

УДК 631.527:633.11

ПОЛІМОРФІЗМ СОРТІВ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ЗА ЛОКУСАМИ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ ГЛЮТЕНІНІВ

О.М. РАДЧЕНКО

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: ales2009@ukr.net*

За допомогою алель-специфічних праймерів аналізом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) визначено алельний склад локусів *Glu-A3*, *Glu-B3*, *Glu-D3* 35 сортів м'якої пшениці. В локусі *Glu-A3* виявлено два алелі: *Glu-A3d*, *Glu-A3c*, переважав алель *Glu-A3c*, в локусі *Glu-B3* — чотири алелі: *Glu-B3b*, *Glu-B3j*, *Glu-B3g*, *Glu-B3d*, переважав алель *Glu-B3b*. Визначено показник седиментації борошна в досліджених зразках. У зразках з алелем *Glu-B3g* середній показник седиментації становив 85, у зразках з алелем *Glu-B3b* — 80. Алелі локусу *Glu-B3* можна розділити за їх впливом на показник седиментації: $g > b > j$.

Ключові слова: озима м'яка пшениця, ПЛР-аналіз, локуси низькомолекулярних глютенінів.

У визначенні хлібопекарської якості борошна пшениці важливу роль відіграють запасні білки пшениці. Високомолекулярні й низькомолекулярні глютеніни формують макромолекулярний каркас клейковини і впливають на такі властивості тіста, як еластичність і пружність, необхідні для випікання хліба [1, 3—6].

Високомолекулярні глютеніни є продуктами експресії двох зчеплених генів типу «х» та «у» локусів *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1*, що розмішені на довгих плечах хромосом відповідно 1A, 1B, 1D [10]. Низькомолекулярні глютеніни кодуються локусами *Glu-A3*, *Glu-B3*, *Glu-D3* і розмішені на коротких плечах хромосом відповідно 1A, 1B, 1D [8]. Хоча вміст низькомолекулярних глютенінів у зерні пшениці вищий за вміст високомолекулярних, основний внесок у прояв ознак хлібопекарської якості роблять високомолекулярні глютеніни, тому їх використовують як маркери в селекційних програмах [7].

Низькомолекулярні глютеніни і гліадини також значно впливають на хлібопекарську якість, оскільки їх вміст становить 1/3 від загальної кількості запасних білків і 60 % глютенінової фракції. Однак роль низькомолекулярних глютенінів менш досліджена. За результатами вивчення впливу окремих алелів низькомолекулярних глютенінів на хлібопекарську якість встановлено, що алель *Glu-A3b* чинить позитивніший ефект на показник SDS-седиментації борошна, ніж інші алелі локусу *Glu-A3*. Серед алелів локусу *Glu-B3* на показник SDS-седиментації найпозитивніше впливає алель *Glu-B3g*. Водночас алель *Glu-B3j*, асоційований з 1BL.1RS транслокацією, негативно впливає на показники хлібопекарської якості [15].

З'ясування питання якості пшеничного борошна — складне завдання. Хоча запасні білки добре вивчені й використовуються для встановлення зв'язку з якістю борошна, зростаючі вимоги до якості зерна нових сортів пшениці зумовлюють необхідність удосконалення існуючої системи оцінок селекційного матеріалу. Електрофореграми гліадинів і низькомолекулярних субодиниць глютенінів складні: гліадини містять продукти експресії семи локусів, а низькомолекулярні субодиниці глютенінів — трьох, причому зони знаходження компонентів алелів різних локусів перекриваються [2], тому ідентифікація алелів гліадинів і низькомолекулярних субодиниць глютенінів на електрофореграмах білків потребує значних досвіду й кваліфікації. Альтернативою є розробка та використання алель-специфічних праймерів до генів запасних білків.

Метою нашого дослідження було визначення алельного складу локусів низькомолекулярних глютенінів у сортів м'якої пшениці за допомогою алель-специфічних праймерів.

Методика

У роботі досліджено 35 сортів м'якої пшениці (табл. 1). Сумарну рослинну ДНК виділяли модифікованим ЦТАБ методом, алелі локусів низькомолекулярних глютенінів виявляли за допомогою ПЛР із використанням специфічних праймерів [11, 12, 14, 15].

Послідовності праймерів до локусу *Glu-B3*:

алель *Glu-B3b* праймер SB2F: ATCAGGTGTA AAAAGTGATAG та праймер SB2R: TGCTACATCGACATATCCA [12],

алель *Glu-B3d* праймер SB4F: CACCATGAAGACCTTCCTCA та праймер SB4R: GTTGTTGCAGTAGAACTGGA [12],

алель *Glu-B3g* праймер SB7F: CCAAGAAATACTAGTTAACACTAGTC та праймер SB7R: GTTGGGGTTGGGAAACA [12].

