденному житті, а отримання якісного зерна є важливим завданням для виробництва продуктів харчування [20], тому досить актуальним напрямом є дослідження вихідного матеріалу за фізичними показниками його якості.

Матеріали та методи. Дослідження проводили в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН у 2016–2019 рр.

Матеріалом досліджень були 10 спельтоподібних RM-зразків чорнобильських радіомутантів пшениці озимої та сорт-стандарт Лісова пісня. Для визначення маси 1000 насінин використовували ваговий метод (два повтори по 500 насінин) згідно «ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості». Склоподібність визначали за стандартною методикою по ДСТУ 3768-2019. Показник натурності зерна визначали за ДСТУ ГОСТ 10840:2019 (ГОСТ 10840-2017, IDT) Зерно. «Метод визначення натурності». Гомеостатичність (H_{om}) і селекційну цінність (Sc) розраховували за В. В. Хангільдіним і М. А. Литвиненком (1981): $H_{om} = \bar{x}^2 / S$, $Sc = \bar{x} \times (x_{lim} / x_{opt})$.

Попередник – горох. Сівбу проводили в оптимальні для пшениці озимої строки селекційною сівалкою «Клен» –1,5». Облікова площа ділянки кожного зразка – 10 м², повторність – трикратна. За стандарт обрали сорт пшениці озимої Лісова пісня. Дослідження вели відповідно з методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні [21]. Визначали середню арифметичну ($\bar{x}$), мінімальне та максимальне значення досліджуваних ознак, що досліджувалися (min–max), дисперсію (S^2), коефіцієнт варіації (V , %) [22].

Для характеристики умов вологозабезпечення вирощування пшениці озимої вираховували гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за методикою Г. Т. Селянінова [23]. Прийнято таку

диференціацію показників ГТК: < 0,4 – дуже сильна посуха; 0,4–0,5 – сильна посуха; 0,5–0,6 – середня посуха; 0,7–0,9 – слабка посуха; 1,0–1,5 – достатньо волого; > 1,5 – надмірно волого.

Результати та обговорення. На час сівби пшениці озимої (кінець третьої декади вересня) недостатніми ґрунтові запаси вологи були у 2015 і 2016 рр. Водночас у 2017 і 2018 рр. фактичні опади перевищили середні багаторічні показники на 18,2 мм та 12,9 мм відповідно. У подальшому осіння вегетація відбувалася за достатнього вологозабезпечення і сприятливого температурного режиму (табл. 1, 2).

Фактична кількість опадів календарних зимових місяців вегетаційних періодів перевищила середні багаторічні норми (112 мм) від 27,3 мм – у 2016/2017 в. р. до 45,4 мм – у 2017/2018 періоду вегетації. Температурний режим цього періоду у більшості років був – близький до середньобагаторічних показників.

Після відновлення весняної вегетації (29.02 – 2016 р., 06.03 – 2017 р., 08.03 – 2019 р.) за перший місяць вегетації відмітили поступове підвищення температури повітря за достатнього вологозабезпечення. Водночас за відновлення вегетації у 2018 р. (4 квітня) спостерігали різке підвищення температурного режиму, що прискорило проходження макростадій росту і розвитку рослин за шкалою ВВСН. Гідротермічний коефіцієнт з квітня по третю декаду червня 2018 р. склав 0,4, що вказує на дуже сильну посуху. За третю декаду червня і першу декаду липня визначили ГТК – 1,7, що свідчить про надмірну вологість. За аналогічні періоди 2016 р. (ГТК= 2,9) і (ГТК= 1,5) відповідно гідротермічний коефіцієнт вказує на надмірну вологість і достатню забезпеченість вологою.

У 2017 р. із третьої декади квітня по третю декаду червня ріст і розвиток пшениці відбувався за слабкої посухи (ГТК=0,7), а з третьої декади червня до другої декади липня – за середньої посухи (ГТК=0,6). За аналогічні періоди 2019 р. визначили гідротермічний коефіцієнт був на рівні (ГТК=1,1) і (ГТК=1,4), що свідчить про достатню забезпеченість вологою.

Таблиця 1. Опади (мм) у роки проведення досліджень

Місяць	Декада	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	середні багаторічні
Вересень	-	20,4	9,6	53,2	47,9	-	35
Жовтень	-	30,4	62,0	50,4	22,0	-	33
Листопад	-	66,9	74,4	36,4	23,1	-	41
Грудень	-	17,6	61,8	92,3	71,1	-	44
Січень	-	-	68,8	36,0	30,5	56,8	35
Лютий	-	-	62,2	41,5	34,6	21,4	33
Березень	-	-	37,8	17,2	74,0	23,4	30
Квітень	I	-	3,6	40,0	1,5	0,0	14
	II	-	52,9	15,3	1,3	14,2	17
	III	-	4,5	2,8	5,3	31,3	16
Травень	I	-	45,2	14,6	3,7	26,7	16
	II	-	66,7	9,8	19,1	15,3	12
	III	-	57,8	16,1	0,0	12,0	18
Червень	I	-	22,7	10,2	2,2	35,3	23
	II	-	50,1	14,3	23,3	0,0	27
	III	-	32,2	17,9	33,2	43,9	23
Липень	I	-	30,7	5,5	30,0	12,1	35
	II	-	28,9	9,7	21,3	2,8	24

