

УДК 633. 11:575.19

А. В. ЯРОШ, В. К. РЯБЧУН, О. Ю. ЛЕОНОВ, С. Ю. ДІДЕНКО, Л. П. КОПИТІНА,  
Т. В. САХНО, Т. А. ШЕЛЯКІНА

*Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН  
Національний центр генетичних ресурсів рослин України  
Московський пр., 142, м. Харків, 61060, Україна  
E-mail: ncrgru@gmail.com*

## МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТВЕРДОСТІ ЗЕРНА У ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

У статті викладено методологію оцінки твердості зерна на твердомірі YPD-300D та результати вивчення твердості зерна у зразків пшениці м'якої озимої колекції НЦГРУ за період 2009-2013 рр. Швидкісна система оцінки твердості зерна значною мірою сприяє прискоренню селекційного процесу по створенню пшениць бісквітного напрямку використання. Розроблено шкалу та методологію оцінки твердості зерна для колекційних зразків пшениці м'якої озимої для користування твердоміром YPD-300D. Дана методологія полягає в попередньому підборі за багаторічними даними еталонів різних рівнів прояву твердості зерна на приладах ПСХ-4 (за розміром часток борошна, мк), "Інфралюму ФТ-10" (за інфрачервоним випромінюванням, мкм) та їхній контрольній перевірці на YPD-300D (за силою, Н), що в свою чергу дозволяє побудувати шкалу оцінки твердозерності. Зерно пшениці м'якої розподіляється за твердістю на п'ять груп для формування ознакової колекції та оцінки селекційного матеріалу. Розроблено експрес-метод оцінки твердості зерна зразків пшениці м'якої в польових умовах за зусиллям під час проведення зрізу зернівки і борошністістю, яка визначається візуально за дев'ятибальною шкалою. Оцінювання твердості зерна на основі розробленої шкали приладом YPD-300D і використання цінних джерел та еталонів для форм кондитерського напрямку використання, може суттєво прискорити оцінку колекційних зразків та селекційний процес на шляху створення м'якозерних пшениць.

**Ключові слова:** *пшениця м'яка озима, кондитерські вироби, ознака, твердість зерна, борошністість, вивчення, джерело, еталон.*

### ВСТУП

Одним із важливих критеріїв технологічних властивостей зерна пшениці м'якої є дисперсність борошна, що обумовлена структурою ендосперма зернівки, його твердістю. Твердозерні форми при загальноприйнятих режимах помелу дають, крупчасте, розсипчасте борошно, а з м'якозерних форм при тих же режимах помелу утворюється дрібне, пилоподібне борошно. Твердозерним сортам здавна надавались переваги перед м'якозерними при хлібопечінні. У м'якозерних пшениць м'яких встановлена тісна кореляція між дисперсністю борошна та його хлібопекарською характеристикою [1]. Кондитерські вироби з борошна спеціальних м'якозерних зразків пшениці мають низку переваг за якістю у порівнянні з випічками отриманими на основі борошна звичайної хлібопекарської пшениці. Вищу якість бісквітів зумовлюють декілька основних фізико-хімічних властивостей: більш низька водопоглинальна здатність борошна, тонкокрупчаста структура, характерна природна розпушеність та низький відсоток ушкоджених крохмальних гранул [2]. Бісквіти відрізняються від хліба, передусім, високим вмістом цукру, що становить майже третину загальної маси тіста. Звідси і особливі вимоги до

кондитерського борошна. Воно має бути якомога менш гідрофільним, тобто поглинати небагато води, яку додають до тіста. Оскільки помел м'яких пшениць вбирає обмаль води, більша її частина йде на розчинення цукру, що поліпшує дифузію сиропу в тісті. Такий заміс здатний деякий час залишатися рідким за високих температур випікання, що забезпечує потрібне розширення його під дією розпушувачів, а отже, й значно підвищує якість кінцевого продукту [3]. Через доступність більшої кількості вуглеводів як субстрату для дріжджів борошно із зерна сортів м'якої пшениці з твердим ендоспермом є кращим для випічки дріжджового хліба, з м'яким – бездріжджового і кондитерських виробів (сухого печива, кексів, тортів та ін.) [4]. З відомих методів виміру твердості зерна широко використовуються два: визначення індексу розміру часток (particle size index, PSI) за часткою виходу борошна, просіяного через сита певного розміру, і застосування інфрачервоної спектроскопії в близькому діапазоні випромінювань (near infrared spectrometry, NIRS). Також широко використовується Single Kernel Characterization System 4100 (SKCS) (Perten Instruments North America Inc., США). На цих методах також базується оцінка твердості зерна при селекції. Для даних приладів існують наступні шкали оцінки твердозерності [5, 6, 7].

Дослідження твердості зерна проводились і стосовно тритикале, в результаті яких зразки даної культури за дисперсністю борошна було розподілено на три групи (твердозерні, напів'якозерні та м'якозерні) і побудовано відповідну шкалу для оцінки твердості зерна [8].