Послідовності праймерів до локусу *Glu-A3*:

алель *Glu-A3c* праймер LA1F: AAACAGAATTATTAAGCCGG та праймер SA3R: GTGGCTGTTGTGAAAACGA [11],

алель *Glu-A3d* праймер LA3F: TTCAGATGCAGCCAAACA та праймер SA4R: TGGGGTTGGGAGACACATA [11].

Послідовності праймерів до алеля *Gli-B1.1*:

праймер GligBF1: TGATCTGGCCACAAAGGGA,

праймер GligBR1: CATGGCCACCAATTCCTGT [14, 15].

Послідовності праймерів до алеля *Gli-B1.2*:

праймер GligBF2: TGATCTGGCCACAAAGGGC,

праймер GligBR1: CATGGCCACCAATTCCTGT [14, 15].

Послідовності праймерів до локусу *Glu-D3*:

алелі *a, b, d* локусу *Glu-D3*,

праймер M2F12: CTACCTGTACCAGGCC,

праймер M2R12: CTCACGCCCTACTAGACAT [15],

алелі *c, e* локусу *Glu-D3*,

праймер S13F2: GCAGCAACACTGGGCCAA,

праймер S13R1: CAATATCGCAGCATCACTA [15].

Реакційні суміші включали: специфічні праймери, по 2 мкл буфера для ПЛР 10 × DreamTaq™ Green Buffer (Thermo Scientific), по 0,2 мМ кожного дезоксирибонуклеотид-3-фосфату (Thermo Scientific), 0,50–0,75 одиниці полімерази DreamTaq™ DNA Polymerase (Thermo Scientific), 50–100 нг сумарної ДНК, деіонізовану воду Milli-Q до кінцевого об'єму

ТАБЛИЦЯ 1. Характеристика сортів пшениці

Сорт	Оригіатор	Категорія якості	Рік реєстрації
Наталка	ІФРГ, МІП	Сильна	2009
Золотоколоса	Те саме	Цінна	2006
Пивна	“ “	Філер	2006
Київська остиста	ІФРГ	Сильна	1995
Ласуня	ІФРГ, МІП	“	2007
Фаворитка	Те саме	Цінна	2005
Смуглянка	“ “	Сильна	2004
Подольанка	“ “	“	2003
Крижинка	“ “	Цінна	2002
Ятрань 60	ІФРГ	Сильна	2000
Веснянка	ІФРГ, МІП	“	2005
Володарка	Те саме	Цінна	2005
Богдана	“ “	Сильна	2006
Миронівська 808	МІП	“	1963
Миронівська 30	Те саме	“	1995
Білява	СГІ, Одеса	Конд.	2015
Панна	СГІ, Одеса	Сильна	2003
Федерер	Чехія	“	2009
Оксана	СГІ, Одеса	Цінна	2007
Гленлі	Канада	Сильна	1972
Аранка	ПМП Тирас, Осева, Чехія	“	2007
Грені	Заатбау, Австрія	Цінна	2009
Трізо	Дойче Заатферделунг, Німеччина	“	2004
Зимоярка	ІФРГ, МІП	Сильна	2007
Недра	Ін-т землеробства НААН України	Цінна	2007
Нива Київщини	ІФРГ	Сильна	2010
Новокиївська	ІФРГ	“	2009
Переяславка	ІФРГ, МІП	“	2004
Сонечко	ІФРГ	“	2009
Торчинська	Родень 10, Україна	Сильна	2008
Тюбальт	Заатен, Німеччина	Цінна	2008
Хуторянка	ІФРГ	“	2008
Мулан	Нордзаат Заатпхут, Німеччина	“	2011

П р и м і т к а. ІФРГ — Інститут фізіології рослин і генетики НАН України; СГІ — Селекційно-генетичний інститут НААН України; МІП— Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААН України; Конд. — кондитерська; ПМП — приватне мале підприємство.

20 мкл. Умови реакції та оптимальний склад реакційної суміші для кожної системи добирали окремо. Реакції ампліфікації проводили у термоциклерах Arctic Thermal Cyler (Thermo Scientific), Mastercycler gradient (Eppendorf) та Techne TC-312.

Програми ампліфікації:

