

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ОЗЕРНЕНОСТІ ГОЛОВНОГО КОЛОСА У СПЕЛЬТОПОДІБНИХ ЧОРНОБИЛЬСЬКИХ РАДІОМУТАНТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

ДОЛГАЛЬОВА Ю.А. – здобувачка наукового ступеня кандидата наук

orcid.org/0000-0001-6176-2592

Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур
і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України

ЛОЗІНСЬКИЙ М.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0002-6078-3209

Білоцерківський національний аграрний університет

САМОЙЛИК М.О. – доктор філософії з агрономії

orcid.org/0000-0001-8576-5368

Білоцерківський національний аграрний університет

ДУБОВА О.А. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0009-0008-4716-739X

Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур
і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України

ФІЛІЦЬКА О.О. – доктор філософії з агрономії

orcid.org/0000-0003-1544-0845

Білоцерківський національний аграрний університет

УСТИНОВА Г.Л. – доктор філософії з агрономії

orcid.org/0000-0002-3056-358X

Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Зростання чисельності населення планети спонукає до виробництва достатньої кількості продуктів харчування відповідної якості та посилює значення продовольчої безпеки [1, 2]. За оцінками експертів до 2050 р. світове виробництво продовольства повинно зрости на 70 % [3], а попит на зерно пшениці – щонайменше до 50 % [4, 5].

Пшениця м'яка озима в Україні є найбільш поширеною зерновою культурою за обсягами вирощування (5,5–6,8 млн га) [6] та виробництва і експорту зерна [7, 8]. Зерновому господарству України потрібні нові високопродуктивні сорти і гібриди, здатні за різних ґрунтово-кліматичних умов використовувати біокліматичний ресурс певного регіону, проявляти толерантність до стресових факторів та забезпечувати достатньо високу і стабільну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності [9–11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У селекційному процесі важливим є пошук і створення нового різноманітного вихідного матеріалу [12–14], який би поєднував у собі високу продуктивність та оптимальну адаптованість до місцевих природно-кліматичних умов, а також вивчення його генетичного потенціалу й використання нових підходів, які сприяють виявленню перспективних форм для селекційних програм [15–17].

Спонтанні мутації є джерелом різноманіття в процесі еволюції, а також вихідним матеріалом при створенні селекційних сортів сільськогосподарських культур. Їх виникненню сприяли зміни в метаболізмі під впливом стресових факторів у навколишньому середовищі або в результаті природного опромінення [18]. Так як

у природі спонтанні мутації виникають нечасто, науковці для розширення генетичного різноманіття видів і створення цінних форм рослин почали застосовувати експериментальний мутагенез. Першовідкривачами нових шляхів у селекції при використанні рентгенівського опромінення на спадкову мінливість пшениці озимої були у 1927–1934 рр. відомі українські генетики-селекціонери Л. М. Делоне, А. О. Сапегін, В. І. Дідусь, які отримали широкий спектр спадкових змін морфологічних і біологічних ознак [19, 20].

Після аварії на Чорнобильській АЕС, поряд із вивченням впливу радіаційного опромінення на біоценоз вражених радіацією територій, розпочалися дослідження генетичних наслідків дії радіації безпосередньо на культурні рослини, які на момент аварії знаходилися на полях поблизу зруйнованого реактора, в першу чергу, на пшеницю озиму. Планувалося, у разі виявлення мутацій у зібраних в зоні відчуження зразків, вивчити характер їх успадкування та спробувати використати їх у селекційних програмах – безпосередньо як сорт або відібрати з мутантних форм кращі лінії за господарськими властивостями і константні за морфологічними і біологічними ознаками та ввести їх у схрещування для збагачення вихідного матеріалу [18].

Вивчення чорнобильських радіомутантів під керівництвом Бурденюк-Тарасевич Л. А. в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України свідчить, що поряд із депресивними формами утворилися мутанти, цінні за окремими господарсько-важливими ознаками: із підвищеною зимостійкістю

(Л301, Л147) [21], 147/91 – стійкий до хвороб; 20104/89 – карлик із відмінними хлібопекарськими якостями; БЦ 47 скверхед – із підвищеною зимостійкістю та посухостійкістю [18].

Дослідженнями, проведеними в умовах Білоцерківської ДСС, виявлено такі типи мутацій: 1) морфологічні – з різноманітними аномаліями структури колоса, колосків, стебла, листків; 2) фізіологічні мутації росту і розвитку з порушенням гормональної системи, зі стерильними квітками в колосі, а також ранньостиглі і пізньостиглі, карлики, напівкарлики та високорослі; 3) мутації стійкості до стресу і з підвищеною зимостійкістю, посухостійкістю, стійкістю до вилягання; 4) резистентні до хвороб – кореневих гнилей, фузаріозу колоса, бурої іржі, снігової плісняви; 5) системні мутації, що мають ознаки інших видів, – *Triticum compactum* Host; *Triticum spelta* L., яка при обмолоті має ламкий колосовий стержень і розпадається на колоски і спелтоїди голозерні – як остисті, так і безості, що легко обмолочуються [22–24]. Введення їх у гібридизацію дозволило одержати цінні селекційні номери [21, 25, 26] і конкурентоспроможні сорти пшениці м'якої озимої: Ясочка, Либідь (2006 р.); 2008 р. – Царівна, Лісова пісня (національний стандарт), Романтика (2009 р.); Відрада (2010 р.) [27]; Зорепад білоцерківський (2017 р.); Рось (2019 р.); Енеїда (2021 р.); Діана білоцерківська (2022 р.); Трембіта білоцерківська (2023 р.). Індивідуальним добром з радіомутанта БЦ скверхед і 756/89 виділено відповідно сорти пшениці *Spelta* Евріка та Вишиванка білоцерківська (2020 р.) [28].