Якість борошна для кондитерських виробів відрізняється за показниками, які важливі для борошна хлібопекарських пшениць. Вони загалом протилежні показникам якості, встановленим для борошна хлібопекарських пшениць. На сьогоднішній час в Україні створено лише два сорти м'якозерної пшениці – Оксана та Білява в Селекційно-генетичному інституті, які характеризуються необхідними показниками для бісквітних пшениць. Але таких сортів з комплексом цінних господарських ознак в Україні мало. З метою прискорення їх створення в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ) для промислових партій зерна формуються ознакові колекції за цінними господарськими ознаками та твердістю зерна. Для правильного підбору зразків з необхідною твердістю зерна слід методично підходити до їх виділення. Мета нашої роботи полягала в розробці методології оцінки твердості зерна колекційних зразків пшениці м'якої озимої при користуванні твердоміром YPD-300D і виділенні цінних джерел та еталонів м'якозерності.

### МАТЕРІАЛИ, УМОВИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Матеріалом дослідження був 231 зразок пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) озимої з 22 країн: в т.ч. – 36 (UKR), 6 (RUS), 2 (BLR), 2 (MOL), 1 (CHN), 1 (GEO), 2 (TKM), 2 (TAJ), 5 (KAZ), 25 (IRN), 16 (TCI), 44 (TUR), 3 (BGR), 18 (SVK), 1 (LTU), 7 (ROU), 3 (HUN), 2 (CZE), 1 (DEU), 2 (FRA), 23 (CAN), 29 (USA).

Виконання проведених досліджень здійснювалося в лабораторії генетичних ресурсів зернових культур НЦГРРУ, Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Досліди були закладені відповідно до вимог селекційних польових експериментів. Посів проводився селекційною сівалкою ССФК-7 на ділянках площею 2 м<sup>2</sup> при нормі висіву 4,5 млн. зерен на 1га стандартним методом. Статистична обробка результатів була проведена згідно методики Б. А. Доспехова [9]. Пряме визначення твердості зерна проведено за допомогою твердоміра YPD-300D в ньютонках (Н). Аналіз фізико-хімічних властивостей та технологічних показників зерна пшениці м'якої проводився у лабораторії якості зерна.

Дослідження проводилися в 2009-2013 рр. Травень 2009 р. характеризувався великою посухою (ГТК = 0,2). Перша та третя декади червня (ГТК = 0,1) були значно посушливішими другої декади (ГТК = 0,5). Липень також був дуже посушливим (ГТК = 0,2). В середньому за 2009 р. ГТК = 0,9. Восени 2010 р. було достатньо тепла та вологи, що сприятливо вплинуло на розвиток озимих зернових культур. В першій половині

січня 2010 р. спостерігалась нестійка погода з опадами, друга половина була холодною. Такі умови січня створили умови для утворення льодової кірки. Теплі умови лютого лише сприяли її посиленню. Друга декада травня була посушливою ГТК = 0,7, а третя декада дуже посушливою ГТК = 0,2. Червень відзначився значною посухою. В першій та третій декадах складав ГТК = 0,1, а в другій декаді червня – 0,2. Весь липень був дуже посушливим: ГТК = 0,1 (перша декада), ГТК = 0,4 (друга декада), ГТК = 0,3 (третя декада). В середньому за 2010 р. ГТК становив 0,7. В цілому перезимівля озимих культур у 2011 р. проходила задовільно. Лише у другій та третій декадах лютого умови перезимівлі дещо ускладнювались у тих місцях, де сніговий покрив не перевищував 5 см, що призводило до незначного пошкодження рослин. У першій декаді червня спостерігалася посуха та суховійні явища, знизилася відносна вологість повітря (43 %), що несприятливо зазначилось на вегетації зернових культур. В подальшому агрометеорологічні умови змінилися в бік зволоження, запаси вологи в ґрунті значно поповнилися. Температурні показники червня були на рівні 20,5°C, що вище за норму на 2,5°C, середньомісячна відносна вологість повітря становила 60 %. У другій декаді липня установилася спекотна погода, середньомісячна температура сягала позначки від 22,6 до 24,5°C, що перевищувало норму на 3 – 4 °C. Опадів впродовж місяця випало 215 % від норми, середньомісячна відносна вологість повітря становила 63 %. Температура повітря в середньому за серпень перевищувала багаторічні показники на 1,8°C. У липні дощі та грози продовжувалися, через що збирання озимих культур ускладнювалось. За гідротермічними коефіцієнтами травень характеризувався як посушливий (0,87), липень – слабо посушливий (1,28), лише у другій і третій декадах червня відзначено значне перезволоження (ГТК = 3,02). Перезимівля озимих культур в 2012 р. проходила також задовільно. Проте в першій половині грудня температура дещо підвищилась, ґрунт повністю відтанув, що сприяло активізації метаболічних процесів в рослинах та слабкій вегетації озимих культур. В другій декаді лютого погодні умови ускладнювали перезимівлю озимих культур. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кушення озимої пшениці (3 см) складала мінус 12 °C. Весняні місяці 2012 р. характеризувалися як браком опадів, так і незначним коливанням в бік збільшення впродовж останнього місяця. Кількість опадів у травні склала 102 % від місячної норми, гідротермічний коефіцієнт становив 0,78. Середньомісячна температура складала 19,8 °C. За величиною ГТК погодні умови червня (0,51) та липня (0,25) місяців були дуже посушливими. Середньомісячна температура повітря червня становила 21 °C та 24,7 °C липня. В січні 2013 р. середня температура повітря виявилась вищою за норму на 3,0 – 4,5° і становила 0,5 – 3,0° морозу. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кушіння озимих культур знижувалась до 1 – 4° морозу. Максимальна температура повітря лютого у найтепліші дні підвищувалась до 4 – 7° тепла. Мінімальна температура повітря на початку декади знижувалась до 2 – 5° морозу, на поверхні снігу – до 3 – 9° морозу. В травні та червні спостерігалися зливи різної інтенсивності, що призвело до вилягання рослин. В липні температура повітря становила 22,5 – 24,0° тепла та була вищою за норму на 3 – 4°C.

