

УДК 633.111.5

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗРАЗКІВ *TRITICUM SPELTA* L. ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ТА ЕЛЕКТРОФОРЕТИЧНИМИ СПЕКТРАМИ ЗАПАСНИХ БІЛКІВ

А.К. НІНІЄВА¹, Н.О. КОЗУБ^{2,3}, І.О. СОЗІНОВ², О.І. РИБАЛКА⁴,
О.Ю. ЛЕОНОВ¹, О.В. ТВЕРДОХЛІБ¹, Р.Л. БОГУСЛАВСЬКИЙ¹

¹ Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Національний центр генетичних ресурсів рослин України

Україна, 61060, Харків, пр. Московський, 142
e-mail: ninieva-alina@mail.ru

² Інститут захисту рослин НААН України
Україна, 03022, Київ, вул. Васильківська, 33
e-mail: sial@i.com.ua

³ Державна установа «Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України»
Україна, 04123, Київ, вул. Осиповського, 2а

⁴ Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН

Україна, 65036, Одеса, Овідіопольська дорога, 3

Мета – оцінити різноманіття спельти за якісними показниками зерна та електрофоретичними спектрами запасних білків. **Методи.** Визначали вміст клейковини і білка та масу 1000 зерен загальноприйнятими методами. Проаналізовано генотипи за локусами запасних білків з використанням електрофорезу в ПААГ у кислому середовищі для гліадинів та SDS-електрофорезу ВМ субодиноць глютенінів. **Результати.** Зразки спельти озимої NSS 3/01 і Nirvana (Сербія) поєднують високу масу 1000 зерен з підвищеним вмістом білка і клейковини в зерні; ярої UA0300074 (Іспанія) – з високим вмістом білка в зерні та II групою якості клейковини. Сорт спельти ярої Tridentina характеризується стабільним проявом маси 1000 зерен і підвищеним вмістом білка у ньому за різних умов наливу зерна. В озимої спельти у більш сприятливих умовах крупність зерна збільшується паралельно з підвищенням вмісту у ньому білка та клейковини. Ідентифіковано генотипи зразків за локусами запасних білків, локалізованими на хромосомах першої гомеологічної групи, та проаналізовано різноманітність алелів. Наявність сполучень окремих електрофоретичних компонентів запасних білків супроводжується проявом ознак якості зерна: Gli-A1x, Gli-B1h, Gli-B5b, Gli-B1p type та Gli-B5a – високим вмістом білка та клейковини; Gli-B1h, Gli-B5b та Gli-A3-1 – крупнозерністю; Glu-A1a, Glu-B1d та Glu-D1a – стабільним проявом третьої групи клейковини за якістю. **Висновки.** Особливістю спельти порівняно з м'якою пшеницею є здатність накопичувати у зерні підвищений вміст білка і клейковини при відносній крупнозерності. Можливість диференціації зразків та маркування ознак якості зерна спельти за електрофоретичними спектрами запасних білків потребує подальшого вивчення.

Ключові слова: спельта, зерно, білок, клейковина, електрофорез.

Вступ. Спельта – культура давніх цивілізацій, нині займає незначні площі посіву. Проте в останні десятиріччя інтерес до спельти у світі зростає перш за

© А.К. НІНІЄВА, Н.О. КОЗУБ, І.О. СОЗІНОВ, О. І. РИБАЛКА, О. Ю. ЛЕОНОВ, О.В. ТВЕРДОХЛІБ,
Р.Л. БОГУСЛАВСЬКИЙ, 2013

все як культури для органічного землеробства, популярного у розвинених країнах, а також у зв'язку з очікуваними харчовими й технологічними відмінностями від м'якої пшениці. Зокрема, борошно з зерна спельти придатне для виготовлення кращик за якістю кондитерських виробів [1–3]. Спельта характеризується підвищеним вмістом білка в зерні (до 21%) [2]. Є дані, що клейковина спельти позбавлена або принаймні має менше, ніж клейковина м'якої пшениці, компонентів, що викликають целіакову хворобу у сприйнятливих людей [1–3]. Однак це питання є спірним, оскільки послідовність амінокислот альфа гліадинів спельти, які викликають алергію, на 98,5% ідентична пшениці м'якій, що не дає підстави однозначно стверджувати про безпечність продуктів зі спельти для хворих на целіацію [4, 5]. Разом з цим значне генетичне різноманіття спельти дає підстави припустити, що принаймні певні форми можуть бути дійсно позбавлені цих компонентів.

Порівняно з твердозерною м'якою пшеницею спельта характеризується нижчим вмістом нерозчинних полімерних білків, але вищим вмістом гліадинів та розчинних полімерних білків, завдяки чому має м'якшу та менш еластичну (пружну) клейковину. Причому за якістю клейковини спостерігається широке варіювання [5].