За результатами досліджень генетичних наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, які з 1988 р. проводять науковці відділу генетичного поліпшення рослин Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, встановлено, що за умов хронічної дії низьких доз радіації в радіонуклідно забрудненій зоні відчуження у пшениці озимої з високою частотою індукуються карликові та напівкарликові мутантні форми [29]. При цьому виділені форми зберігають продуктивний потенціал вихідного сорту і можуть становити селекційну цінність як донори карликовості при створенні сортів пшениці озимої інтенсивного типу [30].

Врожайність пшениці, як комплексний показник, значною мірою визначається проявом продуктивних складових рослини, які є кількісними ознаками і контролюються складними полігенними системами. Досягти збільшення урожайності можна шляхом поліпшення сортового складу, що підкреслює важливість основного напрямку в підвищенні продуктивності – селекційно-генетичних розробок, які, за свідченнями провідних вчених, забезпечують основний приріст урожайності та валових зборів зерна в останні роки [31]. Продуктивність рослин озимої пшениці визначається крупністю зерна, озерненістю колоса і кількістю продуктивних стебел. Водночас поєднання цих ознак визначає врожай генотипу.

Метою досліджень було встановлення закономірностей формування кількості зерен у головному колосі спелтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої залежно від генотипу та метеорологічних умов року.

Матеріали та методика досліджень.

Експериментальну частину досліджень проводили в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків у 2016–2018 рр. Матеріалом досліджень були 10 спелтоподібних RM-зразків чорнобильських радіомутантів пшениці озимої.

Попередник – горох. Сівбу проводили в оптимальні для пшениці строки селекційною сівалкою «Клен» –1,5. Облікова площа ділянки кожного зразка – 10 м², повторність – трикратна. Дослідження проводили відповідно до Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні [32].

Визначали середню арифметичну ($\bar{x}$), її похибку ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), мінімальне та максимальне значення (min–max) кількості зерен у головному колосі, дисперсію (S^2), коефіцієнт варіації (V , %) [33]. Мінливість вважається незначною за коефіцієнта варіації менше 10 %, середньою – $10 \leq V \leq 20$ %, і значною, якщо коефіцієнт варіації перевищує 20 % [34]. Гомеостатичність (Hom) і селекційну цінність (Sc) розраховували за В. В. Хангільдіним і М. А. Литвиненком (1981).

Статистичну обробку отриманих біометричних даних проводили із використанням комп'ютерних програм Excel 2019 та Statistica, 12.0 [33].

Для характеристики вологозабезпечення умов вирощування пшениці озимої обчислювали гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за методикою Г. Т. Селянінова [35]. 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 досліджень. Після відновлення весняної вегетації 29 лютого 2016 р. та шостого березня 2017 р. у другій декаді березня відбулася її зупинка за середніх температур повітря 2,8 °C і 4,1 °C відповідно. За відновлення весняної вегетації четвертого квітня у 2018 р. спостерігали підвищений температурний режим, особливо у третій декаді квітня – 15,7 °C, що прискорило проходження макростадій росту і розвитку рослин за шкалою BBCH (табл. 1).

Фактична кількість опадів за березень 2016 р. і 2018 р. перевищила середні багаторічні показники (30,0 мм) на 7,8 і 44,0 мм відповідно, а у 2017 р. – була меншою – 17,2 мм (табл. 2).

Гідротермічний коефіцієнт за квітень (ГТК = 1,7), травень (ГТК = 3,8) і перші дві декади червня (ГТК = 2,1) 2018 р. свідчить про надмірну вологість у період закладання кількості колосків, зерен, цвітіння і запліднення та формування зерна у колосі. У 2017 р. вегетація пшениці у квітні відбувалась за надмірної вологості (ГТК = 1,9); а у травні (ГТК = 0,9) і перших двох декад червня (ГТК = 0,7) – за слабкої посухи. При цьому у квітні (ГТК = 0,2) і травні (ГТК = 0,4) 2018 р. відмічено дуже сильну посуху, а перших двох декадах червня (ГТК = 0,6) – середню посуху. Таким чином аналіз метеорологічних умов засвідчив їх значну контрастність у роки проведення експерименту і дозволив нам дослідити їх вплив на формування кількості зерен в головному

Таблиця 1

Температура повітря (°C) у роки проведення досліджень за даними Білоцерківської метеостанції

Місяць	Декада	Температура повітря, °C			
		2016 р.	2017 р.	2018 р.	середня багаторічна
Березень	-	5,9	5,6	-4,6	-2,0
		2,8	4,1	-1,8	-0,3
		4,6	7,6	0,0	3,1
Квітень	I	12,3	11,6	10,3	7,0
	II	13,8	7,5	13,8	7,8
	III	10,9	11,8	15,7	10,4
Травень	I	13,8	13,5	20,4	13,5
	II	12,4	12,7	15,9	15,3
	III	16,8	18,3	18,8	15,8
Червень	I	15,3	18,8	19,4	17,3
	II	19,4	18,8	21,9	17,4

Таблиця 2

Опади (мм) у роки проведення досліджень за даними Білоцерківської метеостанції

Місяць	Декада	Опади, мм			
		2016 р.	2017 р.	2018 р.	середні багаторічні
Березень	I	2,8	0,8	26,4	9
	II	12,4	12,2	38,2	9
	III	22,6	4,2	9,4	12
Квітень	I	3,6	40,0	1,5	14
	II	52,9	15,3	1,3	17
	III	4,5	2,8	5,3	16
Травень	I	45,2	14,6	3,7	16
	II	66,7	9,8	19,1	12
	III	57,8	16,1	0,0	18
Червень	I	22,7	10,2	2,2	23
	II	50,1	14,3	23,3	27

колосі спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої.

У 2017 р. досліджувані спельтоподібні радіомутанти, за виключенням RM-2 (54,0 шт.), сформували найбільшу кількість зерен у головному колосі – 50,0–76,0 шт. Середню по досліді кількість зерен (63,6 шт.) істотно перевищили: RM-1 (76,0 шт.); RM-8 (75,4 шт.); RM-3 (70,5 шт.); RM-5 – 70,4 шт. (табл. 3).