- 1) ПЛР для виявлення алеля *Glu-B3b* — початкова денатурація 3 хв за 94 °С, 45 циклів денатурація 35 с за 94 °С, ренатурація 35 с за 56 °С, елонгація 1 хв 30 с за 72 °С, фінальна елонгація 5 хв за 72 °С;
- 2) ПЛР для виявлення алеля *Glu-B3d* — початкова денатурація 3 хв за 94 °С, 35 циклів денатурація 35 с за 94 °С, ренатурація 35 с за 56 °С, елонгація 1 хв 30 с за 72 °С, фінальна елонгація 5 хв за 72 °С;
- 3) ПЛР для виявлення алеля *Glu-B3g* — початкова денатурація 3 хв за 94 °С, 35 циклів денатурація 30 с за 94 °С, ренатурація 60 с за 60 °С, елонгація 1 хв за 72 °С, фінальна елонгація 5 хв за 72 °С;
- 4) ПЛР для виявлення алеля *Glu-A3c* — початкова денатурація 3 хв за 94 °С, 35 циклів денатурація 35 с за 94 °С, ренатурація 35 с за 60 °С, елонгація 1 хв 30 с за 72 °С, фінальна елонгація 5 хв за 72 °С;
- 5) ПЛР для виявлення алеля *Glu-A3d* — початкова денатурація 3 хв за 94 °С, 35 циклів денатурація 35 с за 94 °С, ренатурація 35 с за 58 °С, елонгація 1 хв за 72 °С, фінальна елонгація 5 хв за 72 °С;
- 6) ПЛР для виявлення алелів *Gli-B1.1*, *Gli-B1.2* — початкова денатурація 3 хв за 94 °С, 40 циклів денатурація 35 с за 94 °С, ренатурація 30 с за 56 °С, елонгація 1 хв за 72 °С, фінальна елонгація 5 хв за 72 °С;
- 7) ПЛР для виявлення алелів *a*, *b*, *d* локусу *Glu-D3* — початкова денатурація 3 хв за 94 °С, 40 циклів денатурація 30 с за 94 °С, ренатурація 30 с за 62 °С, елонгація 1 хв за 72 °С, фінальна елонгація 5 хв за 72 °С;
- 8) ПЛР для виявлення алелів *c*, *e* локусу *Glu-D3* — початкова денатурація 3 хв за 94 °С, 40 циклів денатурація 30 с за 94 °С, ренатурація 30 с за 62 °С, елонгація 1 хв за 72 °С, фінальна елонгація 5 хв за 72 °С.

Отримані продукти ПЛР або гідролізу розділяли за допомогою горизонтального електрофорезу в агарозному гелі в SB буфері за напруги 3–7 В/см залежно від розмірів очікуваних ампліконів. Для візуалізації використовували етидйбромід концентрацією 0,5 мкг/мл. Отримані результати документували під УФ-світлом фотоапаратом Canon EOS 600D із світлофільтром. Електрофореграми обробляли за допомогою графічного редактора GIMP.

Хлібопекарську якість пшениці встановлювали методом визначення індексу седиментації SDS-30 на приладі «КВАНТ-1».

Результати та обговорення

Добір маркерних систем для виявлення алелів локусів *Glu-A3*, *Glu-B3*, *Glu-D3*. У результаті аналізу ДНК-маркерів для визначення алелів локусів низькомолекулярних глютенінів пшениці обирали відповідні праймери, наведені в методиках [11, 12]. Умови реакції оптимізували за допомогою градієнтної ПЛР.

ПЛР із праймерами LA3F, SA4R у локусі *Glu-A3* можна виявляти сорти з алелем *d* (амплікон 967 пн) (рис. 1). У сортів з алелем *c* є амплікон 573 пн (рис. 2), у сортів з алелем *Glu-B3g* (Панна, Федерер, Гленлі) — амплікон 853 пн, для сортів з іншими алелями локусу — відсутність ампліконів (рис. 3), у сортів з алелем *Glu-B3b* — амплікон 1570 пн (рис. 4), у сортів з алелем *Glu-B3d* — амплікон 662 пн (рис. 5).

Досліджували також локус низькомолекулярних глютенінів *Glu-D3*, визначити склад його алелів в обраних зразках пшениці не вдалося.

Алельний склад низькомолекулярних глютенінів локусу *Glu-D3* визначали з використанням двох пар праймерів за методикою [15].

Електрофорезом із продуктами ампліфікації, отриманими з праймером S13F2/S13R1, виявлено амплікон розміром 388 пн, який є маркером алелів *c*, *e* за локусом *Glu-D3* (рис. 6).

Амплікон розміром 883 пн із праймером M2F12/M2R12 дає змогу ідентифікувати алелі *a*, *b*, *d* за локусом *Glu-D3* (рис. 7).

Встановлено, що сорти Федерер, Золотоколоса, Київська остиста, Смуглянка, Гленлі мають алелі *c*, *e*, інші сорти — алелі *a*, *b*, *d*.

Необхідною умовою впровадження маркерної системи аналізу сортів є її перевірка як на матеріалі різного походження, так і за допомогою інших методів молекулярного й біохімічного аналізу, наприклад, ПЛР-аналізу з праймерами, розробленими авторами праці [14]. Усі сорти були розділені на три групи. До першої віднесено сорти з маркером *Gli-B1.1*:

Альбатрос одеський, Наталка, Золотоколоса, Ласуня, Смуглянка, Подолянка, Грені, Трізо, Дворянка, Нива Київщини, Переяславка, Сонечко, Торчинська, Хуторянка, Володарка, Миронівська 808, Богдана (рис. 8); до другої — сорти з маркером *Gli-B1.2*: Панна, Федерер, Гленлі, Древянка, Зимоярка, Недра; до третьої — сорти Пивна, Київська остиста, Крижинка, Миронівська 30, Новокиївська, в яких не виявлено продукту ампліфікації при використанні таких праймерів.