Таблиця 2. Середньодобова температура повітря (°C) у роки проведення досліджень

Місяць	Декада	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	середня багаторічна
Вересень	-	17,9	15,6	16,1	16,2	-	13,8
Жовтень	-	6,6	6,9	8,0	9,9	-	7,9
Листопад	-	4,1	1,4	3,2	-0,1	-	2,0
Грудень	-	1,6	-1,9	1,6	-2,0	-	0,4
Січень	-	-	-6,0	-5,6	-2,7	-4,8	-5,9
Лютий	-	-	1,7	-3,4	-4,2	0,4	-4,4
Березень	-	-	4,4	5,8	-2,1	4,7	0,3
Квітень	I	-	12,3	11,6	10,3	9,6	7,0
	II	-	13,8	7,5	13,8	7,3	7,8
	III	-	10,9	11,8	15,7	13,2	10,4
Травень	I	-	13,8	13,5	20,4	12,1	13,5
	II	-	12,4	12,7	15,9	18,3	15,3
	III	-	16,8	18,3	18,8	19,3	15,8
Червень	I	-	15,3	18,8	19,4	21,1	17,3
	II	-	19,4	18,8	21,9	23,6	17,4
	III	-	23,5	21,6	19,1	21,4	18,7
Липень	I	-	19,3	19,0	18,8	19,0	18,5
	II	-	22,6	21,0	20,5	17,2	19,4

Маса 1000 зерен у спельтоподібних чорнобільських радіомутантів пшениці озимої залежала від генотипу і року досліджень. Усі

RM-зразки за масою 1000 зерен у 2016 р. перевищували сорт-стандарт Лісова пісня (42,0 г) від 0,5 г (RM-3 – 42,5 г) до 11,5 г (RM-4 і

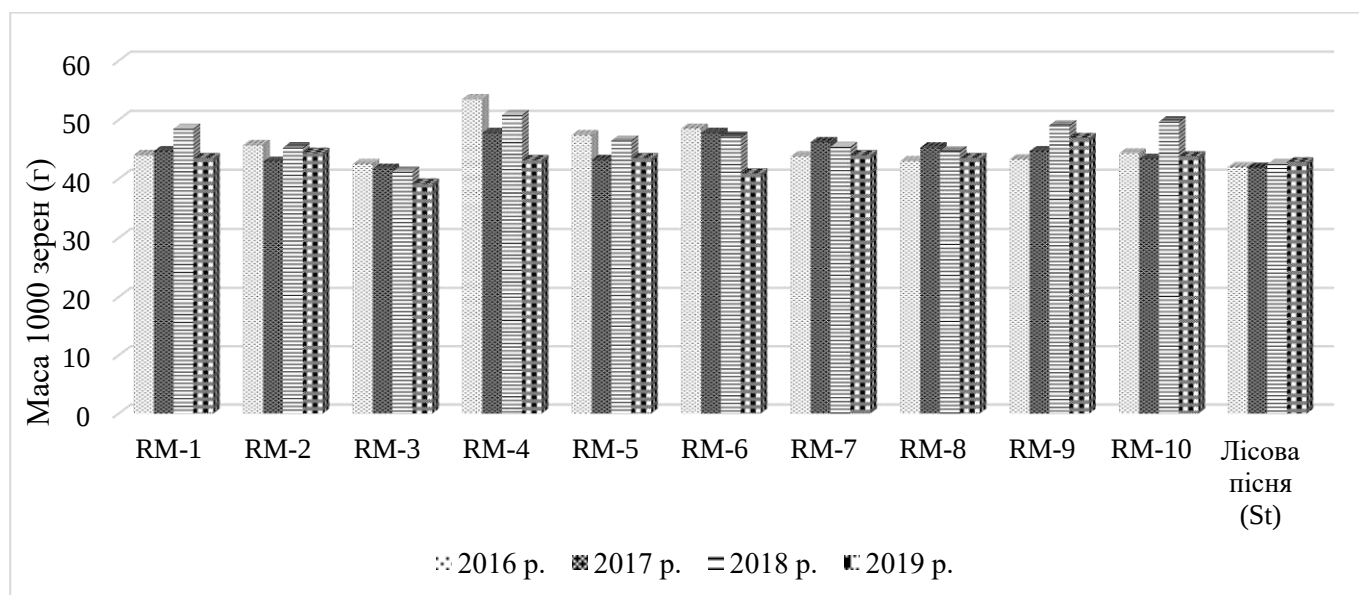


Рис. 1. Маса 1000 зерен (г) спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої, 2016–2019 рр.

RM-6) (рис. 1).