В умовах 2016 р. досліджувані RM-зразки пшениці озимої формували кількість зерен у колосі в межах 41,0–61,5 шт. Суттєве перевищення над середнім по досліді показником (52,2 шт.) встановили у RM-3 (61,5 шт.), RM-10 (56,8 шт.), RM-2 (56,1 шт.), RM-9 – 55,4 шт.

Найменшу кількість зерен у головному колосі (38,6–54,8 шт.) переважна більшість чорнобильських радіомутантів формувала в умовах 2018 р. із середнім значенням по досліді 46,8 шт., яке достовірно перевищили RM-10 (54,8 шт.), RM-5 (50,4 шт.), RM-9 (50,2 шт.) і RM-6 – 49,8 шт.

Середню по досліді за 2016–2018 рр. кількість зерен у головному колосі (54,2 шт.) істотно перевищили зразки: RM-1 (58,0 шт.); RM-5 (57,9 шт.); RM-3 (56,9 шт.); RM-8 і RM-9 – 56,4 шт.

За варіабельності кількості зерен у головному колосі в роки досліджень у межах 4,4–33,4 шт., найменша мінливість визначена лише у RM-10 (4,4 шт.) і RM-7 (10,3 шт.) за незначних коефіцієнтів варіації – 2,8 % та 8,4 % відповідно (табл. 4).

Середнім розмахом мінливості за кількістю зерен у колосі характеризувалися радіомутанти RM-4, RM-9 (15,1 шт.), RM-2 (17,7 шт.), RM-6 (19,8 шт.), RM-5 (21,2 шт.) за коефіцієнтів варіації – $V = 10,6$ – $16,3$ %.

Найбільша варіабельність за кількістю зерен визначена у RM-3 (33,4 шт.), RM-8 (32,6 шт.) і RM-1 (29,9 шт.) із значним фенотиповим коефіцієнтом варіації – 25,1; 25,5; 23,4 % відповідно.

Для більш детальної оцінки формування кількості зерен у головному колосі спельтоподібних RM-зразків застосували показник гомеостатичності, за яким можливо встановити реакцію генотипу на фактори зовнішнього середовища при формуванні кількісних ознак.

За показником гомеостатичності ($Hom = 2039$) (рис. 1) і селекційної цінності ($Sc = 51,1$) (рис. 2) за кількістю зерен у головному колосі виділено спельтоподібний радіомутант RM-10 з перевищенням середнього по досліді показника (54,2 шт.) на 1,1 шт. зерен. Більшу

Таблиця 3

Кількість зерен (шт.) у у спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої

Селекційна форма	2016 р.	2017 р.	2018 р.	$\bar{x}$ за три роки	$\pm$ до середнього по досліді
RM-1	50,9	76,0	47,2	58,0	+3,8
RM-2	56,1	54,0	39,4	49,8	-4,4
RM-3	61,5	70,5	38,6	56,9	+2,7
RM-4	53,5	57,8	44,6	52,0	-2,2
RM-5	52,9	70,4	50,4	57,9	+3,7
RM-6	45,3	63,9	49,8	53,0	-1,2
RM-7	41,0	50,0	47,6	46,2	-8,0
RM-8	48,9	75,4	45,0	56,4	+2,2
RM-9	55,4	63,6	50,2	56,4	+2,2
RM-10	56,8	54,3	54,8	55,3	+1,1
$\bar{x}$ по досліді	52,2	63,6	46,8	54,2	-
HIP ₀₅	1,71	1,78	0,82	-	-

Таблиця 4

Мінливість кількості зерен у спельтоподібних радіомутантів пшениці озимої, середнє за 2016–2018 рр.

Селекційна форма	$\bar{x} \pm S\bar{x}$, шт.	Lim, шт.		R, шт.	S ²	V, %
		min	max			
RM-1	58,0 $\pm$ 4,51	47,1	77,0	29,9	183,2	23,4
RM-2	49,8 $\pm$ 2,63	39,0	56,7	17,7	62,4	15,7
RM-3	56,9 $\pm$ 4,76	38,4	71,8	33,4	204,1	25,1
RM-4	52,0 $\pm$ 1,98	44,5	59,6	15,1	35,2	11,4
RM-5	57,9 $\pm$ 3,16	49,8	71,0	21,2	89,6	16,3
RM-6	53,0 $\pm$ 2,80	45,0	64,8	19,8	70,7	15,9
RM-7	46,2 $\pm$ 1,29	40,9	51,2	10,3	15,0	8,4
RM-8	56,4 $\pm$ 4,80	44,4	77,0	32,6	207,3	25,5
RM-9	56,4 $\pm$ 1,99	49,6	64,7	15,1	35,7	10,6
RM-10	55,3 $\pm$ 0,52	53,0	57,4	4,4	2,4	2,8