Висновки по умовах досліджень. На формування текстури зерна значною мірою впливають умови зволоження при наливі зерна. Той чи інший генотип в силу своєї норми реакції в більш посушливих умовах відзначається формуванням більшої твердості зерна. Так, колекційний набір досліджуваних зразків пшениці м'якої озимої був найбільш твердозернішим у найпосушливіший з років вивчення – 2010 р. Дещо сприятливішим попереднього був 2009 р. Умови зволоження 2011–2013 рр. вивчення були кращими за попередні роки для формування більш м'якозерних зразків.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для порівняння результатів оцінки твердості зерна вивчено 231 зразок пшениці м'якої озимої за структурно-механічними та фізико-хімічними ознаками цінними для форм

кондитерського напрямку використання (розмір часток борошна, водопоглинальна здатність, твердість зерна).

За допомогою спеціальних приладів ПСХ-4 та “Інфралюму ФТ-10” у колекційних зразків озимої м’якої пшениці було визначено середній розмір часток борошна, при збільшенні діаметру якого зменшувалась твердість зерна, на основі чого була уточнена калібровочна шкала для визначення твердозерності [див. 8]. Прилад ПСХ-4 призначений для визначення тонини помелу порошкоподібних матеріалів по величині питомої поверхні [10]. Результати досліджень приведено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Твердозерність зразків пшениці м’якої озимої, 2009 - 2013 рр.**

Номер Національного каталогу	Назва зразка	Країна походження	Розмір часток борошна, мк	Твердозерність, бал
1	2	3	4	5
дуже м’якозерні				
UA0107098	Warwick	CAN	13,5	1
UA0107100	Webster	CAN	14,0	1
UA0107099	Wisdom	CAN	14,3	1
UA0104608	F.S. 401	USA	14,4	1
UA0107047	Seda	LTU	15,3	1
UA0170169	A.C. Mackinnon	CAN	15,9	1
Розмах мінливості $\frac{\min - \max}{\bar{X}}$			$\frac{13,5 - 15,9}{14,6}$	
м’якозерні				
UA0104716	MV Irma	HUN	16,4	3
IU043872	Лютесцен С.Н. 54/05	UKR	16,7	3
UA0107107	ТМ-04	RUS	16,8	3
UA0106715	MV Номбар	HUN	17,0	3
UA0105607	Оксана	UKR	17,2	3
UA0107938	Huntley	CAN	17,9	3
UA0107070	Viena	CAN	18,5	3
UA0107140	L 35-30 LU	UKR	18,6	3
Розмах мінливості $\frac{\min - \max}{\bar{X}}$			$\frac{16,4 - 18,6}{17,4}$	
середньом’якозерні				
UA0107267	L 39-5 LU	UKR	21,0	5
UA0106376	Досконала	UKR	22,1	5
UA0104453	MV Vilma	HUN	22,1	5
UA0100007	Українка 246	UKR	22,5	5
UA0106369	Мадярка	UKR	23,3	5
UA0106521	Дюк	UKR	23,4	5
UA0100774	Одеська 267	UKR	23,8	5
UA0100345	Северодонская	RUS	23,8	5
Розмах мінливості $\frac{\min - \max}{\bar{X}}$			$\frac{21,0 - 23,8}{22,8}$	
напівтвердозерні				
UA0106515	Антонівка	UKR	24,3	7
UA0107429	Заграва одеська	UKR	24,4	7

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗРАЗКІВ ГЕНОФОНДУ

<i>Таблиця 1 (продовження)</i>				
1	2	3	4	5
UA0100754	Донецька 48	UKR	24,8	7
UA0100010	Ферругинеум 1239	UKR	25,3	7
UA0106375	Альянс	UKR	25,5	7
UA0104973	Астет	UKR	25,7	7
UA0107996	Лютиця	UKR	26,1	7
UA0102692	Крижинка	UKR	26,4	7
UA0106523	Заможність	UKR	26,5	7
UA0100956	Донская полукарликовая	RUS	26,5	7
UA0107469	Коллега	RUS	28,5	7
Розмах мінливості $\frac{\text{min} - \text{max}}{\bar{X}}$			$\frac{24,3 - 28,5}{25,8}$	
твердозерні				
UA0106371	Монолог	UKR	30,3	9
UA0107376	Belitza	BGR	31,2	9
UA0107106	Губернатор Дону	RUS	31,4	9
Розмах мінливості $\frac{\text{min} - \text{max}}{\bar{X}}$			$\frac{30,3 - 31,4}{30,9}$	

Підтверджено, що за твердозерністю пшениця м'яка розподіляється на п'ять груп: 1 група (1б.) – дуже м'якозерна; 2 група (3б.) – м'якозерна; 3 група (5б.) – середньо-м'якозерна; 4 група (7б.) – напівтвердозерна; 5 група (9б.) – твердозерна.