Вироби з борошна спельти характеризуються специфічними смаковими якостями і високим вмістом вітамінів групи В [6]. У Словаччині проведено оцінку за вмістом білка у зерні та його фракційним складом поширених сортів спельти: Bauländer, Franckenkorn, Holstenkorn, Rouquin, Schwabenkorn. Встановлено, що за технологічними якостями кращик був сорт Schwabenkorn, у якого найвищими були вміст білка в зерні – 10,48% і сумарна частка у білку гліадинів і глютенінів – 70,67%. Сорти спельти також відрізнялись за вмістом окремих незамінних амінокислот: аргі-

ніну, аспарагінової кислоти, валіну, лейцину, тирозину [7].

За результатами оцінки 10 зразків спельти колекції ВІР встановлено, що кількість сирової клейковини становила від 28,4 до 40,4%, а її якість за ВДК – від 75 до 110 од. Більшість сортів мали борошністу консистенцію ендосперму та масу 1000 зерен у межах 30,4–48,8 г. Об'єм хліба у вивчених зразків спельти змінювався у межах 380–560 см³, а загальна хлібопекарська оцінка – від 2,7 до 4,6 балів. Хліб мав добрий смак, білий колір м'якуша і приємний запах [8].

У Європі борошно зі спельти на 80% дорожче порівняно з пшеничним, тому розробляються методи його ідентифікації із застосуванням молекулярних маркерів для запобігання фальсифікаціям [9]. У Всеросійському НДІ рослинництва імені М.І. Вавилова (ВІР) проаналізовано за електрофоретичним складом гліадинів 170 зразків світової колекції спельти, в результаті чого встановлено її широке внутрішньовидове різноманіття [10].

В Україні встановлено можливість використання спельти як альтернативної крохмалевмісної сировини у виробництві етилового спирту [11]. Досліджено оптимальні умови для розварювання і зброджування цієї сировини [12].

Метою наших досліджень була оцінка зразків спельти з колекції Національного генбанку рослин України за якісними показниками зерна та за електрофоретичними спектрами запасних білків.

Матеріали і методи

Матеріалом для дослідження були зразки спельти з колекції Національного генбанку рослин України. З них 12 зразків озимого типу розвитку, які належать до 5 різновидів і походять з 6 країн світу: UA0300076 *var. arduini*, Великобританія (GBR); три сорти з Австрії (AUT): Bauländer UA0300101 *var. duhamelianum*; Schwa-

benkorn UA0300102 var. *amissum*; Frankenkorn UA0300103 var. *duhamelianum*; 5 зразків з Сербії (SER): лінії NSS 1/02 UA0300259 var. *duhamelianum*; NSS 1/01 UA0300246 var. *album*; NSS 3/01 UA0300227 var. *amissum*; NSS 6/01 UA0300300 var. *duhamelianum*; сорт Nirvana UA0300302; UA0300257 var. *duhamelianum*, Швеція (SWE); UA0300075 var. *griseoturanorecens*, Таджикистан (TJK), UA0300301 Rubiota, Чехія (CZE). Вивчали також 4 зразки ярої спельти, які репрезентують 2 еколого-географічні групи і походять з 4 країн світу. UA0300218 var. *caeruleum*, Tridentina, Італія (ITA) та UA0300074 var. *caeruleum*, Іспанія (ESP) за екотипом належать до іберійської спельти; UA0300304 var. *album*, Австралія (AUS); UA0300111 var. *album*, Канада (CAN) – до баварської спельти. З чотирьох зразків лише один – UA0300074 за походженням відповідає назві еколого-географічної групи, інші три є інтродуцентами у регіони, досить віддалені від регіону походження.

Зразки спельти висівали ручними саджалками на ділянки площею 1 м² з шириною міжрядь 15 см, нормою висіву 500 зерен на 1 м², у триразовій повторності. Досліджували вміст у зерні білка, клейковини, її якість за ВДК, вивчали взаємозв'язки між цими ознаками, а також проводили ідентифікацію алелів високомолекулярних субодиниць глютенінів та гліадинів. Вміст клейковини і білка у зерні колекційних сортозразків визначали за методикою [13], на трьох пробах зерна по 50 г, взятих з середнього зразка урожаю кожної ділянки. Масу 1000 зерен визначали у перерахунку за середньою з 3 проб по 500 зерен. Порівнювали між собою середні арифметичні показників. Для оцінки вірогідності відмінностей між ними обраховували помилку середньої та критерій Стьюдента на 5% рівні значущості [14]. Взаємозв'язок між ознаками якості зерна оцінювали за коефі-

цієнтами парної кореляції, вірогідність яких визначали також на 5% рівні значущості.