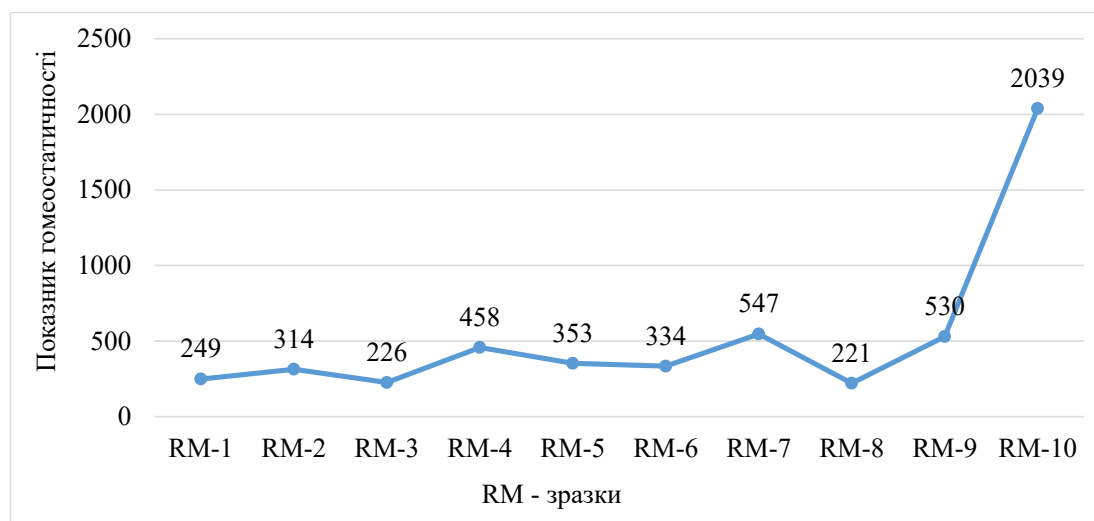


Рис. 1. Гомеостатичність за кількістю зерен головного колоса у RM-зразків, середнє за 2016–2018 рр.

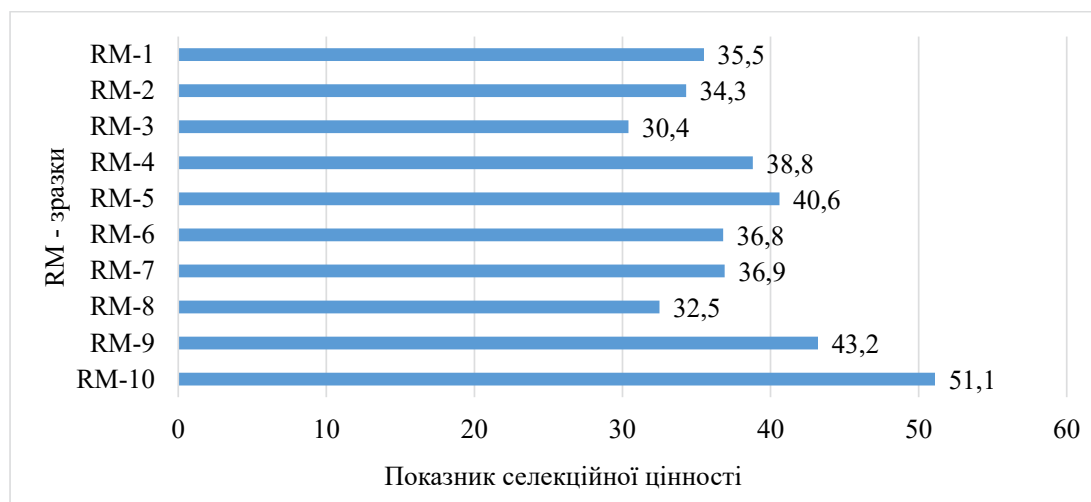


Рис. 2. Селекційна цінність за кількістю зерен у головному колосі RM-зразків, середнє за 2016–2018 рр.

гомеостатичність визначили у RM-7 (Hom = 547), RM-9 (Hom = 530), RM-4 (Hom = 458). У інших RM-зразків встановили найменші показники гомеостатичності (Hom = 221–353) (рис. 1).

За селекційною цінністю, що вказує на поєднання формування кількості зерен в головному колосі з адаптивною здатністю генотипу, також виділено RM-9 (Sc = 43,2), RM-5 (Sc = 40,6), RM-4 (Sc = 38,8), RM-7 (Sc = 36,9), RM-6 (Sc = 36,8) (рис. 2).

Висновки.

1. Виділено спельтоподібні радіомутанти RM-1 (58,0 шт.); RM-5 (57,9 шт.); RM-3 (56,9 шт.); RM-8 і RM-9 – 56,4 шт., які за кількістю зерен у головному колосі в середньому за три роки суттєво перевищили середній по досліді показник – 54,2 шт.

2. Проведена оцінка за кількістю зерен у головному колосі і показниками стабільності спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої визначає їх індивідуальну реакцію на умови навколишнього середовища, а тому і диференційовану селекційну цінність.

3. За найбільшого показника гомеостатичності і селекційної цінності (Hom = 2039; Sc = 51,1) виділено радіомутант RM-10, який перевищив середню по досліді кількість зерен на 1,1 шт.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Hunter M. C., Smith R. G., Schipanski M. E., Atwood L. W., Mortensen D. A. Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification. *Bioscience*. 2017. № 67(4). P. 385–390.
- Gerten D., Heck V., Jägermeyr J., Bodirsky B. L., Fetzer I., Jalava M., Schellnhuber H. Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary

boundaries. *Nature Sustainability*. 2020. № 3(3). P. 200–208.

- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. Rome, FAO. 232 p.
- Climate change: Cereal harvests across the world 'fall by 10 % in 50 years'. 2016. URL: <http://www.independent.co.uk/environment/climate-change-cereal-harvestsacross-the-world-fall-by-10-in-50-years-a6799666.html> (дата звернення: 20.08.2025).
- CIMMYT: Дослідження пшениці. 2023. URL: <https://www.cimmyt.org/work/wheat-research/> (дата звернення: 20.08.2025).
- Гамаюнова В. В., Корхова М. М., Панфілова А. В., Смірнова І. В., Коваленко О. А., Хоненко Л. Г. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування: монографія. Миколаїв, 2021. 300 с.
- Казьмір В. А. Модернізація структуро-логічної моделі організаційно-економічного механізму функціонування ринку зерна: методологічний вимір. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2020. С. 442–447.
- Шандрівська О. Є., Пиж О. В. Дослідження експортного потенціалу зернової промисловості України в умовах війни. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. 2024. № 1(11). С. 259–270.
- Моргун В. В., Гаврилюк М. М., Оксьом В. П., Моргун Б. В., Починок В. М. Впровадження у виробництва нових, стійких до стресових факторів, високопродуктивних сортів озимої пшениці, створених на основі використання хромосомної інженерії та маркер-допоміжної селекції. *Наука та інновації*. 2014. № 105. С. 11–16.
- Самойлик М. О., Устинова Г. Л., Лозінський М. В., Корхова М. М., Уліч О. Л. Оцінка врожайних та адаптивних властивостей нових сортів пшениці м'якої озимої. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 2(101). С. 34–42.