Встановлено, що алельні варіанти за цими ПЛР-маркерами корелюють із наявністю алелів локусів низькомолекулярних глютенінів (локуси яких тісно зчеплені з *Gli-1* локусами). Маркер *Gli-B1.1* визначає наявність алелів *Glu-B3b*, *Glu-B3c*, *Glu-B3d*, *Glu-B3e*, маркер *Gli-B1.2* — алелів

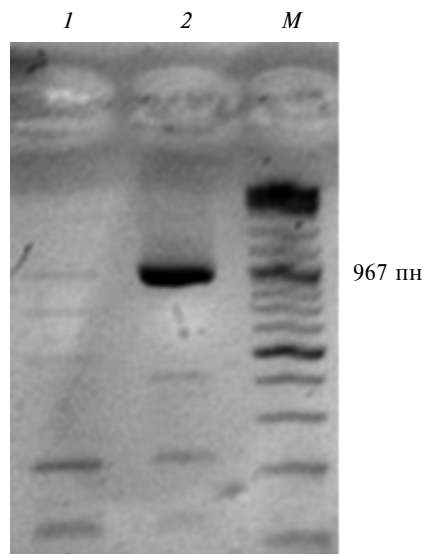


Рис. 1. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК за локусом *Glu-A3d*:

1 — Наталка; 2 — Пивна. Тут і на рис. 2—8: *M* — маркер молекулярної маси O'Range-Ruler™ 50 bp DNA Ladder

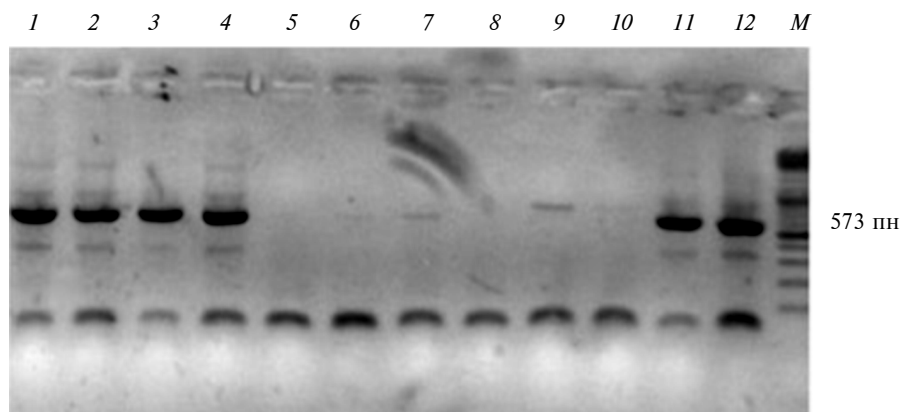


Рис. 2. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК за локусом *Glu-A3c*:

1, 2 — Наталка; 3, 4 — Київська остиста; 5, 6 — Смуглянка; 7, 8 — Подолянка; 9, 10 — Крижинка; 11, 12 — Ятрань 60

ПОЛИМОРФИЗМ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

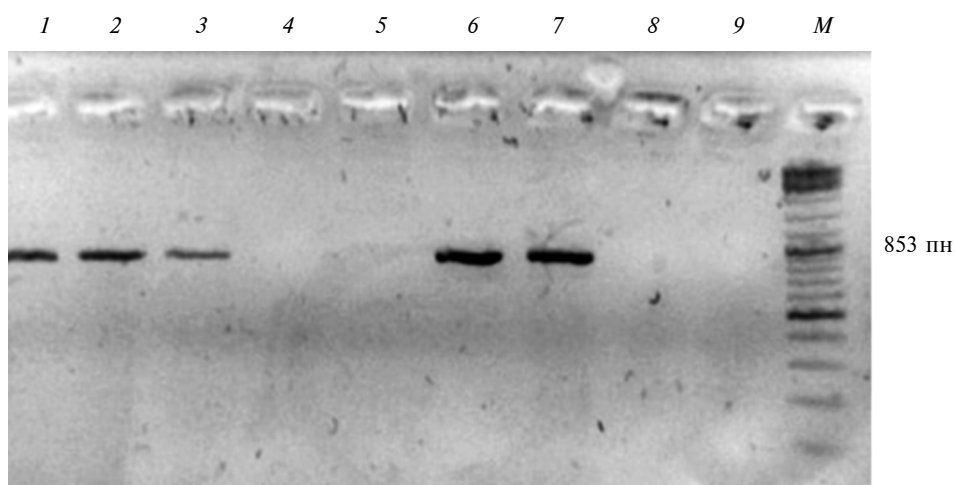


Рис. 3. Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК за локусом *Glu-B3g*:
1 – Гленлі; 2, 3 – Федерер; 4, 5 – Грені; 6, 7 – Панна; 8, 9 – Наталка