Аналіз електрофоретичних спектрів запасних білків проводили на 20 зернівках кожного зразка спельти. Аналіз гліадинів проводили методом електрофорезу в ПААГ у кислому середовищі [15]. Ідентифікували алелі за локусами *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1* методом порівняння спектрів зі спектрами сортів-стандартів гліадинових алелів у м'якої пшениці [16]; алелі за міночним гліадиновим локусом *Gli-A3*, які позначали цифрами. Стосовно міночного локусу *Gli-B5* алель *b* ідентифікували за присутністю двох характерних омега-гліадинів. Їх відсутність ідентифікували як алель *a* [17]. Електрофорез високомолекулярних субодиниць глютенінів у присутності додецилсульфату натрію (SDS) проводили за модифікованою методикою Laemmli [18]. Алелі високомолекулярних субодиниць глютенінів за локусами *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* ідентифікували на SDS-електрофореграмах за каталогом [19].

Умови проведення дослідів. Зразки спельти вирощували на полях селекційної сівозміни Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, що розміщена за 20 км на схід від м. Харкова. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий потужний з рН = 5,7; запаси поживних речовин складають 0,29% азоту, 0,17% фосфору і 1,95% калію. З цих запасів нітратний азот може бути використаний на 80–100%, обмінний калій – на 40–60% і рухомий фосфор – на 10–20%.

Харківський ґрунтово-кліматичний район характеризується частими посухами, сухими східними вітрами, значними перепадами температури і відносної вологості повітря в літній період, що в підсумку призводить до істотного коливання врожаю зерна.

2008 рік для озимих зразків характеризувався малою кількістю опадів у червні,

хоча у липні їх кількість була достатня для оптимального розвитку рослин. Цей рік для ярих зразків спельти був оптимальним у співвідношенні середньодобових температур та опадів у критичні періоди розвитку рослин.

У 2009 році спостерігалось незначне зменшення кількості опадів та підвищення температури, що створило більш сприятливі умови для розвитку рослин. Але на початку липня посіви були пошкоджені градобоем, наслідком чого значна кількість врожаю була втрачена через обламування більшої частини колосків колекційних зразків спельти. Як для ярих зразків спельти цей рік характеризувався тим, що середньодобові температури були близькі до багаторічних значень, тоді як опади в критичний період розвитку рослин були недостатніми.

Результати та обговорення

У 2008 р. вміст білка у сортів спельти озимої складав 14,1–17,1%, ярої – 16,4–19,2% (табл. 1). У 2009 р. розмах мінливості за цією ознакою був вищим у спельти озимої – 14,1–20,1%, тоді як у спельти ярої він становив 15,4–18,3%. В обидва роки нижня межа була у ярої спельти дещо вищою, ніж у озимої.

Реакція окремих генотипів на посушливі умови 2009 р. порівняно з 2008 р. була різною: у більшості зразків спельти озимої за посушливих умов, як і слід очікувати, зменшувалася маса 1000 зерен, але підвищився вміст білка у зерні: UA0300076 (GBR), Bauländer (AUT), NSS 1/02, NSS 3/01, Nirvana (SER), UA0300257 (SWE), UA0300075 (TJK); спельти ярої – UA0300111 (CAN). В окремих зразків у посушливий рік крупність зерна і вміст білка знижувалися: спельти озимої Frankenkorn, Schwabenkorn, NSS 6/01; спельти ярої – UA0300304 (AUS). У спельти озимої NSS 1/01 знижувалася крупність зерна, але вміст білка залишався незмінним, а у

спельти ярої Tridentina маса 1000 зерен і вміст білка практично не змінилися.

У середньому за роки досліджень у зразків спельти озимої маса 1000 зерен була істотно на 6,9 г (вищою порівняно зі спельтою ярою); вміст білка був несуттєво (на 0,89%) нижчим. Високий вміст білка мали зразки спельти озимої NSS 3/01 – 17,5% і Nirvana – 17,4%; крупність зерна цих зразків теж була доволі високою: відповідно 45,4 і 47,8 г. Серед зразків спельти ярої найбільший вміст білка виявлено у зразка UA0300074, ESP – 18,0%, однак маса 1000 зерен у нього була відносно низькою – 34,9 г.

У середньому вміст клейковини у зразків спельти озимої і ярої був практично на одному рівні. Стабільно високим вміст клейковини був у зразків спельти озимої NSS 1/01 – у середньому за два роки 42,1%, NSS 1/02 – 40,4%. Серед зразків спельти ярої високий вміст клейковини мав сорт Tridentina – 40,4%, однак стабільно високою якістю клейковини другої групи відзначився зразок UA0300074, ESP.

Результати аналізу взаємозв'язків між ознаками якості зерна спельти подано на рис. 1.

У ярої спельти маса 1000 зерен негативно корелює з вмістом білка та клейковини, причому у більш сприятливому 2008 р. ця негативна кореляція за абсолютною величиною була високою, у посушливому 2009 р. – нижчою за середню. В озимої спельти у 2008 р. кореляція була позитивною і вищою за середню, у той час як у 2009 р. – негативною середньою. Зв'язок між вмістом клейковини і білка, як і слід очікувати, був позитивним і високим, у ярої спельти та у 2009 р. в озимої спельти функціональним. Отже, особливість озимої спельти полягає у тому, що у більш сприятливому році крупність зерна збільшується паралельно з підвищенням вмісту у ньому білка та клейковини. Пояснити це

Таблиця 1. Характеристика зразків спелості за показниками якості зерна, 2008–2009 рр.