У 2017 р. (42,9–47,8 г) і 2018 р. (44,7–50,8 г) радіомутанти пшениці озимої сформували більшу масу 1000 зерен порівняно з стандартом (2017 р. – 41,9 г; 2018 р. – 42,5 г), за виключенням селекційної форми RM-3 – 41,7 г і 41,2 г відповідно. Маса 1000 зерен у 2019 р. у восьми RM-зразків становила від 43,2 г (RM-4) до 46,9 г (RM-9), перевищуючи сорт стан-

дарт Лісова пісня (42,8 г), а зразки RM-3 (39,2 г) та RM-6 (40,9 г) поступалися йому.

Спельтоподібні селекційні форми пшениці сформували, у середньому за 2016-2019 рр., масу 1000 зерен від 41,2 г (RM-3) до 48,8 г (RM-4) з достовірним перевищенням у дев'яти з десяти радіомутантів від 1,8 г (RM-8) до 6,5 г (RM-4) (табл. 3).

Варіабельність маси 1000 зерен, селекцій-

Таблиця 3. Варіювання маси 1000 зерен (г) у спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої, середнє за 2016–2019 рр.

Селекційна форма, лінія	$\bar{x} *$	Lim, min-max	S^2	V, %	Hom	Sc
RM-1	45,2	43,5–48,5	5,2	5,0	899	41,4
RM-2	44,6	42,9–45,7	1,5	2,8	1600	39,6
RM-3	41,2	39,2–42,5	2,0	3,4	1204	40,6
RM-4	48,8	43,2–53,5	19,5	9,0	540	41,9
RM-5	45,2	43,2–47,4	4,5	4,7	964	42,5
RM-6	46,1	40,9–48,5	12,2	7,6	607	38,9
RM-7	44,9	43,8–46,2	1,3	2,5	1753	41,1
RM-8	44,1	43,0–45,3	1,1	2,4	1838	39,4
RM-9	46,0	43,3–49,1	6,5	5,5	832	38,0
RM-10	45,3	43,4–49,7	8,7	6,5	694	41,8
Лісова пісня (St)	42,3	41,9–42,8	0,2	1,1	4217	40,5

Примітка * HIP_{05} 2016 р. – 0,57; 2017 р. – 0,47; 2018 р. – 0,52; 2019 р. – 0,4.

них форм, які досліджувалися була незначною, за коефіцієнта варіації 2,4–9,0 % і відповідного показника у сорту-стандарту – 1,1 %. Встановлено, що за підвищення маси 1000 зерен у спельтоподібних RM-зразків збільшується її мінливість.

Найбільший показник гомеостатичності за масою 1000 зерен отримано у сорту-стандарту Лісова пісня (Hom = 4217), високі показники мали селекційні форми RM-8 (Hom = 1838), RM-7 (Hom = 1753), RM-2 (Hom = 1600).

За отриманими даними по селекційній цінності виділено радіомутанти, які мали найвищі значення RM-5 ($Sc = 42,5$), RM-4 ($Sc = 41,9$), RM-10 ($Sc = 41,8$), RM-1 ($Sc = 41,4$), RM-7 – $Sc = 41,1$.

Важливим показником якості зерна пшениці озимої є його натура. Отримані результати визначення натури зерна за роки досліджень у радіомутантів пшениці озимої представлено на рис. 2.

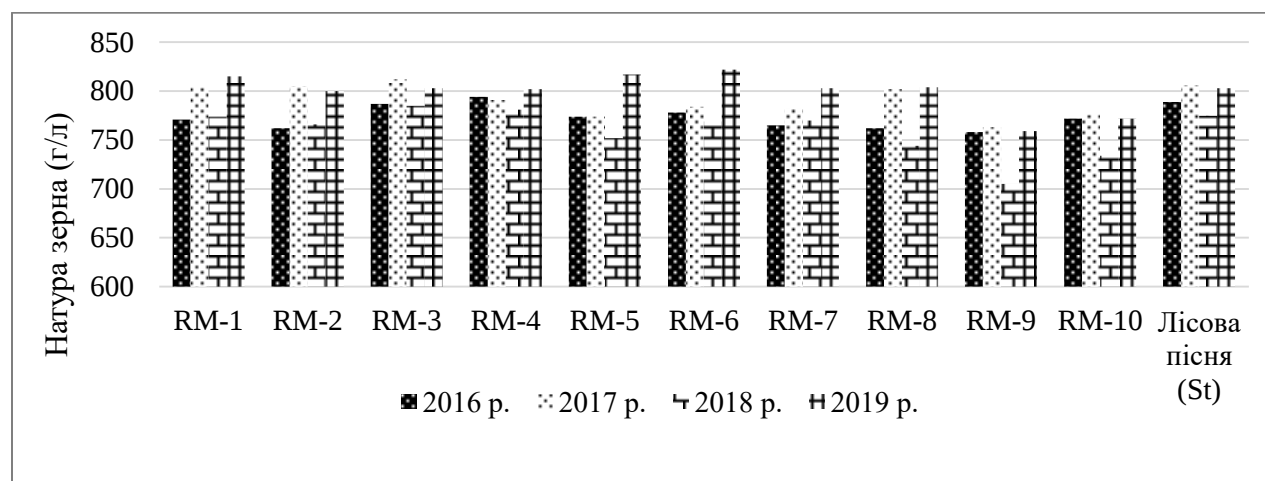


Рис. 2. Натура зерна (г/л) у спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої, 2016–2019 рр.

