

УДК 664.7.004.12:631.526.3:633.11
© 2017

Г.М. ГОСПОДАРЕНКО,
доктор сільськогосподарських наук

В.В. ЛЮБИЧ,
І.О. ПОЛЯНЕЦЬКА,
Н.В. ВОРОБІЙОВА,
кандидати сільськогосподарських наук

Уманський національний
університет садівництва, Україна
E-mail: lyubichv@gmail.com
вул. Інститутська, 1, м. Умань

**ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА
РІЗНИХ СОРТІВ
І ЛІНІЙ ПШЕНИЦЬ**

Представлено результати вивчення лінійних розмірів зернівок, параметри борозенки, ширини її петлі, геометричної характеристики та фізичних властивостей зерна різних сортів і ліній пшениці м'якої, пшениці щільноколосої, пшениці ефіопської. Для зерна пшениць властивий великий діапазон лінійних розмірів зернівок. Найпоширеніші – видовжена та овальна форми зернівок. З'ясовано сорти та лінії пшениці, зерно яких має найменшу глибину та ширину петлі борозенки. Доведено, що лінійні розміри, об'єм зернівки, її сферичність, щільність зерна з порами і без пор змінюються і залежать від сорту та лінії пшениці. Найкраще забезпечене повітрям зерно сорту Вдала і лінії LPP 2793.

Ключові слова: пшениця м'яка, пшениця щільноколоса, пшениця ефіопська, лінійні розміри, фізико-механічні властивості, борозенка.

Постановка проблеми. Фізико-механічні властивості будь-якої культури є важливими показниками; їх намагаються зберегти в післязбиральний період, оскільки зерно зазнає руйнування, перемішування та сегрегації під час транспортування. Ці властивості враховують у процесі проектування та розрахунку технологічного обладнання, формування моделей та емпіричних математичних залежностей для встановлення оптимальних раціональних параметрів робочих органів машин [1].

Пшениця – стратегічна зернова культура, оскільки займає чільне місце серед продовольчого зерна на ринку [2]. Одним із напрямів підвищення продуктивності пшениці є використання її малопоширених видів [3]. Пшениця щільноколоса, компактна, карликова (*Triticum compactum* Host) харак-

теризується високою стійкістю до вилягання, до дії низьких температур, вмістом білка до 22 %. Пшениця ефіопська (*Triticum aethiopicum* Jakubz.) – ранньостигла, має гени стійкості до ураження збудниками стеблової та бурої іржі, кореневих гнилей, вміст білка до 26 % [4]. Крім цього, в умовах виробництва використовуються білозерні м'якозерні, а також сорти пшениці, створені, гібридизацією *Triticum aestivum* / *Triticum spelta* [5]. Проте фізико-механічні властивості зерна сортів і ліній згаданих видів пшениць не вивчено.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Лінійні розміри зернівок пшениці змінюються в широкому діапазоні залежно від сорту. Так, довжина змінюється від 4,2 до 8,6 мм, ширина – від 1,6 до 4,0, товщина – від 1,5 до 3,8 мм [6]. Зміни в розмірах впливають

на об'єм зернівки, площу зовнішньої поверхні, сферичність та відношення V/F , що характеризують вирівняність за крупністю, яка впливає на ведення технологічного процесу [7]. Форма та лінійні розміри зерна впливають на вибір сит сепараторів, а також на характеристику лушильних машин. Крім того, геометрична характеристика зерна визначає щільність його при формуванні шару і особливості переміщення зерна під час транспортування. Чим більші геометричні розміри зерна, тим більший кут природного нахилу, що позитивно впливає на самотік зерна під час транспортування по самопливних трубах. У зв'язку зі складною структурою технологічних процесів для круп'яних заводів характерна значна протяжність шляхів обробки зернових продуктів у машинах і різних механізмах, яка сягає для середніх за потужністю заводів кількох кілометрів [8].