Зразок № національного каталога (UA0300...), назва, країна походження	Маса 1000 зерен, $\bar{x} \pm m^*$, г		Вміст білка, $\bar{x} \pm m^*$, %		Вміст клейковини, $\bar{x} \pm m^*$, %		Група якості клейковини			
	2008	2009	середнє	2008	2009	середнє	2008	2009		
Спельта озима										
103, Frankenkorn, AUT (стандарт)	52,2±1,54	38,7±1,16	45,4±1,21	16,2±0,63	14,1±0,42	15,2±0,52	34,8±1,42	34,5±1,56	III	II
076, GBR	38,9±1,09	35,0±0,78	36,9±0,77	15,8±0,65	17,1±0,67	16,5±0,55	28,8±1,11	43,4±2,25	III	II
101, Bauländer, AUT	41,0±1,21	38,8±0,99	39,9±1,07	15,5±0,61	16,8±0,52	16,2±0,73	31,2±1,24	44,7±2,57	II	II
102, Schwabenkorn, AUT	52,2±1,49	39,6±1,01	45,9±1,20	16,1±0,58	15,0±0,44	16,1±0,76	34,4±1,33	32,8±1,25	III	II
259, NSS 1/02, SER	59,3±1,68	42,0±1,13	50,6±1,29	15,5±0,57	16,3±0,65	15,9±0,56	40,8±2,09	40,0±1,67	III	III
246, NSS 1/01, SER	44,0±1,24	40,6±1,06	42,3±1,11	16,7±0,49	16,9±0,58	16,8±0,69	42,0±1,66	42,2±1,86	II	II
227, NSS 3/01, SER	51,1±1,33	39,7±1,08	45,4±1,13	16,8±0,54	18,1±0,77	17,5±0,72	39,2±1,09	48,6±2,44	III	II
300, NSS 6/01, SER	51,3±1,22	41,4±1,15	46,3±1,18	17,1±0,66	15,3±0,48	16,2±0,67	34,0±1,32	37,2±1,55	III	II
302, Nirvana, SER	53,3±1,40	42,3±1,07	47,8±1,21	17,0±0,58	17,8±0,47	17,4±0,66	37,2±1,88	46,0±2,34	II	III
257, SWE	33,6±0,88	30,2±0,75	31,9±0,68	14,1±0,49	20,1±0,71	17,1±0,70	30,0±1,11	53,0±2,65	III	III
075, TJK	42,1±1,11	40,9±1,11	41,5±0,98	14,9±0,52	17,5±0,60	16,2±0,64	30,4±1,45	43,6±2,57	II	III
Середнє	47,1±1,36	39,0±1,06	43,1±1,09	15,9±0,61	17,0±0,65	16,4±0,51	34,8±2,03	42,3±1,98	–	–
Спельта яра										
304, AUS (стандарт)	39,1±0,98	34,2±0,92	36,6±0,86	17,5±0,68	15,4±0,63	16,5±0,66	33,2±1,45	30,5±1,09	III	II
218, Tridentina, ITA	34,8±0,86	35,4±0,88	35,1±0,75	17,8±0,63	17,2±0,71	17,5±0,54	36,0±1,34	44,8±2,33	III	II
074, ESP	34,3±0,88	35,6±0,90	34,9±0,79	19,2±0,82	16,8±0,69	18,0±0,70	38,0±1,95	41,0±1,78	II	II
111, CAN	44,1±1,12	32,1±0,77	38,1±1,02	16,4±0,55	18,3±0,80	17,4±0,65	30,0±1,22	48,0±2,74	III	III
Середнє	38,0±0,89	34,3±0,79	36,2±0,89	17,7±0,66	16,9±0,56	17,3±0,61	34,3±1,65	41,0±2,26	–	–

Примітки: * \bar{x} – середнє арифметичне значення; m – помилка середньої.

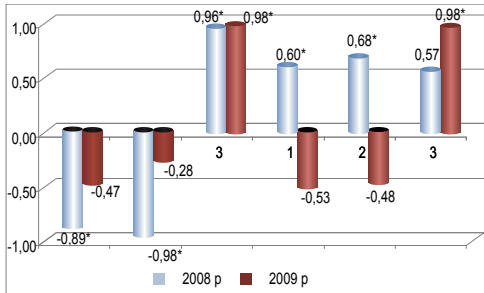


Рис. 1. Кореляції між ознаками якості зерна спельти: 1 – маса 1000 зерен – вміст білка; 2 – маса 1000 зерен – вміст клейковини; 3 – вміст білка – вміст клейковини

можна тим, що в озимій спельти у більш сприятливих умовах, перш за все за зволоженням, у період формування та наливу зерна більш активно відбувається надходження азотистих речовин у зернівку порівняно з ярою спельтою і з несприятливими умовами. Цей аспект заслуговує спеціального вивчення і в разі підтвердження – використання при доборі вихідного матеріалу у селекції.