Користуючись шкалою оцінки твердозерності пшениці м'якої озимої, 135 зразків 2011–2013 рр. вивчення було диференційовано за градацією м'якозерності, з них 19 дуже м'якозерні – Білява (UKR), Warwick Webster (CAN); Seda (LTU) та ін., 51 м'якозерної – TM-04 (RUS), Оксана (UKR); Huntley (CAN) та ін., 10 середньом'якозерної – Досконала, Дюк, Одеська 267 (UKR) та ін., 25 напівтвердозерної – Альянс, Астет, Заможність (UKR); Коллега (RUS) та ін., 30 – твердозерної Монолог (UKR), Belitza (BGR), Губернатор Дона (RUS) та інші. Для різних груп твердості зерна було виділено ряд еталонів, зокрема для дуже м'якозерної групи: Білява (UKR), Warwick (CAN); м'якозерної: TM-04 (RUS), MV Hombar (HUN); середньом'якозерної: Досконала (UKR); напівтвердозерної: Альянс, Крижинка (UKR); твердозерної: Монолог (UKR).

У продовж 2009–2013 рр. вивчення найменш дрібним розміром часток борошна відзначилися такі зразки: Warwick 13,5 мк; Webster 14,0 мк; Wisdom 14,3 мк (CAN); F.S. 401 14,4 мк (USA); A.C. Maskinnon 15,9 мк; (CAN); MV Irma 16,4 мк (HUN); Лютесцен С.Н. 54/05 16,7 мк; Оксана мк 17,2 мк (UKR); стандарти: Подолянка 26,4 мк; Єдність 26,7 мк; Бунчук 27,3 мк (UKR); еталон м'якозерності MV Hombar 17,0 мк (UKR); еталон твердозерності Монолог 30,3 мк (UKR).

За період 2012–2013 рр. вивчення виділили ряд зразків, які характеризувалися низькою водопоглинальною здатністю (ВПЗ): Прем'єра (52,3 %) (BLR); Wisdom (53,1 %) (CAN); Ignis (53,2 %), Klea (53,3 %), Eva (53,4 %) (SVK); Nikifor (53,6 %) (ROU); Emmit (53,9 %), Warwick (53,9 %) FT Wonder (54,9 %) (CAN); MV Hombar (55,1 %) (HUN); Seda (55,4 %) (LTU); Stealth (55,7 %) (CAN); Білява (56,2 %) (UKR); MV Irma (57,8 %) (HUN); Asta (58,0 %) (CZE); Trane (61,8 %) (DEU); Goncha (65,6 %) (TKM); стандарти: Подолянка (67,3 %), Єдність (70,2 %), Бунчук (71,9 %) (UKR); еталон низької ВПЗ Webster (52,5 %) (CAN); еталон високої ВПЗ Коллега (75,3 %) (RUS). Дані досліджень наведено в таблиці 2.

## Водопоглинальна здатність та твердозерність зразків пшениці м'якої озимої, 2012 - 2013 рр.

Номер реєстрації	Назва зразка	Країна походження	ВПЗ, %	Розмір часток борошна, мк	Твердозерність, бал
IR 13051 W	Подольнка, ст.	UKR	67,3	25,6	7
IR14448 W	Webster, ст.	CAN	52,5	14,0	1
IR14054 W	Прем'єра	BLR	52,3	15,2	1
IR 14447 W	Wisdom	CAN	53,1	14,0	1
IR 16015 W	Eva	SVK	53,4	15,8	1
IR 15805 W	Nikifor	ROU	53,6	15,7	1
IR 14806 W	Emmit	CAN	53,9	13,9	1
IR 14446 W	Warwik	CAN	53,9	13,2	1
IR 14805 W	FT Wonder	CAN	54,9	14,9	1
IR 14298 W	Seda	LTU	55,4	14,7	1
IR 15673 W	Білява	UKR	56,2	12,0	1
IR 15365 W	Ignis	SVK	53,2	16,1	3
IR 12362 W	Klea	SVK	53,3	16,3	3
IR 14084 W	MV Hombar	HUN	55,1	17,0	3
IR 14010 W	Stealth	CAN	55,7	16,6	3
IR 11979 W	MV Irma	HUN	57,8	18,2	3
IR13923 W	Asta	CZE	58,0	16,5	3
IR 13926 W	Trane	DEU	61,8	20,1	5
IR 14653 W	Goncha	TKM	65,6	21,3	5
IR 14990 W	Коллега	RUS	75,3	27,9	7
HIP 0,05			2,87	1,93	
r ВПЗ, % з розміром часток борошна, мк					0,92
m <sub>r</sub> ВПЗ, % з розміром часток борошна, мк					0,09
t <sub>r</sub> ВПЗ, % з розміром часток борошна, мк					10,2
r ВПЗ, % з твердістю зерна, бал					0,89
m <sub>r</sub> ВПЗ, % з твердістю зерна, бал					0,12
t <sub>r</sub> ВПЗ, % з твердістю зерна, бал					7,42

Серед досліджуваних зразків простежувалося зменшення твердості зерна зі зменшенням ВПЗ, що підтверджує літературні дані стосовно цієї фізико-хімічної властивості м'язозерних пшениць кондитерського напрямку використання [2].