За роки досліджень, найбільшу натуру зерна отримали в 2016 р. у RM-4 – 794 г/л, яка перевищувала сорт-стандарт Лісова пісня (789 г/л) на 5 г/л, а у інших селекційних форм значення склали 758–787 г/л. У 2017 р. умови вирощування сприяли збільшенню натури зерна у селекційних форм, що досліджувалися. Найвищу натуру зерна було одержано у зразка RM-3 – 812 г/л за показників у інших радіомутантів 763–805 г/л і стандарту Лісова пісня – 806 г/л. Найбільшу натуру зерна у 2018 р. виз-

начили у RM-3 та RM-4 – 785 і 781 г/л відповідно за показника стандарту – 775 г/л. У 2019 р. відмітили найбільшу натуру зерна з виділенням радіомутантів RM-6 – 822 г/л, RM-5 – 817 г/л, RM-1 – 815 г/л.

У середньому за 2016–2019 рр., достовірно найбільша натура зерна (797 г/л) сформувалася у радіомутанта RM-3, за найменшої мінливості (27 г/л) та незначного коефіцієнта варіації – 1,7 % і одного з найвищих показників гомеостатичності – $Hom = 48940$ (табл. 4).

Таблиця 4. Варіювання натури зерна (г/л) у спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої, середнє за 2016–2019 рр.

Селекційна форма	$\bar{x} *$	Lim, min-max	S^2	V, %	Hom	Sc
RM-1	791	771–815	478,0	2,8	28618	762,7
RM-2	783	762–805	500,9	2,9	27411	722,2
RM-3	797	785–812	168,3	1,7	48940	689,5
RM-4	792	781–802	75,3	1,1	72270	719,9
RM-5	779	752–817	740,9	3,5	22308	743,1
RM-6	788	769–822	544,3	3,0	26634	737,4
RM-7	780	765–803	286,0	2,2	35975	717,3
RM-8	778	744–804	888,0	3,8	20312	771,3
RM-9	746	705–763	760,9	3,7	20188	770,3
RM-10	764	734–776	390,3	2,6	29505	741,4
Лісова пісня (St)	793	775–806	202,9	1,8	44173	748,3

Примітка * HIP_{05} 2016 р. – 2; 2017 р. – 3; 2018 р. – 2; 2019 р. – 3.

На рівні стандарту встановлено натуру зерна у зразках RM-4 – 792 г/л і RM-1 – 791 г/л.

Також ці селекційні форми виділялися за гомеостатичністю RM-4 (Hom = 72270), RM-1 (Hom = 28618) і селекційною цінністю RM-1 – Sc = 762,7. Селекційна цінність радіомутантів складала від 689,5 (RM-3) до 771,3 (RM-8) за

стандарту – 748,3.

Селекційні форми спельтоподібних радіомутантів також відрізнялися за склоподібністю, яка значною мірою залежала від року та генотипу (рис. 3).

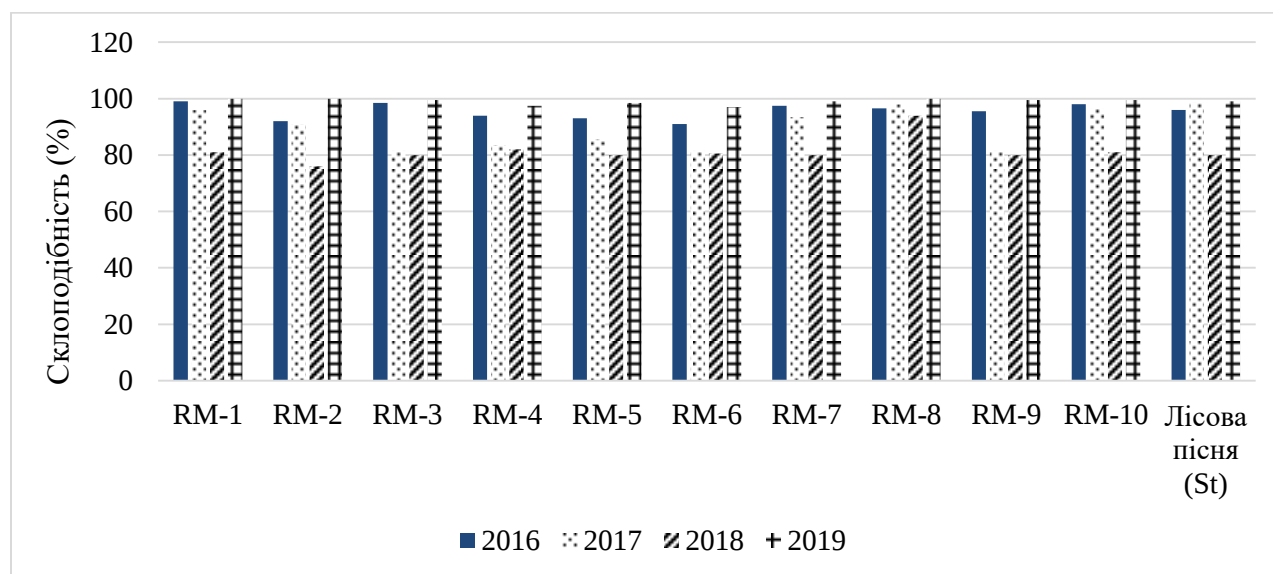


Рис. 3. Склоподібність (%) зерна спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої, 2016–2019 рр.