Фракційний склад і спосіб укладання є визначальними під час утворення структури зернового середовища. Коефіцієнт щільності укладання абсолютно розпушеного стану, сипкого матеріалу, тобто такої структури шару, яка знаходиться на межі псевдорозрідженого стану та відповідає нижній границі щільності укладання або найменшому значенню координатного числа. Щільність укладання має найнижче значення і зростає зі збільшенням розподілу еквівалентних діаметрів зерен [9]. Проте дослідження стосувалися сортів пшениці м'якої, створених традиційними методами селекції.

Мета роботи – встановити формування фізико-механічних властивостей зерна різних сортів і ліній пшениць.

Матеріали і методи досліджень. Експериментальну частину роботи проводили в лабораторії “Оцінювання якості зерна та зернопродуктів” кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва. Використовували зерно сортів пшениці м'якої: Подолянка, Вікторія одеська, Ластівка одеська, Ужинок, Кохана, Вдала, з фіолетовим забарвленням зернівки Чорноброва, створених в умовах Степу; Щедра нива, Мирхад, Славна, ство-

рених в умовах Лісостепу; селекції країн Європи Паннонікус (Австрія), Емеріно (Кіпр), Лупус (Австрія), Суасон (Франція), білозерної м'якозерної Кулундинка (Росія), Ас Мескінон (Канада); ліній пшениці щільноколосої Уманчанка, пшениці ефіопської ярої Ефіопська 1, лінії, отримані гібридизацією *Triticum aestivum* / *Triticum spelta* – LPP 2793, LPP 1314, LPP 3118, P 7 та інтрогресивні лінії NAK 46/12 і NAK 61/12, отримані гібридизацією *Triticum aestivum* / амфіплоїд (*Triticum durum* / *Ae. tauschii*), що вирощувалися в умовах Правобережного Лісостепу України. Контролем (стандартом) був районований сорт пшениці м'якої (національний стандарт) Подолянка (st). Лінійні розміри, параметри борозенки, геометричну характеристику та фізичні властивості визначали за методикою, описаною Г. О. Єгоровим [10]. Математичну обробку даних проводили методом однофакторного дисперсійного аналізу [11].

Результати дослідження та їх обговорення. Встановлено, що довжина зернівок пшениці істотно змінювалася залежно від сорту та лінії. Так, найдовшими були зернівки сорту Вдала – 6,6 мм із мінливістю від 6,0 до 7,2 мм ($V = 7\%$), що істотно більше порівняно зі стандартом ($HIP_{05} = 0,3$) – табл. 1. Довжина зернівок решти сортів змінювалася від 5,1 до 6,5 мм, проте коефіцієнт варіювання був незначним. Довжина зернівок ліній пшениці м'якої, отриманих гібридизацією *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, була істотно більшою та змінювалася від 6,9 до 7,6 мм із мінливістю від 6,0 до 8,1 мм ($V = 5-10\%$). Довжина зернівок ліній, отриманих гібридизацією *Tr. aestivum* / амфіплоїд (*Tr. durum* / *Ae. tauschii*) і *Tr. kiharae*, змінювалася від 6,7 до 7,2 мм, що також було істотно порівняно з контролем.

Відомо, що дуже довгою вважається зернівка довжиною ≥ 9 мм, довгою – 8–9, середньою – 6–8, короткою – 5–6 і дуже короткою – ≤ 5 мм. Встановлено, що рослини всіх сортів і ліній формували середню за довжиною зернівки, крім сорту пшениці білозерної Кулундинка та лінії пшениці щільноколосої, зернівки яких мали коротку зернівку.