Програмований твердомір YPD-300D призначений для високоточного визначення твердості об'єктів. Це спеціалізований прилад, в якому використовується високошвидкісна система управління за допомогою мікропроцесору для надпотужної обробки даних, в результаті чого за лічені частки секунди визначається твердість. Для її визначення достатньо середніх результатів по п'яти або десяти зернах. Одним оператором за 8-годинну зміну оцінюється твердість 500 зразків, що в 90 разів швидше порівняно з оцінкою на приладі ПСХ-4.

Швидкісна система оцінки твердості зерна значною мірою прискорює створення пшениць для бісквітного напрямку використання. Тож нами попередньо підібрані джерела та еталони різних рівнів прояву твердозерності за розміром часток борошна, які були перевірені на YPD-300D. Зі зменшенням розміру часток борошна, послідовно зменшувалися зусилля для руйнування зернівок, які виражалися в ньютонах (Н) на рідкокристалічному дисплеї даного приладу. Таким чином, перевіривши зразки різних рівнів прояву твердості зерна та їх еталони на YPD-300D (результати досліджень зазначено в таблиці 3), ми простежили паралельну зміну даної ознаки в ньютонах.

## Твердозерність зразків пшениці м'якої озимої за різними методами визначення, 2011 - 2013 рр.

Номер реєстрації	Назва зразка	Країна походження	Розмір часток борошна, мк ПСХ-4	Твердість зерна, Н YPD-300D	Твердозерність, бал
1	2	3	4	5	6
дуже м'якозерні					
IR 14446 W	Warwik, et.	CAN	13,7	93	1
IR 15673 W	Білява	UKR	12,3	81	1
IR 14447 W	Wisdom	CAN	13,8	97	1
IR 14298 W	Seda	LTU	15,4	101	1
Розмах мінливості $\frac{\min - \max}{\bar{X}}$			$\frac{12,3 - 15,4}{13,8}$	$\frac{81 - 101}{93}$	
м'якозерні					
IR 14084 W	MV Hombar, et.	HUN	17,6	118	3
IR 14513 W	TM-04	RUS	16,1	106	3
IR 14010 W	Stealth	CAN	17,2	109	3
IR 13185 W	Оксана	UKR	17,4	110	3
Розмах мінливості $\frac{\min - \max}{\bar{X}}$			$\frac{16,1 - 17,6}{17,1}$	$\frac{106 - 118}{111}$	
середньом'якозерні					
IR14109 W	Досконала, et	UKR	23,4	151	5
IR14586 W	L 39-5 LU	UKR	22,8	143	5
IR11984 W	MV Vilma	HUN	22,9	147	5
IR10563 W	Одеська 267	UKR	24,0	159	5
Розмах мінливості $\frac{\min - \max}{\bar{X}}$			$\frac{22,8 - 24,0}{23,3}$	$\frac{143 - 159}{150}$	
напівтвердозерні					
IR 12355 W	Крижинка, et	UKR	27,9	180	7
IR14243 W	Заможність	UKR	25,4	167	7
IR 13061 W	Бунчук	UKR	27,3	146	7
IR 14990 W	Колега	RUS	29,8	190	7
Розмах мінливості $\frac{\min - \max}{\bar{X}}$			$\frac{25,4 - 29,8}{27,6}$	$\frac{167 - 190}{171}$	
твердозерні					
IR14095 W	Монолог, et	UKR	31,2	201	9
IR 14512 W	Губернатор Дона	RUS	30,4	196	9
Розмах мінливості $\frac{\min - \max}{\bar{X}}$			$\frac{30,4 - 31,2}{30,8}$	$\frac{196 - 201}{199}$	

Раніше розроблену шкалу на основі розміру часток борошна для оцінки твердозерності пшениці м'якої озимої спів- ставили зі шкалою, розробленою при використанні твердоміра прямої дії (табл. 4).

Таблиця 4

**Шкали оцінки твердозерності пшениці м'якої озимої для різних приладів**

Розмір часток борошна, мк	Твердість зерна на YPD-300D, Н	Група твердозерності	Твердозерність, бал
>30,0	>190	твердозерна	9
24,1 – 30,0	162– 190	напівтвердозерна	7
20,1 – 24,0	133– 161	середньом'якозерна	5
16,1 – 20,0	104– 132	м'якозерна	3
< 16,1	< 104	дуже м'якозерна	1

Встановлено, що зі збільшенням розміру часток борошна простежується відповідно зростання твердості зерна, визначеної через вимірювання зусилля на приладі YPD-300D. Отримання результатів з визначенням твердості зерна на приладі YPD-300D суттєво прискорюють оцінку колекційних зразків та селекційний процес на шляху створення м'якозерних пшениць.

З метою пошуку методу визначення м'якозерних зразків у польових умовах, ми продовжували проводити дослідження в отриманих групах. В кожній із них провели зрізи зернівок різних груп лезом безпечної бритви. Порівняння зрізів засвідчило: чим менше докладається зусиль під час проведення зрізу і чим борошністіше виглядає зразок після зрізу – тим він м'якозерніший. Користуючись таким експрес-методом оцінки, можна проводити попередньо пошук нових м'якозерних зразків у польових умовах та добір елітних рослин з гібридних популяцій. Результати співпадають з лабораторними даними на 90–100 %.