Найвищу склоподібність зерна у 2016 р. мали селекційні форми RM-1 – 99,0 %, RM-3 – 98,5 %, RM-10 – 98,0 %, RM-7 – 97,5 % за стандарту Лісова пісня – 96,0 %. У 2017 р. за склоподібністю виділилися RM-8 – 98,0 %, RM-10 – 96,5 %, RM-1 – 96,0 %, а в умовах 2018 р. – RM-8 – 94,0 %, RM-4 – 82,0 %, RM-1 і RM-10 – 81,0 % за склоподібності пшениці озимої Лісова пісня 98,5 % та 80,0 %, відповідно. Найбільша склоподібність зерна була у

2019 р. у селекційних зразків RM-1, RM-2, RM-8, їх показник склав 100 %, у RM-3, RM-9, RM-10 – 99,5 %, у RM-7 – 99,0 %.

Середня склоподібність зерна за чотири роки у радіомутантів пшениці озимої була від 87,5 до 97,1 %. Перевищення над стандартом Лісова пісня (93,4 %) визначили у селекційних зразків RM-8 (97,1 %), RM-1 (94,0 %), RM-10 (93,8 %) за незначного коефіцієнта їх варіації – 2,6 %, 9,4 %, 9,2 %, відповідно (табл. 5).

Таблиця 5. Варіювання склоподібності (%) у спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої, середнє за 2016–2019 рр.

Селекційна форма	$\bar{x}$	Lim, min-max	S^2	V, %	Hom	Sc
RM-1	94,0	81,0–100,0	78,0	9,4	1000	75,5
RM-2	89,8	76,0–100,0	100,3	11,2	805	76,3
RM-3	89,9	80,0–99,5	111,6	11,8	765	71,7
RM-4	89,3	82,0–97,5	58,8	8,6	1039	91,3
RM-5	89,3	80,0–98,5	66,4	9,1	977	74,7
RM-6	87,5	80,5–97,0	62,5	9,0	968	72,6
RM-7	92,5	80,0–99,0	74,8	9,4	989	72,5
RM-8	97,1	94,0–100,0	6,4	2,6	3730	75,1
RM-9	89,1	80,0–99,5	96,6	11,0	808	72,3
RM-10	93,8	81,0–99,5	73,8	9,2	1023	68,2
Лісова пісня (St)	93,4	80,0–99,0	81,2	9,7	967	76,1

Примітки *NIP₀₅: 2016 р. – 3; 2017 р. – 4; 2018 р. – 4; 2019 р. – 2.

Високі показники гомеостатичності визначено у радіомутантів RM-8 (Ном = 3730), RM-4 (Ном = 1039), RM-10 (Ном = 1023), RM-1 (Ном = 1000). За селекційною цінністю виділили зразки RM-4 (Sc = 91,3), RM-2 (Sc = 76,3), RM-1 (Sc = 75,5) та RM-8 (Sc = 75,1).

Висновки. Дев'ять з десяти спельтоподібних радіомутантів сформували, у середньому за чотири роки досліджень, достовірно більшу масу 1000 зерен від 1,8 г до 6,5 г порівняно із сортом-стандартом Лісова пісня (42,3 г), серед яких виділилися за найбільшим проявом показника RM-4 – 48,8 г, RM-6 – 46,1 г, RM-9 – 46,0 г і високою селекційною цінністю – RM-4 – Sc = 41,9.

Виділено селекційні форми з найвищою

середньою за 2016–2019 рр. натурою зерна RM-3 (797 г/л), RM-4 (792 г/л), RM-1 – 791 г/л та гомеостатичністю (Ном = 48940), (Ном = 72270), (Ном = 28618) відповідно і селекційною цінністю у RM-1 – Sc = 762,7.

Практичну селекційну цінність за склоподібністю зерна мають RM-8 – 97,1 %, RM-1 – 94,0 %, RM-10 – 93,8 % за відповідних показників гомеостатичності (Ном = 3730), (Ном = 1000), (Ном = 1023) і більшої селекційної цінності у RM-1 (Sc = 75,5) та RM-8 – Sc = 75,1.