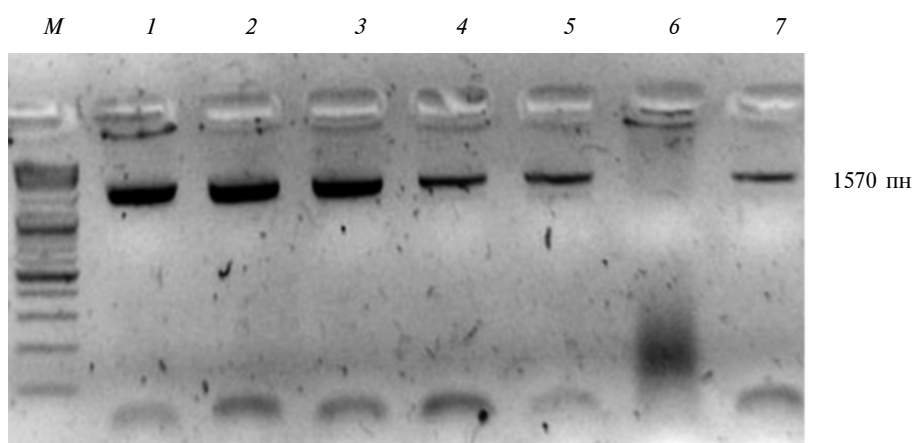


Рис. 4. Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК за локусом *Glu-B3b*:
1, 2 – Подолянка; 3, 4 – Ятрань 60; 5 – Веснянка; 6 – Панна; 7 – Володарка

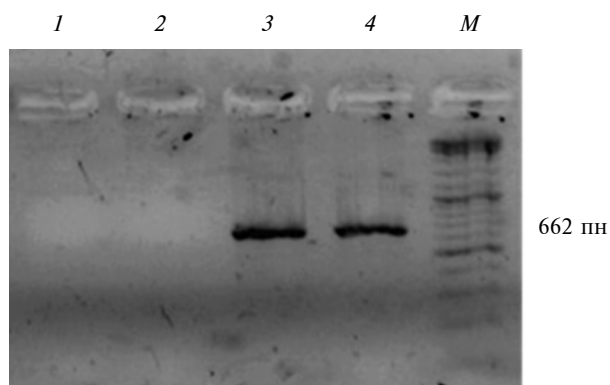


Рис. 5. Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК за локусом *Glu-B3d*:
1 – Гленлі; 2 – Федерер; 3, 4 – Мулан

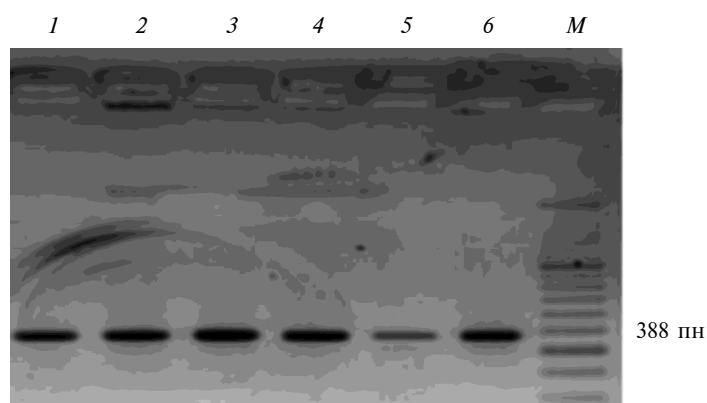


Рис. 6. Электрофореграма продуктів ампліфікації ДНК за локусом *Glu-D3* (показано алелі *c*, *e*):

1, 2 – Федерер; 3, 4 – Київська остиста; 5, 6 – Золотоколоса

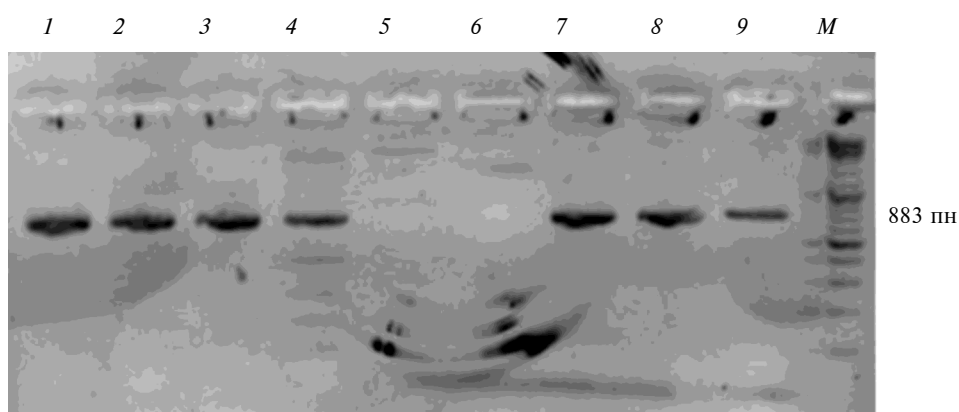


Рис. 7. Электрофореграма продуктів ампліфікації ДНК за локусом *Glu-D3* (показано алелі *a*, *b*, *d*):