Аналіз електрофоретичних спектрів гліадинів та глютенінів зернівки показав, що

всередині аналізованих зразків мінливість за дослідженими локусами відсутня. Електрофоретичні спектри гліадинів деяких зразків спельти наведено на рис. 2 і 3.

Серед проаналізованих зразків виявлено 6 алелів за локусом *Gli-B1*, 5 алелів за локусом *Gli-A1*, по 4 алелі ідентифіковано за локусами *Gli-A3* та *Glu-B1*, по 2 – за локусами *Gli-D1*, *Gli-B5*, *Glu-A1*, *Glu-D1* (табл. 2).

За локусом *Gli-A1* з приблизно рівними частотами переважають три алелі: *x*, *f* та умовно позначений алель *i+w3*, який не описаний у *T. aestivum*. За локусом *Gli-B1* переважає алель *h*. За локусом *Gli-D1* майже у всіх зразків присутній алель *f* (93,8%), інший алель виявлено тільки у зразка з Таджикистану. За мінорним локусом *Gli-A3* виявлено 4 алелі, серед яких переважають два алелі (позначені 1 і 2).

За локусами високомолекулярних субодиниць глютенінів переважають алелі, які розповсюджені й у м'якої пшениці: *Glu-A1a*, *Glu-B1d*, *Glu-D1a*. Для більш точної ідентифікації алеля локусу *Glu-B1* зразка

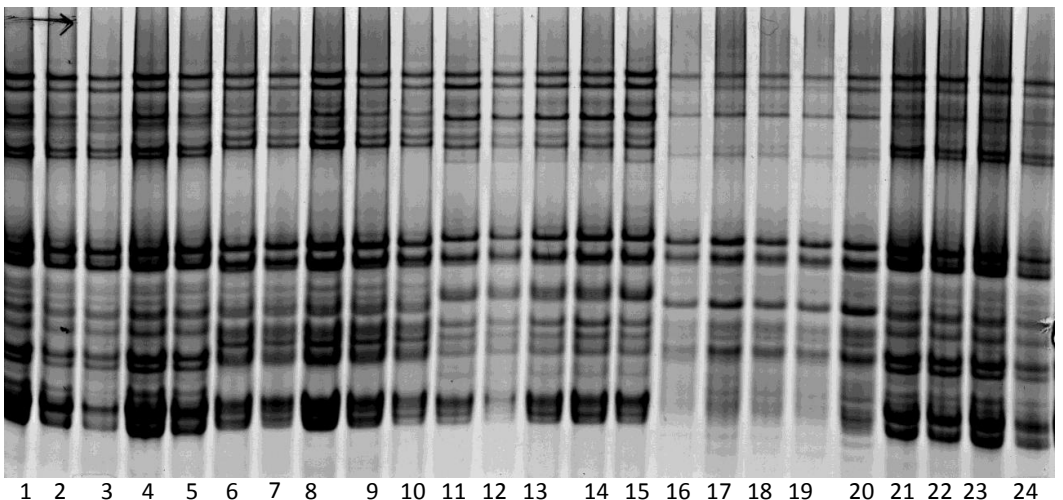
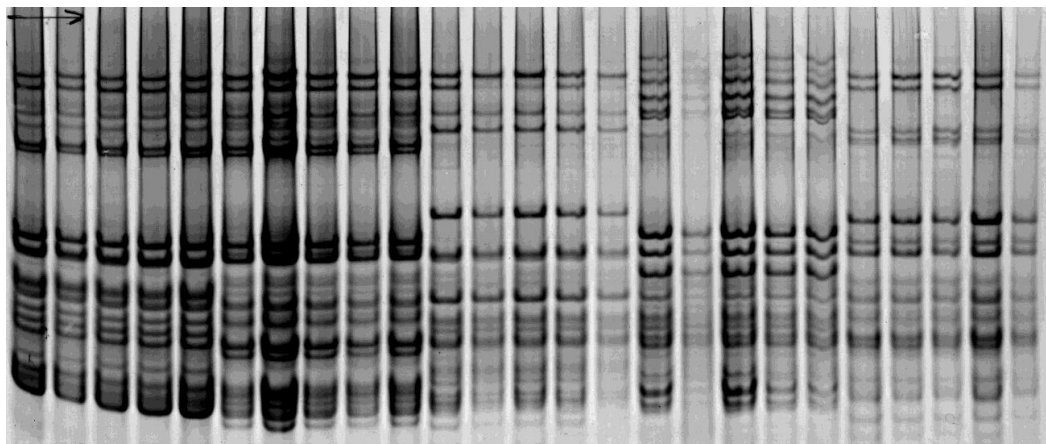