Виділені спельтоподібні RM-зразки пшениці озимої залучені у селекційні програми Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

Використана література

1. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Правдзіва І. В., Василенко Н. В., Дергачов О. Л., Заїма О. А. Формування та варіабельність натурної маси зерна генотипів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від умов року, попередників та строків сівби. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. № 3 (91). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovid2021.03.005>.
2. Лозинський М. В. Використання фізичних показників зерна при доборі на якість озимої пшениці. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету: зб. наук. пр.* 2006. Вип. 43. С. 5–9. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/3091>
3. Костецька К. В., Герасимчук О. П., Соловей В. О. Борошномельні властивості зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту. *Продовольчі ресурси*. 2024. Т. 12. № 23. С. 85–90. <https://doi.org/10.31073/foodresources2024-23-09>
4. Zhong, Y.; Chen, Y.; Pan, M.; Wang, H.; Sun, J.; Chen, Y.; Cai, J.; Zhou, Q.; Wang, X.; Jiang, D. Insights into the Functional Components in Wheat Grain: Spatial Pattern, Underlying Mechanism and Cultivation Regulation. *Plants*. 2023, 12, 2192. <https://doi.org/10.3390/plants12112192>
5. Глупак З. І., Радченко М. В. Аналіз якості пшениці м'якої озимої в умовах ННБК Сумського НАУ. *Вісник Сумського НАУ*. 2014. №2. С. 28–33. http://visnyk.snau.edu.ua/sample/files/snau_2014_3_27_agronom/JRN/43.pdf
6. Жемела Г. П., Бараболя О. В., Татарко Ю. В., Антоновський О. В. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 32–39. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.03>
7. Желдубовський М. С., Ярошук С. В., Дубовик І. І. Вплив строків сівби на формування показників структури врожаю пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2024. Вип. 24. С. 67–72. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.9>
8. Nazarenko M., Semenchenko O., Izhboldin O., Hladkikh Y. French winter wheat varieties under ukrainian north Steppe condition. *Agriculture and Forestry*. 2021. Vol. 67(2). P. 89–102. <https://doi.org/10.17707/AgricultureForest.67.2.07>
9. Радченко М. В., Скидан М. С., Желдубовський М. С. Дослідження формування продуктивності та якості зерна сортів пшениці озимої різних за походження. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 101–105. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.14>
10. Ноздріна Н. Л. Формування елементів структури врожайності та якості зерна нових сортів пшениці озимої в північному степу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 2. С. 165–168. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.02.34>
11. Коломієць Л. А., Кириленко В. В., Маринка С. М. Формування показників адаптивності (урожайності, маси 1000 зерен та натури зерна) ліній пшениці озимої залежно від гідротермічних умов у зоні Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 22–29. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59814>
12. Василенко Н. В., Правдзіва І. В., Вологдіна Г. Б., Замліла Н. П., Колючий В. Т. Фактори впливу на якість зерна та борошна нових сортів пшениці м'якої озимої 1. Фізичні показники якості зерна. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 2. С. 214–223. <http://mvis.mip.com.ua/article/view/119569>
13. Колібабчук Т. В., Кузьменко О. В., Зарва О. І., Любич В. В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 168–178. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178>
14. Лихочвор В. В. Основні складові успішного врожаю озимої пшениці. *Агроном*. 2016. <https://www.>

15. Skrypnyk O. O., Leonov O. Yu., Shyianova T. P., Suvorova K. Yu., Usova Z. V. Seed quality indicators of winter bread wheat accessions depending on the grain size. *Селекція і насінництво*. 2021. № 119. С. 84–93. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237013>
16. Любич В. В. Фізичні показники якості зерна пшениці озимої залежно від сорту. *Новітні агротехнології*. 2013. № 1. С. 62–70. [https://doi.org/10.21498/na.1\(1\).2013.119728](https://doi.org/10.21498/na.1(1).2013.119728)
17. Поліщук В. В., Коновалов Д. В. Вихід кондиційного насіння пшениці озимої залежно від технологій його вирощування. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, №2. <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285907>
18. Urošević D., Knežević D., Matković Stojšin M., Živić J., Mićanović D., Kondić D., Zečević V. Variability of the thousand-seed weight in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agro-knowledge Journal*. 2024. № 25(4). P. 289–303. <https://doi.org/10.7251/AGREN2404289U>
19. Lullien-Pellerin V. Both genetic and environmental

conditions affect wheat grain texture: Consequences for grain fractionation and flour properties. *Journal of Cereal Science*. 2020. Vol. 92. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102917>

20. Kaya, E., & Saritas, I. Towards a real-time sorting system: Identification of vitreous durum wheat kernels using ANN based on their morphological, colour, wavelet and gaborlet features. *Comput. Electron. Agric.* 2019. Vol. 166. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105016>.
21. Ткачик С. О., Лещук Н. В., Присяжнюк О. І. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Український інститут експертизи сортів рослин. 4-те вид. Вінниця, 2016. 120 с.
22. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів досліджень; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 352 с.
23. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології. Одеса: Вид-во «ТЭС», 2004. 150 с.