1, 2 – Наталка; 3, 4 – Панна; 5, 6 – Київська остиста; 7–9 – Пивна

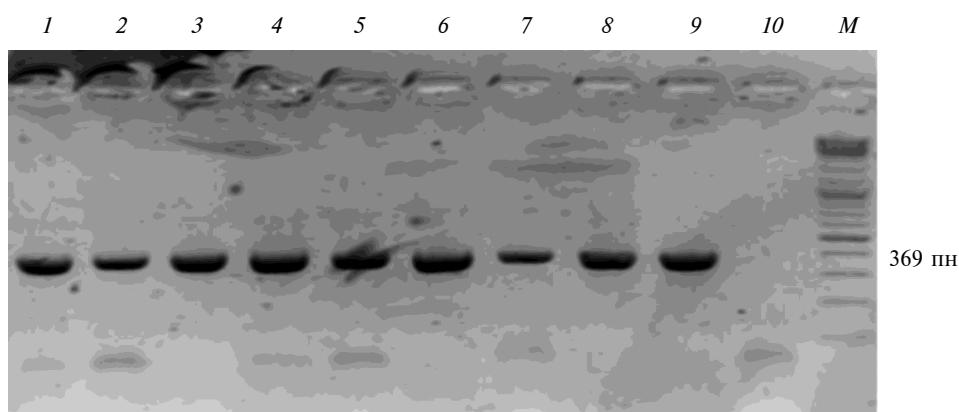


Рис. 8. Электрофореграма продуктів ампліфікації ДНК за маркером *Gli-B1.1*:

1–3 – Володарка; 4, 5 – Богдана; 6, 7 – Миронівська 808; 8, 9 – Ласуня; 10 – Панна

ПОЛИМОРФИЗМ СОРТОВ МЯГКОЇ ПШЕНИЦЬ

Glu-B3a, *Glu-B3g*, *Glu-B3h*, відсутність маркерів *Gli-B1.1* та *Gli-B1.2* — означає наявність алеля *Glu-B3j*.

Результати, отримані за використання маркерів, розроблених авторами праці [14], збігалися з результатами, отриманими за допомогою алель-специфічних праймерів. Отже, розроблена система ДНК-маркерів є надійною, її можна використовувати для виявлення алелів локусів низькомолекулярних глютенінів пшениці.

Проведено скринінг сортів пшениці за допомогою підібраних систем ДНК-маркерів. При дослідженні локусу *Glu-A3* було виявлено два алелі. В сортів Наталка, Ласуня, Ятрань 60, Володарка, Миронівська 30,

ТАБЛИЦЯ 2. Характеристика сортів м'якої пшениці за алелями локусів низькомолекулярних глютенінів *Glu-A3*, *Glu-B3*

№	Сорт	Алель	
		<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>
1	Наталка	<i>c</i>	<i>b</i>
2	Золотоколоса	—	<i>b</i>
3	Пивна	<i>d</i>	<i>j</i>
4	Київська остиста	<i>c</i>	<i>j</i>
5	Ласуня	<i>c</i>	<i>b</i>
6	Фаворитка	—	<i>j</i>
7	Смуглянка	—	<i>b</i>
8	Подоянка	<i>d</i>	<i>b</i>
9	Крижинка	—	<i>j</i>
10	Ятрань 60	<i>c</i>	<i>b</i>
11	Веснянка	—	<i>b</i>
12	Володарка	<i>c</i>	<i>b</i>
13	Богдана	<i>d</i>	<i>b</i>
14	Миронівська 808	—	<i>b</i>
15	Миронівська 30	<i>c</i>	<i>j</i>
16	Білява	<i>c</i>	<i>b</i>
17	Панна	—	<i>g</i>
18	Федерер	<i>c</i>	<i>g</i>
19	Оксана	<i>d</i>	<i>b</i>
20	Гленлі	—	<i>g</i>
21	Аранка	<i>c</i>	<i>b</i>
22	Грені	<i>c</i>	<i>b</i>
23	Трізо	<i>d</i>	<i>b</i>
24	Дворянка	<i>d</i>	<i>b</i>
25	Древлянка	<i>c</i>	—
26	Зимоярка	<i>c</i>	<i>g</i>
27	Недра	<i>c</i>	<i>g</i>
28	Нива Київщини	<i>d</i>	<i>b</i>
29	Новокиївська	<i>d</i>	<i>j</i>
30	Переяславка	<i>c</i>	<i>b</i>
31	Сонечко	<i>c</i>	<i>b</i>
32	Торчинська	—	<i>b</i>
33	Тюбальт	<i>c</i>	—
34	Хуторянка	<i>c</i>	<i>b</i>
35	Мулан	—	<i>d</i>

Білява, Федерер, Аранка, Грені, Древлянка, Зимоярка, Недра, Переяславка, Сонечко, Тюбальт, Хуторянка виявлено алель *Glu-A3c*.