Ширина зернівок пшениці озимої сорту Подолянка в середньому становила 2,9 мм з

1. Довжина зернівок сортів і ліній пшениць, мм

Сорт, лінія	Елементи варіаційної мінливості			Сорт, лінія	Елементи варіаційної мінливості		
	$x \pm S_x$	lim	$V, \%$		$x \pm S_x$	lim	$V, \%$
Подільянка (st)	6,3 ± 1,3	6,0–7,2	7	Кулундинка	5,1 ± 0,4	5,0–5,4	3
Вікторія одеська	6,0 ± 0,1	6,0–6,1	1	Уманчанка	5,1 ± 0,4	5,0–5,4	3
Ластівка одеська	6,1 ± 0,2	6,0–6,2	1	Ас Мескінон	6,1 ± 0,2	6,0–6,2	1
Ужинок	6,1 ± 0,2	6,0–6,2	1	Чорноброва	6,1 ± 0,3	6,0–6,3	2
Кохана	6,1 ± 0,3	5,9–6,2	2	Ефіопська 1	6,4 ± 1,3	6,0–7,1	7
Вдала	6,6 ± 1,4	6,0–7,2	7	Р 7	6,8 ± 1,6	6,0–7,6	8
Щедра нива	6,0 ± 0,1	6,0–6,1	1	LPP 1314	6,9 ± 1,9	6,0–8,0	10
Мирхад	6,0 ± 0,3	5,8–6,1	2	LPP 3118	7,4 ± 1,1	7,0–8,0	5
Славна	6,1 ± 0,2	6,0–6,2	1	LPP 2793	7,6 ± 1,3	7,0–8,1	6
Паннонікус	6,0 ± 0,1	6,0–6,1	1	NAK46/12	6,7 ± 1,3	6,0–7,3	7
Емеріно	6,1 ± 0,3	6,0–6,3	2	NAK61/12	7,2 ± 1,6	6,0–8,0	8
Лупус	6,1 ± 0,2	6,0–6,2	1	HIP ₀₅	0,3	-	-
Суасон	6,5 ± 0,6	6,2–6,9	3				

коефіцієнтом варіювання 6 % (табл. 2). Лише зернівки сорту Ластівка одеська були на рівні стандарту. У решти сортів і ліній пшениць рослини формували зернівки з істотно меншою

шириною ($HIP_{05} = 0,1$) – від 2,3 до 2,8 мм. Найменшу ширину зернівок формували рослини лінії пшениці щільнокосої Уманчанка – 2,3 мм із мінливістю від 2,0 до 2,6 мм ($V = 9\%$).

2. Ширина зернівок сортів і ліній пшениць, мм

Сорт, лінія	Елементи варіаційної мінливості			Сорт, лінія	Елементи варіаційної мінливості		
	$x \pm S_x$	lim	$V, \%$		$x \pm S_x$	lim	$V, \%$
Подільянка (st)	2,9 ± 0,5	2,6–3,1	6	Уманчанка	2,3 ± 0,6	2,0–2,6	9
Ужинок	2,8 ± 0,4	2,6–3,0	6	Кулундинка	2,4 ± 0,4	2,2–2,6	6
Вікторія одеська	2,8 ± 0,5	2,6–3,1	6	Ефіопська 1	2,5 ± 0,5	2,2–2,8	7
Вдала	2,8 ± 0,4	2,6–3,0	5	Ас Мескінон	2,6 ± 0,4	2,4–2,8	5
Кохана	2,8 ± 0,4	2,6–3,0	5	Чорноброва	2,8 ± 0,4	2,6–3,0	5
Ластівка одеська	2,9 ± 0,5	2,6–3,1	6	LPP 3118	2,4 ± 0,5	2,1–2,7	8
Щедра нива	2,8 ± 0,4	2,6–3,0	5	LPP 2793	2,5 ± 0,5	2,2–2,8	7
Славна	2,8 ± 0,5	2,5–3,0	6	Р 7	2,5 ± 0,5	2,2–2,8	7
Мирхад	2,8 ± 0,5	2,6–3,0	6	LPP 1314	2,8 ± 0,6	2,4–3,0	8
Емеріно	2,6 ± 0,4	2,4–2,8	5	NAK46/12	2,5 ± 0,4	2,3–2,8	6
Лупус	2,7 ± 0,4	2,4–2,8	5	NAK61/12	2,7 ± 0,6	2,4–3,0	8
Суасон	2,8 ± 0,4	2,6–3,0	5	HIP ₀₅	0,1	-	-
Паннонікус	2,8 ± 0,4	2,6–3,0	5				