References

1. Demydov, O. A., Hudzenko, V. M., Pravdziva, I. V., Vasylenko, N. V., Derhachov, O. L., Zaima, O. A. (2021). Formation and variability of test weight in winter bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) depending on the growing season conditions, preceding crops and sowing dates. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy* [Scientific Reports of NULES of Ukraine], 3 (91). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.03.005> [in Ukrainian]
2. Lozinskyi, M. V. (2006). Usage at selection on quality of a winter wheat of physical parameters of a grain. *Visnyk Bilotserkivskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu: Zbirnyk naukovykh prats* [Bulletin of Bila Tserkva State Agrarian University: Collection of scientific papers], 43, 5–9. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/3091> [in Ukrainian]
3. Kostetska, K. V., Herasymchuk, O. P., Solovei, V. O. (2024). Flour properties of soft winter wheat depending on the variety. *Prodovolchi resursy* [Food resources], 12 (23), 85–90. <https://doi.org/10.31073/foodresources2024-23-09> [in Ukrainian]
4. Zhong, Y.; Chen, Y.; Pan, M.; Wang, H.; Sun, J.; Chen, Y.; Cai, J.; Zhou, Q.; Wang, X.; Jiang, D. (2023). Insights into the Functional Components in Wheat Grain: Spatial Pattern, Underlying Mechanism and Cultivation Regulation. *Plants*, 12, 2192. <https://doi.org/10.3390/plants12112192>
5. Hlupak, Z. I., Radchenko, M. V. (2014). Analysis of soft winter wheat quality under the conditions of educational and scientific production complex of sumy national agrarian university. *Visnyk Sumskoho NAU* [Bulletin of Sumy National Agrarian University], 2, 28–33. http://visnyk.snau.edu.ua/sample/files/snau_2014_3_27_agronom/JRN/43.pdf [in Ukrainian]
6. Zhemela, H. P., Barabolia, O. V., Tatarko, Yu. V., Antonovskiy, O. V. (2020). The effect of variety peculiarities on winter wheat grain quality. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], 3, 32–39. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.03> [in Ukrainian]
7. Zheldubovskiy, M. S., Yaroshchuk, S. V., Dubovyk, I. I. (2024). The influence of sowing dates on the formation of indicators of the structure of the winter wheat harvest. *Ahrarni innovatsii* [Agrarian innovations], 24, 67–72. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.9> [in Ukrainian]
8. Nazarenko, M., Semenchenko, O., Izhboldin, O., Hladkikh, Y. (2021): French winter wheat varieties under ukrainian north Steppe condition. *Agriculture and Forestry*, 67 (2), 89–102. <https://doi.org/10.17707/Agriculture67.2.07>
9. Radchenko, M. V., Skydan, M. S., Zheldubovskyy, M. S. (2024). Research on the formation of productivity and grain quality of winter wheat varieties of different origins. *Ahrarni innovatsii* [Agrarian innovations], 26, 101–105. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.14> [in Ukrainian]
10. Nozdrina, N. L. (2014). Formation of structure units of yielding capacity and quality of grain of new winter wheat varieties in northern Steppe. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], 2, 165–168. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.02.34> [in Ukrainian]
11. Kolomiets, L. A., Kyrylenko, V. V., Marynka, S. M. (2012). Formation of adaptability indices (yield, weight of 1000 grains and grain nature) of winter wheat lines depending on hydrothermal conditions in the Forest-steppe zone of Ukraine. *Seleksia i nasinnystvo* [Plant Breeding and Seed Production], 102, 22–29. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59814> [in Ukrainian]
12. Vasylenko, N. V., Pravdziva, I. V., Volohdina, H. B., Zamlila, N. P., Koliuchyi, V. T. (2016). Factors influen-