Сорти Пивна, Подолянка, Богдана, Оксана, Трізо, Дворянка, Нива Київщини, Новокиївська містили алель *Glu-A3d*. У локусі *Glu-A3* переважав алель *c* з частотою 45 %, алель *Glu-A3d* траплявся з частотою 25 %.

При дослідженні локусу *Glu-B3* за допомогою алель-специфічних праймерів було встановлено, що сорти Пивна, Київська остиста, Фаворитка, Крижинка, Миронівська 30, Новокиївська несли алель *Glu-B3j*, сорт Мулан — *Glu-B3d*, сорти Панна, Федерер, Гленлі, Зимоярка, Недра — *Glu-B3g*, всі інші — алель *Glu-B3b* (табл. 2).

У локусі *Glu-B3* переважав алель *b* із частотою 60 %, виявлено також алелі *Glu-B3j* — 17 %, *Glu-B3g* — 14 %, *Glu-B3d* — 3 %.

Низькомолекулярні глютеніни певним чином впливають на показники якості пшениці. Автори праці [9] довели, що вони формують внесок 8,6 % в ознаку «показник седиментації» та визначили алельний склад локусу *Glu-B3* в 283 зразках пшениці. Загалом було виявлено 10 алелів у цьому локусі, алель *Glu-B3* — у 21,9 % зразків. Встановлено, що алелі *Glu-B3b*, *Glu-B3g*, *Glu-B3h* сприяють підвищенню показника седиментації борошна, а *Glu-D3a*, *Glu-B3c*, *Glu-B3j* — спричинюють його зменшення (табл. 3). Вплив інших алелів цього локусу на показник седиментації незначний.

У наших досліджах вплив алелів локусу *Glu-B3* на показник SDS-седиментації у досліджених сортів пшениці ілюструють такі дані:

Алель локусу <i>Glu-B3</i>	Середній показник SDS-седиментації
<i>Glu-B3b</i>	80
<i>Glu-B3g</i>	85
<i>Glu-B3j</i>	68

Автори праці [13] встановили значний вплив алеля *Glu-B3h* на показники хлібопекарської якості пшениці. В дослідженій нами групі сортів пшениці алель *Glu-B3h* не виявлений.

ТАБЛИЦЯ 3. Вплив алелів локусу *Glu-B3* на показник SDS-седиментації борошна (за [9])

Алель локусу <i>Glu-B3</i>	Частота зустрічальності, %	Середній показник SDS-седиментації	Діапазон показника SDS-седиментації
<i>Glu-B3a</i>	13,8	25,2	8,5—39,0
<i>Glu-B3b</i>	9,2	31,5	19,3—47,0
<i>Glu-B3c</i>	6,7	24,2	13,5—38,8
<i>Glu-B3d</i>	11,3	28,1	10,3—47,0
<i>Glu-B3e</i>	6,4	27,6	13,5—46,0
<i>Glu-B3f</i>	10,2	29,6	13,5—55,5
<i>Glu-B3g</i>	13,8	32,2	16,5—61,3
<i>Glu-B3h</i>	2,1	35,3	26,5—44,5
<i>Glu-B3i</i>	21,9	26,9	8,0—50,0
<i>Glu-B3j</i>	4,6	25,1	16,5—35,5

Отже, за допомогою ПЛР-аналізу визначено алельний стан локусів низькомолекулярних глютенінів *Glu-A3*, *Glu-B3*, *Glu-D3* у 35 сортів озимої м'якої пшениці. Ідентифіковано нові алелі в локусах низькомолекулярних глютенінів *Glu-A3*, *Glu-B3*. В локусі *Glu-B3* виявлено чотири алелі: *Glu-B3b*, *Glu-B3j*, *Glu-B3g*, *Glu-B3d*. Вперше ідентифіковано алель *g* в локусі низькомолекулярних глютенінів *Glu-B3* у пшениць, що культивуються в Україні, показано його позитивний вплив на показник седиментації.