3. Товщина зернівок сортів і ліній пшениць, мм




Сорт, лінія	Елементи варіаційної мінливості			Сорт, лінія	Елементи варіаційної мінливості		
	$x \pm S_x$	lim	$V, \%$		$x \pm S_x$	lim	$V, \%$
Подільянка (st)	$2,9 \pm 0,3$	2,8–3,0	3	Уманчанка	$2,3 \pm 0,5$	2,0–2,6	7
Ужинок	$2,8 \pm 0,4$	2,6–3,0	6	Кулундинка	$2,8 \pm 0,4$	2,6–3,0	5
Ластівка одеська	$2,9 \pm 0,4$	2,6–3,0	5	Ас Мескінон	$2,9 \pm 0,4$	2,6–3,0	5
Вікторія одеська	$2,9 \pm 0,2$	2,8–3,0	3	Чорноброва	$2,9 \pm 0,3$	2,7–3,0	4
Вдала	$2,9 \pm 0,3$	2,7–3,0	4	Ефіопська 1	$2,9 \pm 0,3$	2,7–3,0	4
Кохана	$2,9 \pm 0,3$	2,8–3,0	3	LPP 3118	$2,4 \pm 0,5$	2,1–2,7	8
Щедра нива	$2,9 \pm 0,3$	2,8–3,0	3	P 7	$2,4 \pm 0,5$	2,2–2,8	8
Славна	$2,9 \pm 0,4$	2,6–3,0	5	LPP 2793	$2,6 \pm 0,3$	2,4–2,8	5
Мирхад	$2,9 \pm 0,3$	2,8–3,0	3	LPP 1314	$2,8 \pm 0,7$	2,4–3,0	8
Лупус	$2,8 \pm 0,3$	2,6–3,0	4	NAK46/12	$2,5 \pm 0,4$	2,3–2,8	6
Емеріно	$2,9 \pm 0,3$	2,7–3,0	4	NAK61/12	$2,7 \pm 0,6$	2,4–3,0	8
Суасон	$2,9 \pm 0,2$	2,8–3,0	3				
Паннонікус	$2,9 \pm 0,3$	2,7–3,0	4	HIP ₀₅	0,1	-	-

Відомо, що до дуже широких відносять зернівки завширшки $> 2,0$ мм, середніх – $1,2–2,0$, вузьких – $< 1,2$ мм. Зернівки сортів і ліній пшениці спелти були дуже широкими.

Мало змінювалась і товщина зернівок сортів та ліній пшениць (табл. 3). Із 24 сортів і ліній товщину $2,9$ мм мали зернівки 14 пшениць, а в решті вона змінювалась від $2,3$ до $2,8$ мм. Зернівки всіх інтрогресивних ліній пшениці м'якої була істотно меншою порівняно з контролем.

Зернівки досліджуваних сортів і ліній пшениць мали різну форму, проте найпоширенішою була видовжена та овальна (табл. 4). Так, дуже видовженої форми були зернівки ліній LPP 2793 і LPP 3118, овальної – зернівки сортів Ластівка одеська, Вікторія одеська, Щедра нива, Мирхад, Паннонікус, Кулундинка, Ас Мескінон, видовжену зернівку мали сорти Подільянка, Ужинок, Вдала, Кохана, Славна, Емеріно, Суасон, Лупус,

4. Форма зернівок сортів і ліній пшениць

Формула	Форма зернівки		Сорт, лінія
$l = 2a = 2b$		овальна	Ластівка одеська, Вікторія одеська, Щедра нива, Мирхад, Паннонікус, Кулундинка, Ас Мескінон
$2a \leq l \leq 2b$ $2a < l < 3a$ $2b < l < 3b$		видовжена	Подільянка, Ужинок, Вдала, Кохана, Славна, Емеріно, Суасон, Лупус, Чорноброва, Ефіопська 1, Уманчанка, LPP 1314, P 7, NAK46/12, NAK61/12
$3a \leq l \leq 3b$		дуже видовжена	LPP 2793, LPP 3118

Чорноброва, лінії LPP 1314, P 7, NAK 46/12 і NAK 61/12.