- ced on grain and flour quality of new varieties of bread winter wheat i. Physical characteristics of grain quality. *Myronivskyi visnyk* [Myronivka Bulletin], 2. 214–223. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178> [in Ukrainian]
13. Kolibabchuk, T. V., Kuzmenko, O. V., Zarva O. I., Liubych, V. V. (2022). Yield and quality of soft winter wheat depending on the sowing rates. *Ahrobiologia* [Agrobiology], 1, 168–178. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178> [in Ukrainian]
 14. Lykhochvor, V. V. (2016). The main components of a successful winter wheat harvest. *Ahronom* [Agronom]. <https://www.agronom.com.ua/optymizatsiya-parametriv> [In Ukrainian]
 15. Skrypnyk, O. O., Leonov, O. Yu., Shyianova, T. P., Suvorova, K. Yu., Usova, Z. V. (2021). Seed quality indicators of winter bread wheat accessions depending on the grain size. *Selektsiya i nasinnystvo* [Plant Breeding and Seed Production], 119, 84–93. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237013>
 16. Lyubych, V. V. (2013). Physical characteristics of winter wheat grain quality depending on the variety. *Novitni ahrotekhnologii* [Advanced Agritechnologies], 1, 62–70. [https://doi.org/10.21498/na.1\(1\).2013.119728](https://doi.org/10.21498/na.1(1).2013.119728) [In Ukrainian]
 17. Polishchuk, V. V., Konovalov, D. V. (2023). The yield of conditioned winter wheat seeds depending on the cultivation technology. *Novitni ahrotekhnologii* [Advanced Agritechnologies], 11 (2). <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285907> [In Ukrainian]
 18. Urošević, D., Knežević, D., Matković Stojšin, M., Živić, J., Mićanović, D., Kondić, D., Zečević, V. (2024). Variability of the thousand-seed weight in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agro-knowledge Journal*, 25 (4), 289–303. <https://doi.org/10.7251/AGREN2404289U>
 19. Lullien-Pellerin, V. (2020). Both genetic and environmental conditions affect wheat grain texture: Consequences for grain fractionation and flour properties. *Journal of Cereal Science*, Vol. 92. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102917>
 20. Kaya, E., & Saritas, I. (2019). Towards a real-time sorting system: Identification of vitreous durum wheat kernels using ANN based on their morphological, colour, wavelet and gaborlet features. *Comput. Electron. Agric.*, Vol. 166. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105016>.
 21. Tkachyk, S. O., Leshchuk, N. V., Prysiachniuk, O. I. (2016). Metodyka provedennia kvalifikatsiynoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. [Methodology for qualification examination of plant varieties for their suitability for distribution in Ukraine]. *Zahalna chastyna. Ukrayinskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn. 4-te vyd.* Vinnytsia. 120. [In Ukrainian]
 22. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya. ... & Kryshchop, Ye. A. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navchalnyi posibnyk: u 2 kn. Knyha 2. Statystychna obrobka rezultativ doslidzhen; za red. A. O. Rozhkova* [Research work in agronomy: tutorial: in 2 books. Book 2. Statistical processing of research results]. Kharkiv: Maidan, 352. [in Ukrainian]
 23. Polovyi, A. M., Bozhko, L. Yu., Volvach, O. V. (2004). *Osnovy ahrometeorologii* [Basics of ahrometeorology]. Odesa: Vydavnytstvo “TES”, 150 p. [in Ukrainian]

UDC 631.528.632:631.576.331.2:633.111.5"324"

Dolhalova, Yu. A.¹, Lozinskyi, M. V.², Kumanska, Yu. O.², Sidorova, I. M.², Yurchenko, A. I.² Physical parameters of grain quality of spelt-like Chernobyl radiomutants of winter wheat.

Grain Crops. 2025. 9 (1). 68–78.

¹Bilotserkivska Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS, 1 Tsentrlna St., Mala Vilshanka village, Bila Tserkva district, Kyiv region, 09176, Ukraine

²Bila Tserkva National Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, 8/1 Soborna Sq., Bila Tserkva, Kyiv region, 09117, Ukraine

Topicality. Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) is the main grain crop that ensures food security of the population. The combination of yield and grain quality is important in wheat breeding research. Physical indicators of grain quality include the 1000 grain weight, test weight and grain hardness. **Purpose.** To analyze spelt-like radiomutants of winter wheat by 1000 grain weight, test weight and grain hardness. **Materials and Methods.** The material of the study was 10 spelt-like RM-samples of Chernobyl radiomutants of winter wheat and the Lisova pisnia variety standard. The research was conducted at the Bila Tserkva Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS in 2016–2019. The 1000 grain weight was determined according to DSTU 4138–2002. The grain hardness was determined according to the method specified in DSTU 3768–2019. The test weight was determined according to DSTU GOST 10840:2019. Homeostasis (Hom) and breeding value (Sc) were calculated according to V. V. Khanhildin and M. A. Lytvynenko. **Results.** On average for 2016–2019, spelt-like wheat breeding samples produced a 1000 grain weight of 41.2 g (RM-3) to 48.8 g (RM-4). The variability of 1000 grain weight in the studied breeding samples was insignificant, with a coefficient of variation of 2.4–9.0 %. The highest indicator of homeostasis by the 1000 grain weight was recorded in Lisova Pisnia variety-standard (4217), high indicators were recorded in the breeding samples RM-8

(1838), RM-7 (1753), RM-2 (1600), RM-3 (1204). The following radiomutants RM-5 (42.5), RM-4 (41.9), RM-10 (41.8), RM-1 (41.4), and RM-7 (41.1) were identified in terms of breeding value. The highest test weight (797 g/l) was found in the RM-3 radiomutant. The breeding samples RM-4 (72270) and RM-3 (48940) were distinguished by the indicator of high homeostasis of grain test weight. The breeding value of the studied radiomutants was 689.5–771.3. The highest grain hardness was obtained in the breeding samples RM-8 (97.1 %), RM-1 (94.0 %), RM-10 (93.8 %), which also had high homeostatic parameters – RM-8 (3730), RM-4 (1039), RM-10 (1023), RM-1 (1000). According to the indicator of breeding value of grain hardness formation, the breeding samples RM-4 (91.3), RM-1 (75.5), RM-8 (75.1) were distinguished. **Conclusions.** The identified spelt-like radiomutants of winter wheat, based on the results obtained – the 1000-grain weight, test weight and grain hardness, are valuable for further breeding work.

Key words: winter wheat, Chernobyl radiomutants, 1000 grain weight, test weight, grain hardness, quality