Рис. 2. Електрофореграма гліадинів зразків *T. spelta* L.: 1–5 – 300, NSS 6/01, SCG; 6–10 – 101, Bauländer, AUT; 11–15 – 304, AUS; 16–20 – 076, GBR; 20–24 – 259, NSS 1/02, SCG



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

Рис. 3. Електрофореграма гліадинів зразків *T. spelta* L.: 1–5 – 103, Frankenkorn; 6–10 – 301, Rubiota, Чехія; 11–15 – 257, SWE; 16–20 – 075, TJK; 20–25 – 218, Tridentina, ІТА

Таблиця 2. Генотипи зразків *T. spelta* L. за локусами запасних білків

№ з/п	№ національного каталога (UA0300_), назва зразка, країна походження	Gli-A1	Gli-B1	Gli-B5	Gli-D1	Gli-A3	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1
1	102, Schwabekorn, AUT	<i>f</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	2	<i>a</i>	<i>g</i>	<i>a</i>
2	101, Bauländer, AUT	<i>f</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	2	<i>a</i>	<i>g</i>	<i>a</i>
3	103, Frankenkorn, AUT	<i>x</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	1	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>d</i>
4	076, GBR	<i>x</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>f</i>	0	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>a</i>
5	257, SWE	<i>x</i>	<i>p type</i>	<i>a</i>	<i>f</i>	0	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>a</i>
6	075, TJK	<i>m</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>g</i>	2	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
7	259, NSS 1/02, SER	<i>i+ω3*</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	1	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>a</i>
8	246, NSS 1/01, SER	<i>m</i>	<i>g?</i>	<i>a</i>	<i>f</i>	4	<i>a</i>	<i>h?</i>	<i>a</i>
9	227, NSS 3/01, SER	<i>x</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	1	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>a</i>
10	300, NSS 6/01, SER	<i>i+ω3</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	1	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>a</i>
11	074, ESP	<i>j</i>	<i>k*</i>	<i>a</i>	<i>f</i>	2	<i>a</i>	<i>g</i>	<i>a</i>
12	218, Tridentina, ІТА	<i>j</i>	<i>k*</i>	<i>a</i>	<i>f</i>	2	<i>a</i>	<i>g</i>	<i>a</i>
13	304, AUS	<i>f</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>f</i>	2	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>a</i>
14	302, Nirvana, SER	<i>x</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	1	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>d</i>
15	111, CAN	<i>f</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>f</i>	4	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>a</i>
16	301, Rubiota, CZE	<i>i+ω3</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	1	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>a</i>

Примітка: *i+ω3** – аallel, не описаний у *T. aestivum*.

UA0300246 необхідно провести додаткові аналізи.

Слід зазначити, що не всі зразки спельти можна однозначно відрізнити за виявленим комплексом алелів локусів запасних білків. Так, ідентичними за білковими спектрами, контрольованими локусами запасних білків, є чеський зразок Rubiota та сербські зразки NSS 1/02, NSS 6/01. Не відрізняються між собою за складом алелів досліджуваних локусів запасних білків і такі пари зразків спельти: австрійські зразки Schwabenkorn і Bauländer; австрійський зразок Frankenkorn і сербський зразок Nirvana; іспанський зразок UA0300074 та італійський сорт Tridentina. Для їх диференціації необхідно додатково застосовувати ДНК-маркери.

При порівнянні даних табл. 1 і 2 виявляється збіг між наявністю сполучень окремих електрофоретичних компонентів запасних білків і проявом ознак якості зерна. Зокрема, високим вмістом білка та клейковини характеризувалися зразки, що мають компонент гліадину, кодований *Gli-A1x* у сполученні з *Gli-B1h* та *Gli-B5b* (NSS 3/01 та Nirvana), а також з *Gli-B1p type* та *Gli-B5a* (UA0300257). Крупнозерними є зразки зі сполученням компонентів гліадину, кодованих алелями *Gli-B1h*, *Gli-B5b* та *Gli-A3-1* (Frankenkorn, NSS 3/01, NSS 1/02, NSS 6/01, Nirvana). У зразків, що мають сполучення компонентів глютеніну *Glu-A1a*, *Glu-B1d* та *Glu-D1a*, клейковина стабільно належить до третьої групи за якістю.

Висновки

В умовах східної частини Лісостепу України за показниками якості зерна виділено зразки спельти озимої NSS 3/01 (SCG) і Nirvana (SCG), які поєднують високу масу 1000 зерен з підвищеним вмістом білка і клейковини в зерні; ярої 074 ESP з високим вмістом білка в зерні та II групою клейковини. У більшості зразків спельти за

посушливих умов зменшується маса 1000 зерен і підвищується вміст білка у зерні. Сорт спельти ярої Tridentina характеризується стабільним проявом обох показників за різних умов наливу зерна. Особливість озимої спельти полягає у тому, що у більш сприятливому році крупність зерна збільшується паралельно з підвищенням вмісту у ньому білка та клейковини.