З'ясовано, що відношення глибини борозенки до товщини зернівки пшениць істотно змінювалося і залежало від сорту та лінії (рис. 1). За цим показником привертають увагу лінії Ефіопська 1, Уманчанка і сорти Кулундинка і Чорноброва, хоча значення показників їх істотно нижчі, ніж у сорта Подольянка (st), у зернівках якого цей показник становив 0,45. Очевидно, що зерно проаналізованих ліній і сортів характеризується кращими борошномельними властивостями. Відношення глибини борозенки до товщини зернівки решти сортів

пшениці м'якої зареєстровано на 11–31 % вищим за стандарт, зерно інтрогресивних ліній пшениці мало цей показник вищим на 11–49 %.

Найнижчим відношення ширини петлі борозенки до ширини було в зернівок сортів Подольянка, Чорноброва, Емеріно та Кулундинка і лінії Уманчанка, що свідчить про менш розвинену петлю борозенки (рис. 2). У зернівок решти сортів і ліній пшениці відношення було істотно вищим ($HIP_{05} = 0,01$) та змінювалось від 0,11 до 0,25.

Показники геометричної характеристики зернівок і фізичні властивості зерна пшениці також залежали від сорту та лінії (табл. 5, 6).

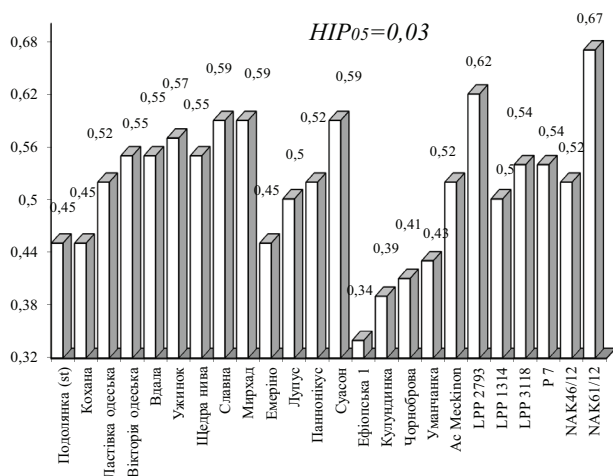


Рис. 1. Відношення глибини борозенки до товщини зернівки різних сортів і ліній пшениці

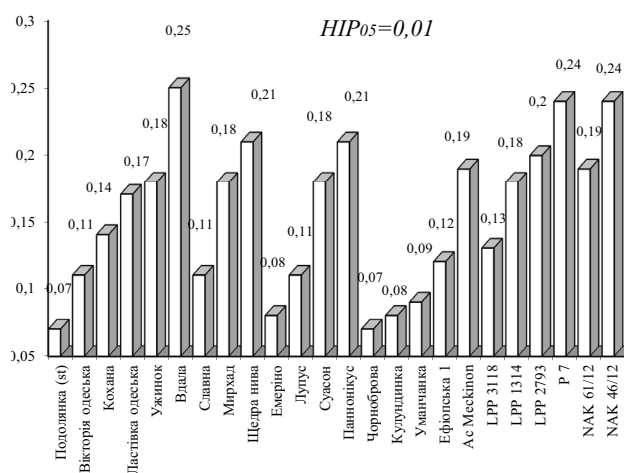


Рис. 2. Відношення ширини петлі борозенки до ширини зернівки різних сортів і ліній пшениці