11. Корхова М. М., Нікончук Н. В., Панфілова А. В. Адаптивний потенціал нових сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 122. С. 48–55.
12. Кириленко В. В. Традиційні та сучасні методи селекції *Triticum aestivum* L. у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 4(25). С. 41–46.
13. Самойлик М. О., Лозінський М. В. Особливості успадкування в F_1 і трансгресивна мінливість в популяції F_2 маси зерна з головного колоса за схрещування пшениці м'якої озимої різних екотипів. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С. 154–161.
14. Lozinskyi M. V. Inheritance and grain weight transgressive variability per plant in hybrid winter wheat (*T. aestivum* L.), obtained from the hybridization of various ecotypes. *Агробіологія*. 2016. № 1. С. 22–28.
15. Чернобай Ю. О., Рябчун В. К., Ярош А. В., Моргунов О. І. Елементи продуктивності та врожайності зразків пшениці м'якої озимої в залежності від походження. *Генетичні ресурси рослин*. 2019. № 24. С. 47–54.
16. Рисін Г. Б., Демидов О. А., Вологдіна Г. Б., Гуменюк О. В., Пикало С. В. Трансгресивна мінливість у популяціях F_2 , F_3 пшениці м'якої озимої за ознаками продуктивності в умовах Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 206–213.
17. Мурашко Л. А., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Замліла Н. П., Судденко Ю. М., Новицька Н. В. Адаптивні властивості та селекційна цінність гібридних комбінацій F_3 пшениці м'якої озимої за ознаками продуктивності колоса. *Наукові доповіді НУБіП*. 2024. № 2/108.
18. Бурденюк-Тарасевич Л. А. Використання генетичної нестабільності чорнобильських мутантів в селекції *Triticum aestivum* L. на адаптивність. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Вип. 21. С. 112–116.
19. Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур: підручник. Біла Церква: ПрАТ «Миронівська друкарня», 2016. 376 с.
20. Мазур О. В., Мазур О. В., Лозінський М. В. Селекція та насінництво польових культур: початковий посібник. Вінниця: ТВОРИ, 2020. 348 с.
21. Бурденюк-Тарасевич Л. А. Результати використання чорнобильських радіомутацій в озимій пшениці як джерел цінних властивостей при гібридизації. *Збірник наукових праць ІЦБ УААН*. 2004. Вип. 7. С. 27–38.
22. Бурденюк-Тарасевич Л. А. Віддалені наслідки дії хронічного опромінення рослин *T. aestivum* L. в зоні відчуження ЧАЕС в 1986–1987 рр. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2011. Т. 10. С. 90–95.
23. Бурденюк-Тарасевич Л. А. Формотворчий процес у озимої пшениці *Triticum aestivum* L. впродовж 30 поколінь як результат післядії Чорнобильської катастрофи. *Biodiversity after the Chernobyl Accident. Part II. The scientific proceedings of the International network AgroBio/N et*. 2016. Р. 29–33.
24. Amagai Y., Burdenyuk-Tarasevych L. A., Goncharov N. P., Watanabe N. Microsatellite mapping of the loci for false glume and semi-compact spike in *Triticum* L. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2017.
25. Бурденюк Л. А. Про можливість використання Чорнобильських радіомутантів для селекції озимої пшениці. *Удосконалення методів селекції та насінництва зернових, зернобобових та круп'яних культур*. Київ: ІЦБ УААН, 1997. С. 68–85.
26. Бурденюк-Тарасевич Л. А. Результати та перспективи селекції озимої м'якої пшениці на підвищену адаптивність для умов Лісостепу і Полісся України. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці*. 2007. Вип. 6/7. С. 48–56.
27. Бурденюк-Тарасевич Л. А., Лозінський М. В. Принципи підбору пар для гібридизації в селекції озимої пшениці *T. aestivum* L. на адаптивність до умов довкілля. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. Т. 16. С. 92–96.
28. Бурденюк-Тарасевич Л. А., Бузинний М. В. Білоцерківські сорти пшениць: м'які озимі (*Triticum aestivum* L.), спельти озимі (*Triticum spelta* L.): апробаційні ознаки, біологічні особливості пшениць та реалізація їх потенціалу в умовах Лісостепу, Полісся і Степу України. Біла Церква, 2021. 47 с.
29. Моргунов В. В., Якимчук Р. А. Генетичні наслідки аварії на Чорнобильській АЕС. Київ: Логос, 2010. 400 с.
30. Якимчук Р. А. Характер успадкування довжини стебла карликовими мутантами пшениці м'якої озимої, отриманими в зоні Чорнобильської АЕС. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т. 50. № 1. С. 46–58. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2018.01.046>.
31. Gilliham M., Able J. A., Roy S. J. Translating knowledge about abiotic stress tolerance to breeding programmers. *Plant Journal*. 2017. Vol. 90, Iss. 5. P. 898–917. doi: <https://doi.org/10.1111/tpj.1345636>.
32. Ткачик С. О., Лещук Н. В., Присяжнюк О. І. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид. Вінниця: Український інститут експертизи сортів рослин, 2016. 120 с.
33. 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.
34. Ермантраут Е. Р., Карпук Л. М., Вахний С. П., Козак Л. А., Павліченко А. А., Філіпова Л. М. Методика наукових досліджень. Біла Церква: ТОВ «Білоцерківдрук», 2018. 104 с.
35. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології. Одеса: Вид-во «ТЭС», 2004. 150 с.