**ВИСНОВКИ**

Зерно зразків пшениці м'якої розподіляється за твердістю на п'ять груп для формування ознакової колекції та оцінки селекційного матеріалу, що відповідає міжнародним шкалам:

- 1 група ( 1 б.) – дуже м'якозерна – Extra soft, Very soft;
- 2 група ( 3 б.) – м'якозерна – Soft;
- 3 група (5 б.) – середньом'якозерна – Medium soft, Medium hard;
- 4 група (7 б.) – напівтвердозерна – Hard;
- 5 група (9 б.) – твердозерна – Very hard, Extra hard.

Розроблено шкалу та методологію оцінки твердості зерна колекційних зразків пшениці м'якої озимої твердоміром YPD-300D. Дана методика базується на попередньому підборі за багаторічними даними джерел та еталонів різних рівнів прояву твердості зерна на приладах ПСХ-4 та "Інфралюму ФТ-10" та їх порівнянні з результатами оцінки на YPD-300D. Розроблено експрес-метод оцінки твердості зерна зразків пшениці м'якої в польових умовах за зрізом зернівки і борошністістю, яка визначається візуально за дев'ятибальною шкалою. Виділено ряд джерел з цінними ознаками для форм кондитерського напрямку використання – м'якозерні з дрібним розміром часток борошна: Webster (CAN); F.S. 401 (USA); MV Irma (HUN); Лютецен С.Н. 54/05 (UKR); з низькою ВПЗ: Прем'єра (BLR); Wisdom (CAN); Klea, Eva (SVK); Nikifor (ROU); Warwik, FT Wonder (CAN); MV Hombar (HUN); Seda (LTU); Stealth (CAN); Білява (UKR); MV Irma (HUN); Trane (DEU). Також для різних груп твердості зерна було виділено ряд еталонів, зокрема для дуже м'якозерної



групи: Білява (UKR); Warwik (CAN); м'якозерної: ТМ-04 (RUS); MV Номбар (HUN); середньом'якозерної Досконала (UKR); напівтвердозерної: Альянс, Крижинка (UKR); твердозерної Монолог (UKR). Виділено еталон низької ВПЗ Webster (52,5 %) (CAN); еталон високої ВПЗ Коллега (75,3 %) (RUS).

Оцінювання твердості зерна, на основі розробленої шкали, приладом YPD-300D та використання цінних джерел та еталонів для форм кондитерського напрямку використання, можуть суттєво прискорити селекційний процес на шляху створення м'якозерних пшениць.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дундук И. Г., И. Г., Ермакова М. Ф. Признак твердозерности, как показатель качества пшеницы // Сибир. вест. с.-х. науки. – 1978. – № 1. – С. 15-22.
2. Рибалка О. І., Аксельруд Д. В. Які характеристики повинно мати борошно для бісквітів? Вплив твердозерності та біохімічного складу борошна на якість бісквітів // Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннізнавства та сортотвчення. Одеса: СГІ – НАЦ НАІС. – 2004. – вип. 6 (46). – С. 247-253.
3. Рибалка О. І. Немає кращого борошна для кондитерських виробів, ніж із суперм'якозерної пшениці // Зерно і хліб. – 2008. – № 4. – с.47.
4. Tipples R. H., Kilborn R. H., Preston K. R., Bushuk W. V., Rasper F. Bread-wheat quality defined. In: Wheat, production, properties and quality // Glasgow U.K. – 1994. – P. 25-35.
5. AACC. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists // Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, M.N. – 2000. – 10 p.
6. Dowell F., Maghirang E. Accuracy and feasibility of measuring characteristics of single kernels using near infrared spectroscopy // In: ICC Conference: Novel raw materials, technologies and products new challenge for quality control. Budapest, Hungary. – 2002.
7. Gaines C. S., Finney P. F., Fleegle L. M. Predicting a hardness measurement using single – kernel characterization system // Cereal Chem. – 1996. – № 73.– S. 278-279.
8. Пархоменко Р. Г., Кучумова Л. П., Горбань Г. С. Структурно-механические свойства зерна трехвидовых тритикале харьковской селекции // Селекция и семеноводство. – 1984. – Вып. 56. – С. 74-77.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат.– 1985. – 351 с.
10. Пумпянский А. Я. Технологические свойства мягких пшениц: Учебник. – Л.: Колос. – 1971. – 320с.
11. Chen F., He Z.H., Xia X.C. Molecular and biochemical characterization of puroindoline a and b alleles in Chinese landraces and historical cultivars // Theor. Appl. Genet. – 2006. – № 112. – S 400-409.
12. Martin J. M., Meyer F. D., Morris S. F. Pilot scale milling characteristics of transgenic isolines of a hard wheat over-expressing puroindolines // Crop Sci. – 2007. – № 47. – S. 497-504.
13. Wanjugu H. W., Hogg A. C., Martin J. M. The role of puroindoline A and B individually and in combination on grain hardness and starch association // Crop Sci. – 2007. – № 47. – S 67-76.

### REFERENCES

1. Dunduk IG, Ermakova MF. 1978. Sign of tertogenosti, as an indicator of the quality of wheat. Sybyr. vest. s.-kh. nauky 1: 15-22.
2. Rybalka OI, Axel`rud DV. 2004. What characteristics should have flour for biscuits? Influence tensinet and biochemical composition of flour on the quality of biscuits. Zbirnyk naukovykh prats' Seleksiyno-henetychnoho instytutu – Natsional'noho tsentru nasinnyeznavstva ta sortovyvchennya. Odessa: S·HI – NATs NAIS 6 (46): 247-253.