Ідентифіковано алелі за локусами гліадинів першої гомеологічної групи хромосом та за локусами високомолекулярних субодиниць глютенінів у зразків спельти різного еколого-географічного і генетичного походження. Наявність сполучень окремих електрофоретичних компонентів запасних білків супроводжується проявом ознак якості зерна: *Gli-A1x*, *Gli-B1h* та *Gli-B5b* (NSS 3/01 та Nirvana), а також з *Gli-B1p type* та *Gli-B5a* (UA0300257) – високим вмістом білка та клейковини; *Gli-B1h*, *Gli-B5b* та *Gli-A3-1* (Frankenkorn, NSS 3/01, NSS 1/02, NSS 6/01, Nirvana) – крупнозерністю; *Glu-A1a*, *Glu-B1d* та *Glu-D1a* – стабільним проявом третьої групи клейковини за якістю.

Перелік літератури

1. Jorgensen J.R., Olsen C.C. Yield and quality assessment of spelt (*Triticum spelta* L.) compared with winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in Denmark // Spelt and Quina. – Working Group Meeting (24–25 Oct. 1997). – Wageningen, the Netherlands, 1997. – P. 33–38.
2. Eltun R., Aasven M. The possibilities for spelt cultivation in Norway // Spelt and Quina. – Working Group Meeting (24–25 Oct. 1997). – Wageningen, the Netherlands, 1997. – P. 7–13.
3. Dahlstedt L. Spelt Wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* (L.) An alternative crop for ecological farming systems // Spelt and Quina. – Working Group Meeting (24–25 Oct. 1997). – Wageningen, the Netherlands, 1997. – P. 3–6.
4. Kasarda D., D'Ovidio R. Deduced amino acid sequence of an a-gliadin gene from spelt wheat (*spelta*) includes sequences active in celiac disease // Cereal chemistry. – 1999. – Vol. 76, № 4. – P. 548–551.
5. Schober T.J., Bean S.R., Kuhn M. Gluten proteins from spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*)

- cultivars: A rheological and size-exclusion high-performance liquid chromatography study // Journal of Cereal Science. – 2006. – Vol. 44. – P. 161–173.
6. Campbell K.G. Spelt: agronomy, genetics, and breeding // Plant Breeding Rev. – 1997. – № 15. – P. 187–213.
 7. Galova Z., Knoblochova H. Biochemical characteristics of five spelt wheat cultivars (*Triticum spelta* L.) // Acta fytotechnica et zootechnica. – 2001. – Vol. 4. – P. 85–87.
 8. Хакимова А. Г. Качество зерна пшеницы спельта (*Triticum spelta* L.) из коллекции ВИР // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: матер. 2-й вавилонской международной конференции (26–30 нояб.) / ВИР, 2007. – С. 621–623.
 9. Federmann G.R., Goecke E.U., Steiner A.M. Research note: Detection of adulteration of spelt (*Triticum spelta* L.) with flour of wheat (*Triticum aestivum* L.) by electrophoresis // Plant varieties and seeds. – 1992. – № 5. – P. 123–125.
 10. Романова Ю.А., Губарева Н.К., Конарев А.В. и др. Исследование коллекции вида пшеницы *Triticum spelta* L. по полиморфизму глиадинов // Генетика. – 2001. – Т. 37, № 9. – С. 1258–1265.
 11. Швабюк О.В., Паляниця Л.Я., Березовська Н.І. та ін. Спельта як альтернативна сировина для одержання спиртової бражки // Хімія, технологія речовин та їх застосування: Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2011. – № 700. – С. 94–97.
 12. Піх З.Г., Паляниця Л.Я., Березовська Н.І. та ін. Вплив ультразвукової кавітації на приготування та зброджування суслу зі спельти // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2011. – № 37–38. – С. 214–216.
 13. Методичні рекомендації з оцінки якості зерна селекційного матеріалу. – Харків, 2011. – С. 23–27.
 14. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
 15. Kozub N.A., Sozinov I.A., Sobko T.A. et al. Variation at storage protein loci in winter common wheat cultivars of the Central Forest-Steppe of Ukraine // Tsitologia i Genetika. – 2009. – Vol. 43, No. 1. – P. 69–77.
 16. Metakovsky E.V. Gliadin allele identification in common wheat // J. Genet. Breed. – 1991. – Vol. 45. – P. 325–344.
 17. Pogna N.E., Metakovsky E.V., Redaelli R.T. et al. Recombination mapping of *Gli-5*, a new gliadin-coding locus on chromosomes 1A and 1B in common wheat // Theor. Appl. Genet. – 1993. – Vol. 87. – P. 113–121.
 18. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 // Nature. – 1970. – Vol. 227, № 5259. – P. 680–685.
 19. Payne P., Lawrence G. Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat // Cereal Res. Commun. – 1983. – Vol. 11, № 1. – P. 29–34.