1. Конарев В.Г. Белки пшеницы. — М.: Колос, 1980. — 351 с.
2. Полицук А.М., Чеботар С.В., Благодарова О.М. та ін. Аналіз сортів та майже ізогенних ліній м'якої пшениці за допомогою ПЛР з алель-специфічними праймерами до *Gli-1* та *Glu-3* локусів // Цитология и генетика. — 2010. — № 6. — С. 22–31.
3. Починок В.М., Маменко Т.П., Тарасюк О.І. та ін. Сучасний стан селекції пшениці озимої на якість зерна // Матеріали VI Міжнар. наук. конф. «Селекційно-генетична наука і освіта», (м. Умань, 15–17 березня 2017 р.). — Умань, 2017. — С. 205–209.
4. Починок В.М., Радченко О.М. Сучасний стан досліджень запасних білків пшениці // Физиология и биохимия культ. растений. — 2011. — 43, № 3. — С. 255–266.
5. Рибалка О.І., Морган Б.В., Починок В.М. Сучасні дослідження якості зерна пшениці у світі: генетика, біотехнологія та харчова цінність запасних білків // Там само. — 2012. — 44, № 1. — С. 2–22.
6. Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення. — К.: Логос, 2011. — 495 с.
7. Cornish G.B., Skylas D.J., Siriamornpun S. et al. Grain proteins as markers of genetic traits in wheat // Aust. J. Agr. Res. — 2001. — 52. — P. 1161–1171.
8. Gupta R.B., Shepherd K.W. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of glutenin. I. Variation and genetic control of the subunits in hexaploid wheats // Theor. Appl. Genet. — 1990. — 80. — P. 65–74.
9. Hongqi Si, Manli Zhao, Fuxia He et al. Effect of *Glu-B3* allelic variation on sodium dodecyl sulfate sedimentation volume in common wheat (*Triticum aestivum* L.) // Scientific world J. — 2013. — P. 1–5.
10. Payne P.I., Nightingale M.A., Krattinger A.F., Holt L.M. The relationship between HMW glutenin subunit composition and bread-making quality of British grown wheat varieties // J. Sci. Food Agr. — 1987. — 40. — P. 51–65.
11. Wang L., Li G., Pena R. et al. Development of STS marker and establishment of multiplex PCR for *Glu-A3* alleles in common wheat (*Triticum aestivum* L.) // J. Cereal Sci. — 2010. — 51. — P. 305–312.
12. Wang L., Zhao X., He Z. et al. Characterization of low-molecular-weight glutenin subunit *Glu-B3* genes and development of STS markers in common wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theor. Appl. Genet. — 2009. — 118. — P. 525–539.
13. Wang L., Zhen S., Luo N. et al. Low molecular weight glutenin subunit gene *Glu-B3h* confers superior dough strength and breadmaking quality in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Scientific report. — 2016. — P. 1–12.
14. Zhang W., Gianibelli M., Ma W. et al. Identification of SNPs and development of AS-PCR markers for gliadin alleles in *Triticum aestivum* // Theor. Appl. Genet. — 2003. — 107. — P. 130–138.
15. Zhao X., Zhao X., Xia Z. Novel DNA variations to characterise low molecular weight glutenin *Glu-D3* genes and develop STS markers in common wheat // Theor. Appl. Genet. — 2007. — 114. — P. 451–460.

Отримано 12.12.2017

ПОЛИМОРФИЗМ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ЛОКУСАМ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ГЛЮТЕНИНОВ

А.Н. Радченко

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

С помощью аллель-специфичных праймеров анализом полимеразной цепной реакции (ПЦР) определен аллельный состав локусов *Glu-A3*, *Glu-B3*, *Glu-D3* 35 сортов мягкой пше-

ницы. В локусе *Glu-A3* обнаружено два аллеля: *Glu-A3d*, *Glu-A3c*, преобладал аллель *Glu-A3c*, в локусе *Glu-B3* — четыре аллеля: *Glu-B3b*, *Glu-B3j*, *Glu-B3g*, *Glu-B3d*, преобладал аллель *Glu-B3b*. Определен показатель седиментации муки в исследованных образцах. В образцах с аллелем *Glu-B3g* средний показатель седиментации составлял 85, в образцах с аллелем *Glu-B3b* — 80. Аллели локуса *Glu-B3* можно разделить по их влиянию на показатель седиментации: $g > b > j$.

POLYMORPHISM OF SOFT WHEAT VARIETIES BY LOCI OF LOW MOLECULAR WEIGHT GLUTENINS

O.M. Radchenko

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

Using allele-specific primers, the allelic state of the *Glu-A3*, *Glu-B3*, *Glu-D3* loci of 35 soft wheat varieties was determined by PCR-analysis. Two alleles were detected in the *Glu-A3* locus: *Glu-A3d*, *Glu-A3c*; *Glu-A3c* allele prevailed. Four alleles were identified in the *Glu-B3* locus: *Glu-B3b*, *Glu-B3j*, *Glu-B3g*, *Glu-B3d*, the allele *Glu-B3b* predominated. The index of sedimentation in the investigated samples was determined. In samples that had the allele *Glu-B3g*, the average sedimentation index was 85, in samples having an allele of *Glu-B3b*, 80. The alleles of the *Glu-B3* locus can be divided according to their effect on the sedimentation index: $g > b > j$.

Key words: soft winter wheat, PCR-analysis, low molecular weight glutenins loci.