5. Геометрична характеристика зернівок різних сортів і видів пшениці

Сорт, лінія	Об'єм зернівки (V), мм ³	Площа зовнішньої поверхні (F), мм ²	Питома поверхня, мм ² /мм ³	Відношення V/F	Сферичність
Подільянка (st)	27,6	66,0	2,39	0,42	0,67
Ужинок	24,9	61,0	2,45	0,41	0,68
Вікторія одеська	25,3	62,1	2,45	0,41	0,67
Кохана	25,8	63,1	2,45	0,41	0,67
Ластівка одеська	26,7	63,8	2,39	0,42	0,68
Вдала	27,9	68,7	2,47	0,41	0,65
Щедра нива	25,3	62,1	2,45	0,41	0,67
Мирхад	25,3	62,1	2,45	0,41	0,67
Славна	25,8	63,1	2,45	0,41	0,67
Емеріно	23,9	61,9	2,59	0,39	0,65
Лупус	24,0	60,4	2,52	0,40	0,67
Паннонікус	25,3	62,1	2,45	0,41	0,67
Суасон	27,4	67,6	2,46	0,41	0,65
Уманчанка	14,0	38,7	2,76	0,36	0,72
Кулундинка	17,8	48,8	2,74	0,37	0,67
Ас Мескіноп	23,9	61,9	2,59	0,39	0,65
Ефіопська 1	24,1	64,7	2,68	0,37	0,62
Чорноброва	25,8	63,1	2,45	0,41	0,67
Р 7	21,2	59,3	2,80	0,36	0,62
LPP 3118	22,2	66,3	2,99	0,33	0,58
LPP 2793	25,7	73,2	2,85	0,35	0,57
LPP 1314	28,1	70,2	2,49	0,40	0,64
NAK46/12	21,8	60,0	2,76	0,36	0,63
NAK61/12	27,3	71,2	2,61	0,38	0,62
НІР ₀₅	1,1	2,8	0,13	0,02	0,03

Проте лише зернівки сортів Вдала і Суасон мали об'єм, що був на рівні стандарту, і змінювався від 27,4 до 27,9 мм³, та ліній LPP 1314 і NAK61/12 – від 27,3 до 28,1 мм³. Найменший об'єм мали зернівки лінії Уманчанка і пшениці білозерної сорту Кулундинка. Відзначимо, що їхні зернівки мали найменшу

площу зовнішньої поверхні, яка становила відповідно 38,7 і 48,8 мм² проти 73,2 мм² у зернівок лінії LPP 2793.

Найбільшу сферичність мали зернівки лінії Уманчанка – 0,72, а найменшу зернівки лінії LPP 2793 – 0,57. Питома поверхня зернівок змінювалась від 2,39 до 2,99 мм²/мм³,

6. Фізичні властивості зернової маси сортів і видів пшениці

Сорт, лінія	Щільність, г/см ³		Питомий об'єм, см ³ /г	Забезпечення зерна повітрям, м ³ /т	Щільність укладання, %	Шпаруватість, %
	з порами	без пор				
Подільянка (st)	0,81	1,22	1,24	5,21	66,1	33,9
Вдала	0,71	1,22	1,41	8,32	58,2	41,8
Ластівка одеська	0,76	1,19	1,31	6,16	64,1	35,9
Кохана	0,80	1,23	1,25	5,50	64,8	35,2
Вікторія одеська	0,81	1,19	1,24	4,96	67,7	32,3
Ужинок	0,82	1,32	1,22	5,61	62,3	37,7
Щедра нива	0,80	1,25	1,25	5,63	64,0	36,0
Славна	0,80	1,23	1,25	5,50	64,8	35,2
Мирхад	0,80	1,33	1,25	6,25	60,0	40,0
Емеріно	0,80	1,33	1,25	6,25	60,0	40,0
Суасон	0,80	1,10	1,25	4,25	72,8	27,2
Лупус	0,80	1,18	1,25	5,00	68,0	32,0
Паннонікус	0,80	1,35	1,25	6,38	59,2	40,8
Ac Meskinon	0,77	1,11	1,30	5,20	69,2	30,8
Чорноброва	0,77	1,16	1,30	5,72	66,2	33,8
Кулундинка	0,80	1,25	1,25	5,63	64,0	36,0
Ефіопська 1	0,80	1,23	1,25	5,50	64,8	35,2
Уманчанка	0,80	1,23	1,25	5,50	64,8	35,2
LPP 3118	0,76	1,22	1,31	6,42	62,6	37,4
LPP 2793	0,77	1,35	1,30	7,28	56,9	43,1
P 7	0,77	1,25	1,30	6,50	61,5	38,5
LPP 1314	0,83	1,23	1,20	4,68	67,5	32,5
NAK61/12	0,80	1,19	1,25	5,13	67,2	32,8
NAK46/12	0,83	1,25	1,21	4,96	66,1	33,9
НІР ₀₅	0,04	0,06	0,07	0,25	2,9	1,7

а відношення V/F – від 0,30 до 0,42 залежно від сорту та лінії пшениці.