REFERENCES:

1. Hunter, M.C., Smith, R.G., Schipanski, M.E., Atwood, L.W., & Mortensen, D.A. (2017). Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification. *Bioscience*, 67(4), 385–390.
2. Gerten, D., Heck, V., Jägermeyr, J., Bodirsky, B.L., Fetzer, I., Jalava, M., & Schellnhuber, H. (2020). Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. *Nature Sustainability*, 3(3), 200–208.
3. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2022). The State of Food Security and Nutrition in the World 2022: Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. Rome: FAO. 232 p.

4. Climate change: Cereal harvests across the world 'fall by 10% in 50 years'. (2016). URL: <http://www.independent.co.uk/environment/climate-change-cereal-harvests-across-the-world-fall-by-10-in-50-years-a6799666.html>
5. CIMMYT: Doslidzhennia pshenytsi. (2023). [CIMMYT: Wheat research]. URL: <https://www.cimmyt.org/work/wheat-research/> [in Ukrainian].
6. Hamaiunova, V.V., Korkhova, M.M., Panfilova, A.V., Smirnova, I.V., Kovalenko, O.A., & Khonenko, L.H. (2021). *Pshenytsia ozyma: resursnyi potentsial ta tekhnologhiia vyroshchuvannia* [Winter wheat: Resource potential and cultivation technology]. Mykolaiv, 300 [in Ukrainian].
7. Kazmir, V.A. (2020). Modernizatsiia strukturo-lohichnoi modeli orhanizatsiino-ekonomichnoho mekhanizmu funktsionuvannia rynku zerna: metodolohichni vymiry [Modernization of the structural-logical model of the organizational and economic mechanism of the grain market]. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia*, 442–447 [in Ukrainian].
8. Shandrivska, O.Ye., & Pyzh, O.V. (2024). Doslidzhennia eksportnoho potentsialu zernovoi promyslovosti Ukrainy v umovakh viiny [Research of the export potential of the grain industry of Ukraine under wartime conditions]. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*, 1(11), 259–270 [in Ukrainian].
9. Morhun, V.V., Havryliuk, M.M., Oksiom, V.P., Morhun, B.V., & Pochynok, V.M. (2014). Vprovadzhennia u vyrobnytstvo novykh, stiikykh do stresovykh faktoriv, vysokoproduktyvnykh sortiv ozymoi pshenytsi, stvorenykh na osnovi vykorystannia khromosomnoi inzhenerii ta marker-dopomizhnoi selektsii [Introduction into production of new stress-resistant and high-yielding winter wheat varieties created using chromosome engineering and marker-assisted selection]. *Nauka ta innovatsii*, 105, 11–16 [in Ukrainian].
10. Samoiluk, M.O., Ustynova, H.L., Lozinskyi, M.V., Korkhova, M.M., & Ulich, O.L. (2023). Otsinkavrozhainykh ta adaptivnykh vlastyvostei novykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi [Evaluation of yield and adaptive properties of new winter soft wheat varieties]. *Visnyk ahraryi nauky*, 2(101), 34–42 [in Ukrainian].
11. Korkhova, M.M., Nikonchuk, N.V., & Panfilova, A.V. (2021). Adaptivnyi potentsial novykh sortiv pshenytsi ozymoi v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Adaptive potential of new winter wheat varieties under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovi visnyk*, 122, 48–55 [in Ukrainian].
12. Kyrylenko, V.V. (2014). Tradytsiini ta suchasni metody selektsii *Triticum aestivum* L. u Myronivskomu instytuti pshenytsi imeni V. M. Remesla [Traditional and modern breeding methods of *Triticum aestivum* L. at the Myronivka Institute of Wheat named after V. M. Remeslo]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*, 4(25), 41–46 [in Ukrainian].
13. Samoiluk, M.O., & Lozinskyi, M.V. (2023). Osoblyvosti uspadkuvannia v F_1 i transhresyvnna minlyvist v populatsiakh F_2 masy zerna z holovnoho kolosa za skhreshchuvannia pshenytsi miakoi ozymoi riznykh ekotypiv [Features of inheritance in F_1 and transgressive variability in F_2 populations for main ear grain weight in crosses of different winter wheat ecotypes]. *Ahrarni innovatsii*, 22, 154–161 [in Ukrainian].
14. Lozinskyi, M.V. (2016). Inheritance and grain weight transgressive variability per plant in hybrid winter wheat (*T. aestivum* L.), obtained from the hybridization of various ecotypes. *Ahrobiolohiia*, 1, 22–28.
15. Chernobai, Yu.O., Riabchun, V.K., Yarosh, A.V., & Morhunov, O.I. (2019). Elementy produktyvnosti ta vrozhaivosti zrazkiv pshenytsi miakoi ozymoi v zalezhnosti vid pokhodzhennia [Productivity elements and yield of winter soft wheat accessions depending on origin]. *Henetychni resursy roslyn*, 24, 47–54 [in Ukrainian].
16. Rysin, H.B., Demydov, O.A., Volohdina, H.B., Humeniuk, O.V., & Pykalo, S. V. (2024). Transhresyvnna minlyvist u populatsiakh F_2 , F_3 pshenytsi miakoi ozymoi za oznakamy produktyvnosti v umovakh Lisostepu Ukrainy [Transgressive variability in F_2 , F_3 populations of winter soft wheat for productivity traits in the Forest-Steppe zone of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 24, 206–213 [in Ukrainian].
17. Murashko, L.A., Humeniuk, O.V., Kyrylenko, V.V., Zamilia, N.P., Suddenko, Yu.M., & Novytska, N.V. (2024). Adaptivni vlastyvosti ta selektsiina tsinnist hibrydnykh kombinatsii F_3 pshenytsi miakoi ozymoi za oznakamy produktyvnosti kolosa [Adaptive properties and breeding value of F_3 hybrid combinations of winter soft wheat by ear productivity traits]. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 2(108) [in Ukrainian].
18. Burdeniuk-Tarasevych, L.A. (2017). Vykorystannia henetychnoi nestabilnosti Chornobylskykh mutantiv v selektsii *Triticum aestivum* L. na adaptivnist [Use of genetic instability of Chernobyl mutants in wheat breeding for adaptability]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv*, 21, 112–116 [in Ukrainian].
19. Vasylykivskiy, S.P., & Kochmarskyi, V.S. (2016). *Selektsiia i nasinnnytstvo polovykh kultur* [Breeding and seed production of field crops]. Bila Tserkva: Myronivska drukarnia, 376 [in Ukrainian].
20. Mazur, O.V., Mazur, O.V., & Lozinskyi, M.V. (2020). *Selektsiia ta nasinnnytstvo polovykh kultur* [Breeding and seed production of field crops]. Vinnytsia: TVORY, 348 [in Ukrainian].
21. Burdeniuk-Tarasevych, L.A. (2004). Rezultaty vykorystannia Chornobylskykh radiomutatsii v ozymii pshenytsi yak dzherel tsinnykh vlastyvostei pry hibrydyzatsii [Results of using Chernobyl radiomutations in winter wheat as sources of valuable traits in hybridization]. *Zbirnyk naukovykh prats ITsB UAAN*, 7, 27–38 [in Ukrainian].
22. Burdeniuk-Tarasevych, L.A. (2011). Viddaleni naslidky dii khronichnoho oprominennia roslyn *T. aestivum* L. v zoni vidchuzhennia ChAES v 1986–1987 rr. [Long-term effects of chronic irradiation on *T. aestivum* L. plants in the Chernobyl exclusion zone in 1986–1987]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv*, 10, 90–95 [in Ukrainian].
23. Burdeniuk-Tarasevych, L.A. (2016). Formotvorchyi protses u ozymoi pshenytsi *Triticum aestivum* L. vprovodzh 30 pokolin yak rezultat pisliadii Chornobylskoi katastrofy [Formation process in winter wheat *Triticum aestivum* L. over 30 generations as a result of the after-effects of the Chernobyl catastrophe]. *Biodiversity after the Chernobyl Accident. Part II. The scientific proceedings of the International network AgroBio/Net*, 29–33 [in Ukrainian].