3. Rybalka OI. 2008. There is no better flour for pastry, than sperm alterna wheat. *Zerno i khlib* 4: 47.
4. Tipples RH, Kilborn RH, Preston KR, Bushuk WV, Rasper F. 1994. Bread-wheat quality defined. In: *Wheat, production, properties and quality*. Glasgow U.K.: 25-35.
5. 2000. AACC. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, M.N.: 10.
6. Dowell F, Maghirang E. 2002. Accuracy and feasibility of measuring characteristics of single kernels using near infrared spectroscopy. In: *ICC Conference: Novel raw materials, technologies and products new challenge for quality control*. Budapest, Hungary.
7. Gaines CS., Finney PF., Fleege LM. 1996. Predicting a hardness measurement using single – kernel characterization system. *Cereal Chem* 73: 278-279.
8. Parkhomenko RG, Kuchumov LP, Gorban' GS. 1984. Structural and mechanical properties of grain threespecies triticale of Kharkiv breeding. *Selektsyya y semenovodstvo* 56: 74-77.
9. Dospekhov BA. 1985. Methodology field experience (the basics of statistical processing of the results of research). M.: Agropromizdat, 351p.
10. Pumpyanskiy AJ. 1971. *Technological properties of wheat: Textbook*. L.: Kolos, 320 p.
11. Chen F, He ZH, Xia XC. 2006. Molecular and biochemical characterization of puroindoline a and b alleles in Chinese landraces and historical cultivars. *Theor. Appl. Genet* 112: 400-409.
12. Martin JM, Meyer FD, Morris SF. 2007. Pilot scale milling characteristics of transgenic isolines of a hard wheat over-expressing puroindolines. *Crop Sci* 47: 497-504.
13. Wanjugu HW, Hogg AC, Martin JM. 2007. The role of puroindoline A and B individually and in combination on grain hardness and starch association. *Crop Sci* 47: 67-76.

А.В. Ярош, В.К. Рябчун, О.Ю. Леонов, С.Ю. Диденко Л.П. Копытина,  
Т. В. Сахно, Т. А. Шелякина  
*Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН*  
*Национальный центр генетических ресурсов растений Украины*  
*Московский пр., 142, г. Харьков, 61060, Украина*  
*E-mail: ncpgru@gmail.com*

## МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ТВЕРДОСТИ ЗЕРНА У ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ

**Цель.** Разработать методологию оценки твердости зерна коллекционных образцов пшеницы мягкой озимой для пользования твердомером YPD-300D, а также выделить ценные источники и эталоны мягкозерности.

**Результаты и обсуждение.** В статье изложены результаты изучения твердости зерна у образцов пшеницы мягкой озимой коллекции НЦГРРУ за период 2009-2013 гг. и методология оценки твердости зерна на YPD-300D. Программируемый твердомер YPD-300D предназначен для высокоточного быстрого определения твердости объектов. Это специализированный прибор в котором используется высокоскоростная система управления с помощью микропроцессора для сверхмощной обработки данных, в результате чего за считанные доли секунды определяется твердость. Для ее определения достаточно средних результатов по пяти или десяти зернам. Одним оператором за 8 часовую смену оценивается твердость более 500 образцов. Скоростная система оценки твердости зерна в значительной мере ускоряет создание пшениц для бисквитного направления использования. Поэтому, нами предварительно подобранные источники и эталоны различных уровней проявления твердости зерна по размеру частиц муки, были перепроверенные на YPD-300D. С уменьшением размера частиц муки, последовательно уменьшались усилия для разрушения зерновок, которые выражались в ньютонах (Н) на жидкокристаллическом (ЖК) дисплее данного прибора. Таким образом, перепроверив образцы различных уровней проявления твердости зерна и их эталоны на YPD-300D, мы проследили параллельные изменения данного признака в ньютонах. Ранее разработанную шкалу на основе размера частиц муки для оценки твердости зерна пшеницы мягкой озимой сопоставили с шкалой, разработанной при использовании твердомера прямого действия. Разработана шкала и методология оценки твердости зерна для коллекционных

образцов пшеницы мягкой озимой для пользования твердомером YPD-300D. Данная методология заключается в предварительном подборе по многолетним данным источников и эталонов различных уровней проявления твердости зерна на ПСХ-4 и “Инфралюму ФТ-10” и их контрольной проверке на YPD-300D, что в свою очередь разрешает построить шкалу оценки твердозерности. Зерно пшеницы мягкой распределяется по твердости на пять групп для формирования признаковой коллекции и оценки селекционного материала. С целью поиска метода определения мягкозерных образцов в полевых условиях, мы продолжали проводить исследования в полученных группах. В каждой группе были проведены срезы зерновок лезвием безопасной бритвы, сравнивая при этом разные группы между собой. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что чем меньше прилагается усилий во время проведения среза и чем мучнистей выглядит образец после среза – тем он менее твердый. Таким образом был разработан экспресс-метод оценки мягкозерных образцов мягкой пшеницы в полевых условиях по усилиям во время проведения среза зерновки и мучнистостью. Пользуясь ним, можно проводить предварительно поиск новых мягкозерных образцов в полевых условиях. Результаты совпадают с лабораторными данными на 90-100 %.