Представлено М.З. Антонюком
Надійшла 03.12.2012

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ *TRITICUM SPELTA* L. ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА ЗЕРНА И ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКИМ СПЕКТРАМ ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ

А.К. Нинієва¹, Н.А. Козуб^{2,3}, І.А. Созінов³,
О.Ю. Леонов¹, А. І. Рибалка⁴,
Е.В. Твердохлеб¹, Р.Л. Богуславский¹

¹ Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева
НААН, Национальный центр генетических
ресурсов растений Украины
Украина, 61060, Харьков, пр. Московский, 142
e-mail: ninieva-alina@mail.ru

² Институт защиты растений НААН
Украина, 03022, Киев, ул. Васильковская, 33
e-mail: sial@i.com.ua

³ Институт пищевой биотехнологии и геномики
НАН Украины

Украина, 04123, Киев, ул. Осиповского, 2а

⁴ Селекционно-генетический институт –
Национальный центр семеноведения
и сортоизучения НААН
Украина, 65036, Одесса,
Овидиопольская дорога, 3

Цель – оценить разнообразие спельты по качественным показателям зерна и электрофоретическим спектрам запасных белков. **Методы.** Определяли содержание белка, клейковины и массу 1000 зерен общепринятыми методами. Проанализированы генотипы по локусам запасных белков с использованием электрофореза в ПААГ в кислой среде для глиадинов и SDS-электрофореза ВМ субъединиц глютенинов. **Результаты.** Образцы спельты озимой NSS 3/01 и Nirvana (Сербия) сочетают высокую массу 1000 зерен с повышенным содержанием белка и клейковины в зерне; яровой UA0300074 (Испания) – с высоким содержанием белка и II группой качества клейковины. Сорт спельты яровой Tridentina характеризу-

ється стабільним проявленням маси 1000 зерен і підвищеним содержанием белка в нем при різних умовах налива зерна. У озимій спельті в більш сприятливих умовах крупність зерна збільшується паралельно з збільшенням содержания в нем белка и клейковини. Ідентифіковані генотипи образцов по локусам запасних белков хромосом першої гомеологічної групи і проаналізовано різноманітність алелів. Виявлена зв'язок між наявністю комбінацій окремих електрофоретических компонентів запасних белков и проявленням ознак якості зерна.

Висновки. Особливістю спельти в порівнянні з м'якою пшеницею є здатність накопичувати в зерні підвищене содержание белка и клейковини при відносній крупнозерності. Можливість диференціації образцов и маркування ознак якості зерна спельти по електрофоретическим спектрам запасних белков потребує подальшого вивчення.

Ключові слова: спельта, зерно, білок, клейковина, електрофорез.

CHARACTERIZATION OF *TRITICUM SPELTA* L. ACCESSIONS FOR GRAIN QUALITY AND ELECTROPHORETIC SPECTRA OF STORAGE PROTEINS

A.K. Ninieva¹, N.O. Kozub^{2,3}, I.O. Sozinov³,
O.Yu. Leonov¹, O.I. Rybalka⁴,
E.V. Tverdokhle¹, R. L. Boguslavsky¹

¹ Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuryev of NAAS, National Centre for Plant Genetic Resources of Ukraine
Ukraine, 61060, Kharkiv, Moskovskiyi av., 142
e-mail: ninieva-alina@mail.ru

² Institute of Plant Protection of NAAS
Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylykivska str., 33
e-mail: sial@i.com.ua

³ Institute of Food Biotechnology and Genomics of NAS of Ukraine
Ukraine, 04123, Kyiv, Osypovskogo str., 2a

⁴ Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed Science and Varieties Research of NAAS
Ukraine, 65036, Odessa, Ovidiopska road, 3

Aim is to evaluate a diversity of spelt for qualitative characteristics of grain and storage proteins electrophoretic spectra. **Methods.** The content of protein, gluten and weight of 1000 grains were determined by standard methods. Genotypes were analyzed for storage protein loci using PAAG electrophoresis in an acidic environment for gliadins and SDS-electrophoresis of HMW glutenin subunits. **Results.** The winter spelt varieties NSS 3/01 and Nirvana (Serbia) combine high 1000 grains weight with increased content of protein and gluten; the spring spelt UA0300074 (Spain) – with high protein content and gluten quality of group II. Spring spelt Tridentina is characterized by stable revealing of 1000 grains weight trait and higher protein content under different conditions of grain filling. In winter spelt, in more favorable conditions, grain size increases in parallel with increase of protein and gluten content. The genotypes of the varieties are identified by storage proteins loci the first homoeological group of chromosomes, and a diversity of alleles is analyzed. A relationship between presence of a combination of some electrophoretical components of storage proteins and manifestation of grain quality characteristics is found. **Conclusions.** The peculiarity of spelt compared to bread wheat is the ability to accumulate higher protein in the grain and higher gluten content at relatively large grain size. Possibility to recognize the varieties and spelt grain quality traits marking using electrophoretic spectra of storage proteins requires further study.

Key words: spelt, grain, protein, gluten, electrophoresis.