Щільність зерна, залежно від сорту та лінії пшениці, з порами змінювалася від 0,71 до 0,83 г/см³, а без пор – від 1,10 до 1,25 г/см³. Найкраще забезпечене пові-

трям було зерно сорту Вдала і лінії LPP 2793, проте щільність його укладання була найнижчою.

Забезпечення зерна повітрям решти сортів і ліній становила 4,93–6,50 м³/т. Щільність укладання була високою.

Висновки

Лінійні розміри, характеристика глибини, ширини петлі борозенки, крупність і вирівняність зерна змінюється залежно від сорту та лінії пшениць. Для зерна пшениць властивий широкий діапазон лінійних розмірів зернівок: довжина – від 5,1 до 7,6 мм, проте ширина та товщина змінюються від 2,3 до 2,9 мм і залежать від сорту та лінії. Найпоширеніша – видовжена та овальна

форми зернівок. З'ясовано, що зерно сортів пшениці м'якої озимої Подолянка, Кохана, Емеріно, Кулундинка та Чорноброва і лінії пшениці ефіопської Ефіопська 1 та пшениці щільноколосої Уманчанка мають найменшу глибину та ширину петлі борозенки. Найкращими фізичними властивостями характеризується зерно сорту Вдала та лінії LPP 2793.

Бібліографія

1. Barroso M. The use of curvature and measures to discriminate among equilibrium moisture equations for mustard seed / M. Barroso, A. Silva, D. Oliveira // J. of Stored Products Research. – 2008. – V. 44. – P. 67–70.
2. Унікальні за хлібопекарською якістю зерна селекційні лінії пшениці з рідкісними алелями Gli/Glu-локусів / В.В. Моргул, О.І. Тарасюк, В.М. Починюк, О.І. Рибалка // Физиология растений и генетика. – 2014. – Т. 46, № 4. – С. 302–308.
3. Успадкування вмісту білка та клейковини гібридами F4–5 Triticum aestivum / Triticum spelta / В.В. Любич, І.О. Жекова, О.Г. Сухомуд, Ф.М. Парій // Збірник наукових праць Львівського НАУ. – 2012. – № 16. – С. 74–81.
4. Searching for wheat resistance to aphids and wheat bulb fly in the historical Watkins and Gediflux wheat collections / G.I. Aradottir, J.L. Martin, S.J. Clark, J.A. Pickett, L.E. Smart // Ann Appl Biol. – Vol. 170. – P. 179–188.
5. Пшениця спельта [Господаренко Г.М., Костогриз П.В., Любич В.В., Парій Ф.М., Полторецький С.П., Полянецька І.О., Рябовол Л.О., Рябовол Я.С., Сухомуд О.Г.]; за заг. ред. Г.М. Господаренка. – К.: ТОВ “СІК ГРУП Україна”, 2016. – 312 с.
6. Suppression of glucan, water dikinase in the endosperm alters wheat grain properties, germination and coleoptile growth / A.F. Bowerman, M. Newberry, A.S. Dielen, A. Whan, O. Larroque, J. Pritchard, F. Gubler, S.A. Howitt, B.J. Pogson, M.K. Morell, J.P. Ral // Plant Biotechnol. – 2016. – V. 14. – P. 398–408.
7. Алієв Е.Б. Дослідження аеродинамічних властивостей насіння олійних культур / Е.Б. Алієв, І.А. Шевченко // Вісник аграрної науки. – 2017. – № 2. – С. 63–65.
8. Осокіна Н.М. Технологічна оцінка зерна пшениці та тритикале для круп'яного виробництва / Н.М. Осокіна, К.В. Костецька // Вісник Уманського НУС. – 2015. – № 2. – С. 28–33.
9. Овсянникова Л. Ефективне очищення насіння від важковідокремлюваних домішок / Л. Овсянникова, С. Орлова, Г. Гончарук // Зерно і хліб. – 2007. – № 2. – С. 24–25.
10. Егоров Г.А. Технологія муки. Технологія крупы / Г.А. Егоров. – М.: Колос, 2005. – 296 с.
11. Основи наукових досліджень в агрономії / Єценко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. – К., 2005. – 286 с.