24. Amagai, Y., Burdenyuk-Tarasevych, L.A., Goncharov, N.P., & Watanabe, N. (2017). Microsatellite mapping of the loci for false glume and semi-compact spike in *Triticum* L. *Genetic Resources and Crop Evolution*.
 25. Burdeniuk, L.A. (1997). Pro mozhlyvist vykorystannia Chornobyl'skykh radiomutantiv dlia selektsii ozymoi pshenytsi [On the possibility of using Chernobyl radiomutants for winter wheat breeding]. *Udoskonalennia metodiv selektsii ta nasinnystva zernovykh, zernobobovykh ta krupianykh kultur*, 68–85 [in Ukrainian].
 26. Burdeniuk-Tarasevych, L.A. (2007). Rezultaty ta perspektyvy selektsii ozymoi miakoi pshenytsi na pidvyshchenu adaptyvniost dlia umov Lisostepu i Polissia Ukrainy [Results and prospects of winter soft wheat breeding for increased adaptability to Forest-Steppe and Polissia conditions]. *Naukovo-tehnichniy biuletyn Myronivskoho instytutu pshenytsi*, 6(7), 48–56 [in Ukrainian].
 27. Burdeniuk-Tarasevych, L.A., & Lozynskyi, M.V. (2015). Pryntsypy pidboru par dlia hibrydyzatsii v selektsii ozymoi pshenytsi *T. aestivum* L. na adaptyvniost do umov dovkillia [Principles of pair selection for hybridization in breeding of winter wheat *T. aestivum* L. for environmental adaptability]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv*, 16, 92–96 [in Ukrainian].
 28. Burdeniuk-Tarasevych, L.A., & Buzynnyi, M.V. (2021). Bilotserkivski sorty pshenyts: miaki ozymy (*Triticum aestivum* L.), spelty ozymy (*Triticum spelta* L.): aprobat-siini oznaky, biolohichni osoblyvosti pshenyts ta realizatsiia yikh potentsialu v umovakh Lisostepu, Polissia i Stepu Ukrainy [Bila Tserkva wheat varieties: soft winter (*Triticum aestivum* L.), spelt winter (*Triticum spelta* L.): morphological traits, biological features, and potential realization in different Ukrainian zones]. *Bila Tserkva*, 47 [in Ukrainian].
 29. Morhun, V.V., & Yakymchuk, R.A. (2010). *Henetychni naslidky avarii na Chornobyl'skii AES [Genetic consequences of the Chernobyl disaster]*. Kyiv: Lohos, 400 [in Ukrainian].
 30. Yakymchuk, R.A. (2018). Kharakter uspadkuvannia dovzhyny stebila karlykovykh mutantamy pshenytsi miakoi ozymoi, otrymanykh v zoni Chornobyl'skoi AES [Inheritance of stem length by dwarf mutants of winter soft wheat obtained in the Chernobyl zone]. *Fiziolohiia roslyn i henetyka*, 50(1), 46–58. <https://doi.org/10.15407/frg2018.01.046> [in Ukrainian].
 31. Gilliam, M., Able, J.A., & Roy, S.J. (2017). Translating knowledge about abiotic stress tolerance to breeding programmes. *Plant Journal*, 90(5), 898–917. <https://doi.org/10.1111/tpj.1345636>
 32. Tkachyk, S.O., Leshchuk, N.V., & Prysiashniuk, O.I. (2016). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzы sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna. [Methodology for conducting variety testing for suitability for distribution in Ukraine. General part (4th ed.)]*. Vinnytsia: Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 120 [in Ukrainian].
 33. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., & Kalenska, S.M., et al. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navchalnyi posibnyk u 2 knyakh. Knyha 2. Statystychna obrobka rezul'tativ doslidzhen [Research practice in agronomy: textbook in 2 volumes. Book 2. Statistical processing of research results]*. Kharkiv: Maidan, 352 [in Ukrainian].
 34. Ermantraut, E.R., Karpuk, L.M., Vakhnii, S.P., Kozak, L.A., Pavlichenko, A. A., & Filipova, L.M. (2018). *Metodyka naukovykh doslidzhen [Research methodology]*. Bila Tserkva: Bilotserkivdruk, 104 [in Ukrainian].
 35. Polovyi, A.M., Bozhko, L.Yu., & Volvach, O.V. (2004). *Osnovy ahrometeorolohii [Fundamentals of agrometeorology]*. Odesa: TES, 150 [in Ukrainian].
- Долгальова Ю.А., Лозинський М.В., Самойлик М.О., Дубова О.А., Філіцька О.О., Устинова Г.Л. Особливості формування озерненості головного колоса у спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої**
- Мета** досліджень – встановлення закономірностей формування кількості зерен у головному колосі спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої залежно від генотипу та метеорологічних умов року.
- Методи.** В умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків у 2016–2018 рр. досліджували 10 спельтоподібних RM-зразків чорнобильських радіомутантів пшениці озимої. Дослідження проводили відповідно до Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Визначали середню арифметичну ($\bar{x}$), мінімальне та максимальне значення (min–max) кількості зерен у головному колосі, дисперсію (S^2), коефіцієнт варіації (V , %). Гомеостатичність (Hom) і селекційну цінність (Sc) розраховували за В. В. Хангільдіним і М. А. Литвиненком (1981). Статистична обробка отриманих біометричних даних проводилася з використанням комп'ютерних програм Excel 2019 та Statistica, 12.0.
- Результати.** Виявлено значну контрастність за температурним режимом і кількістю опадів та їх розподілом у роки проведення експерименту, що сприяло всебічній оцінці їх впливу на формування кількості зерен у головному колосі спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої. Найменша мінливість кількості зерен за роки досліджень визначена у RM-10 (4,4 шт.) і RM-7 (10,3 шт.) за незначних коефіцієнтів варіації – 2,8 % та 8,4 % відповідно. Водночас найбільша варіабельність за кількістю зерен встановлена у RM-3 (33,4 шт.), RM-8 (32,6 шт.) і RM-1 (29,9 шт.) із значним фенотиповим коефіцієнтом варіації 25,1; 25,5; 23,4 % відповідно.
- Висновки.** Виділено спельтоподібні радіомутанти RM-1 (58,0 шт.); RM-5 (57,9 шт.); RM-3 (56,9 шт.); RM-8 і RM-9 – 56,4 шт., які за кількістю зерен у головному колосі в середньому за три роки суттєво перевищили середній по досліді показник – 54,2 шт. зерен. Проведена оцінка за кількістю зерен у головному колосі і показниками стабільності спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої визначає їх індивідуальну реакцію на умови навколишнього середовища, а тому і диференційовану селекційну цінність. За найбільшого показника гомеостатичності і селекційної цінності ($Hom = 2039$; $Sc = 51,1$) виділено радіомутант RM-10, який перевищив середню по досліді кількість зерен на 1,1 шт. Виділені спельтоподібні RM-зразки пшениці озимої залучені у селекційні програми Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.
- Ключові слова:** адаптивність, селекційний процес, мутації, продуктивність рослин, коефіцієнт варіації, гомеостатичність, селекційна цінність.