**Выводы.** Зерно пшеницы мягкой распределяется по твердости на пять групп для формирования признаковой коллекции и оценки селекционного материала, что соответствует международным шкалам. Разработана шкала и методология оценки твердости зерна коллекционных образцов пшеницы мягкой озимой для пользования твердомером YPD-300D. Данная методика основана на предварительном подборе по многолетним данным источников и эталонов различных уровней проявления твердости зерна на ПСХ-4 и “Инфралюму ФТ-10”, а также их тестировании на YPD-300D. Что в свою очередь позволяет построить шкалу оценки твердозерности. Также разработан экспресс-метод оценки мягкозерных образцов мягкой пшеницы в полевых условиях по усилиям во время проведения среза зерновки и мучнистостью, которая определяется визуально по девятибалльной шкале. Выделен ряд источников с ценными признаками для форм кондитерского направления использования - мягкозерные с мелким размером частиц муки; с низкой водопоглатительной способностью. Оценка твердости зерна, на основе разработанной шкалы, прибором YPD-300D и использования ценных источников и эталонов для форм кондитерского направления использования, могут существенно ускорить оценку коллекционных образцов и селекционный процесс на пути создания мягкозерных пшениц.

**Ключевые слова:** пшеница мягкая озимая, кондитерские изделия, признак, твердозерность, мучнистость, изучение, источник, эталон.

A.V. Yarosh, V.K. Ryabchun, O. Yu. Leonov, S. Yu. Didenko, L. P. Kopytina,

T. V. Sakhno, T. A. Shelyakina

*Plant Production Institute nd. a. V.Ya. Yuryev of NAAS  
National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine  
142, Moskovskiy ave., Kharkiv, 61060, Ukraine,  
E-mail: ncpgru@gmail.com*

## THE METHODOLOGY OF ASSESSING OF GRAIN HARDNESS OF WINTER BREAD WHEAT

**Goal.** To develop a methodology to assess grain hardness of collection accessions of bread winter wheat with a penetrometer YPD-300D, as well as to select valuable sources and standards of grain softness.

**Results and Discussion.** The article describes the study results on grain hardness of soft winter wheat specimens from the NCPGRU collection for the period of 2009-2013 and the methodology

for assessing grain hardness with YPD-300D. The programmable penetrometer YPD-300D is designed for high precision rapid determination of object hardness. This is a specialized device, using high-speed control system with a microprocessor for ultra-fast data processing, due to which hardness is determined within seconds. To determine it, the average value on five or ten grains is sufficient. One operator can estimate hardness of more than 500 samples per 8-hour shift. The high-speed system for assessing grain hardness considerably accelerates the creation of wheats for biscuit production. Therefore, we rechecked sources and standards with various grain hardness, which we had selected by flour particle size, with YPD-300D. With the decrease in flour particle size, the efforts to destruct caryopses, which were expressed in newtons (N) on the liquid crystal display (LCD) of the device, consistently reduced. Thus, rechecking samples with various grain hardness and standards on YPD-300D, we tracked the parallel changes of this trait in newtons. The previously developed scale based on the flour particle size to assess grain hardness of bread winter wheat was compared with the scale developed for a direct-action penetrometer. The scale and methodology for assessing grain hardness in collection samples of soft winter wheat with a penetrometer YPD-300D was developed. This methodology consists in pre-selection of sources and standards with various grain hardness based on long-term data obtained with PSkH-4 and InfraLum FT-10 and their control check on YPD-300D, which in its turn enables constructing a rating scale of grain hardness. Bread wheat grain is categorized in five hardness groups in order to form a trait collection and evaluate breeding material. To search a method for the determination of soft grain samples in field conditions, we continued studying within the resulting groups. In each group we sliced caryopses with a safety razor, comparing different groups with one another. The studies allowed us to conclude that the less efforts are exerted in the slicing process and the more farinaceous the sample looks after slicing, the less hard it is. Thus, the rapid method for evaluation of soft grain samples of soft wheat in field was developed in terms of efforts during grain slicing and flour content. Using it, one can carry out a preliminary search of new soft grain samples in field conditions. The results are consistent with the laboratory data by 90-100 %.

**Conclusions.** Bread wheat grain is categorized in five hardness groups in order to form a trait collection and evaluate breeding material, which conforms to the international scales. The scale and methodology for assessing grain hardness in collection samples of soft winter wheat with a penetrometer YPD-300D was developed. This technique is grounded on pre-selection of sources and standards with various grain hardness based on long-term data obtained with PSkH-4 and InfraLum FT-10 and their further testing on YPD-300D, which in its turn enables constructing a scale for assessing grain hardness. In addition, the rapid method for assessment of soft grain samples of bread wheat in field conditions by efforts exerted to slice a caryopsis and visual flour content, which is measured with a 9-point scale, was developed. We identified a number of sources with valuable traits for confectionery forms – soft grain ones with small flour particles; with low water-absorbing capacity. The evaluation of grain hardness on the YPD-300D device using the scale developed and implementation of valuable sources and standards for confectionery production can significantly speed up the assessment of collection samples and breeding process towards creating of soft grain wheats.

**Keywords:** *winter bread wheat, confectionery, trait, grain hardness, flour content, research, source, standard.*