Dolhalova Yu.A., Lozinskyi M.V., Samoilyk M.O., Dubova O.A., Filitska O.O., Ustynova H.L. Peculiarities of grain number formation in the main spike of spelt-like Chornobyl radiomutants of winter wheat

Purpose. The aim of the study was to identify the regularities of grain number formation in the main spike of spelt-like Chornobyl radiomutants of winter wheat depending on genotype and meteorological conditions of the year.

Methods. The study was conducted at the Bila Tserkva Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet during 2016–2018. Ten spelt-like RM accessions of Chornobyl radiomutants of winter wheat were examined. The research was carried out in accordance with the Methodology for the Qualification Examination of Plant Varieties for Suitability for Distribution in Ukraine. The arithmetic mean ($\bar{x}$), minimum and maximum (min–max) grain number per main spike, variance (S^2), and coefficient of variation (V , %) were determined. Homeostaticity (H_{om}) and breeding value (Sc) were calculated according to V. V. Khangildin and M. A. Lytvynenko (1981). Statistical processing of biometric data was performed using Microsoft Excel 2019 and Statistica 12.0 software packages. **Results.** Considerable contrast in temperature regime and precipitation amount and distribution during the study years enabled a comprehensive assessment of their effect on the formation of grain number in the main spike of spelt-like Chornobyl radiomutants of winter wheat. The lowest variability in grain number across the years was found in RM-10 (4.4 grains) and RM-7 (10.3 grains), with

low coefficients of variation – 2.8 % and 8.4 %, respectively. In contrast, the highest variability was recorded in RM-3 (33.4 grains), RM-8 (32.6 grains), and RM-1 (29.9 grains), with high phenotypic coefficients of variation of 25.1 %, 25.5 %, and 23.4 %, respectively. **Conclusions.** The spelt-like radiomutants RM-1 (58.0 grains), RM-5 (57.9 grains), RM-3 (56.9 grains), RM-8 and RM-9 (56.4 grains) exceeded the experimental average (54.2 grains per main spike) over three years. The evaluation of grain number per main spike and stability parameters of the spelt-like Chornobyl radiomutants of winter wheat revealed their individual responses to environmental conditions and, consequently, differentiated breeding values. The radiomutant RM-10, which demonstrated the highest homeostaticity and breeding value ($H_{om} = 2039$; $Sc = 51.1$), exceeded the experimental mean grain number by 1.1 grains. The selected spelt-like RM accessions of winter wheat have been included in the breeding programs of the Bila Tserkva Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine.

Key words: adaptability, breeding process, mutations, plant productivity, coefficient of variation, homeostaticity, breeding value.

Дата першого надходження рукопису до видання: 29.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 27.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025