

СТАТЬИ

УДК 633.11:575

DOI 10.17513/use.38423

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛОКУСОВ, КОДИРУЮЩИХ ПРОЛАМИН, У МЕСТНЫХ И ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*T. AESTIVUM* L.)

Каримов А.Я., Садыгов Г.Б., Ибрагимова Ш.Г., Садыгова С.Б., Поладова Г.Г.

Институт генетических ресурсов, Баку, e-mail: akber_xocali@yahoo.com

В ходе исследования был проведен электрофоретический анализ запасных белков глиаина в зерне 34 местных и интродуцированных сортов мягкой пшеницы. Целью исследования являлась идентификация и паспортизация блоков аллельных компонентов локусов, кодирующих глиадин (Gli 1A, Gli 1B, Gli 1D, Gli 6A, Gli 6B, Gli 6D) в образцах мягкой пшеницы. В результате работы в локусах, кодирующих глиадин, сортов мягкой пшеницы было идентифицировано 43 известных и 1 новый блок аллельных компонентов. В глиадин-кодирующем локусе хромосомы 1A, контролирующем синтез запасных белков в зерне мягкой пшеницы сорта Алтынбашаг, был выявлен блок известных аллельных компонентов Gld 1A4. Были также идентифицированы: Gld 1B3 в локусе Gld 1B, Gld 1D1 в локусе Gld 1D, Gld 6A9 в локусе Gld 6A, Gld 6B9 в локусе Gld 6B и Gld 6D1 в локусе Gld 6D. Редкий аллель Gld 1A16 в локусе, кодирующем глиадин Gld 1A, нового образца мягкой пшеницы *T. aestivum* L. и новый компонентный блок аллели глиаина Gld 1B23Y были впервые идентифицированы в локусе Gld 1B. Наибольший полиморфизм наблюдался в локусах Gld 1A и Gld 1B, а наименьший – в локусе Gld 1D. Частота встречаемости блоков аллельных компонентов глиаина также была рассчитана в процентах. Частоты встречаемости среди образцов с блоком компонента аллеля глиаина составили: Gld 1A5 – 29,5%, Gld 1A4 – 26,5%, Gld 1B3 – 47,1%, Gld 1B1 – 23,5%, Gld 1D1 – 79,5%, а вновь выявленного аллеля Gld 1B23Y – 3,0%.

Ключевые слова: мягкая пшеница, глиадин, аллель, компонентный блок, локус, электрофоретический анализ, идентификация, полиморфизм, интродуцированные сорта

IDENTIFICATION OF PROLAMIN-CODING LOCI IN LOCAL AND INTRODUCED BREAD WHEAT (*T. AESTIVUM* L.) VARIETIES

Karimov A.Y., Sadygov G.B., Ibragimova S.G., Sadygova S.B., Poladova G.G.

Institute of Genetic Resources, Baku, e-mail: akber_xocali@yahoo.com

During the study, an electrophoretic analysis of gliadin storage proteins in the grain of 34 local and introduced bread wheat varieties was conducted. The aim of the research was the identification and cataloging of allele block components at loci encoding gliadin (Gli 1A, Gli 1B, Gli 1D, Gli 6A, Gli 6B, Gli 6D) in bread wheat samples. As a result, 43 known and 1 new block of allele components were identified at gliadin-encoding loci in bread wheat varieties. In the gliadin-encoding locus of chromosome 1A, responsible for the synthesis of storage proteins in the grain of the bread wheat variety Alтынbашаg, the known allele block Gld 1A4 was detected. Additionally, the following were identified: Gld 1B3 in locus Gld 1B, Gld 1D1 in locus Gld 1D, Gld 6A9 in locus Gld 6A, Gld 6B9 in locus Gld 6B, and Gld 6D1 in locus Gld 6D. A rare allele, Gld 1A16, in the gliadin-encoding locus Gld 1A of a new bread wheat sample *Triticum aestivum* L., and a new component block of the gliadin allele, Gld 1B23Y, were identified for the first time in the Gld 1B locus. The highest polymorphism was observed in the Gld 1A and Gld 1B loci, and the lowest in the Gld 1D locus. The frequency of occurrence of gliadin allele component blocks was also calculated as percentages. The frequencies among the samples with a gliadin allele component block were as follows: Gld 1A5 – 29.5%, Gld 1A4 – 26.5%, Gld 1B3 – 47.1%, Gld 1B1 – 23.5%, Gld 1D1 – 79.5%, and the newly identified allele Gld 1B23Y – 3.0%.

Keywords: bread wheat, gliadin, allele, component block, locus, identification, electrophoretic analysis, polymorphism, introduced varieties

Введение

Продукты питания, изготовленные из пшеницы в Азербайджанской Республике, являются одними из потребительских товаров, которые составляют повседневную потребность населения. Пищевая ценность пшеницы обусловлена богатством её зёрен, витаминами, каротиноидами, углеводами и белковыми веществами [1]. Аллельные блоки глиаина, связанные с качественными показателями, широко используются для повышения хлебопекарного качества мягкой пшеницы. Наряду с этим использование

белков глиаина и ISSR-маркеров при оценке генетического разнообразия зерновых культур является одной из актуальных задач современности [2; 3]. В ряде исследований выявлена тенденция к снижению уровня генетического разнообразия у современных сортов, что связано с использованием одних и тех же родительских форм в селекционных программах [4].

На основе метода A-PAGE был проведён электрофоретический анализ 150 сортов озимой мягкой пшеницы, в результате которого были выявлены 70 аллелей, кодируемых кла-

стерными генами на 6 локусах, кодирующих глиадины. По локусам глиадины 42% сортов оказались гетерогенными, а 58% – гомогенными. В исследуемых сортах значительное совпадение локусов глиадины составило 91,3%, однако 8,7% сортов твёрдой пшеницы не различались, несмотря на наличие одинаковых аллелей. Наиболее часто встречающиеся аллели составили 18,6% среди этих сортов. Разнообразие аллелей по локусу Gli-2 у сортов озимой мягкой пшеницы оказалось выше (47 аллелей), чем по локусу Gli-1 (23 аллеля), что обусловлено наличием редких аллелей. Для мягкой пшеницы были идентифицированы три новых аллеля по локусу Gli-A2 и два по локусу Gli-B2.

Глиадины и глютенны – белки запаса, и их кодирующие локусы передаются по наследству как генетически детерминированные признаки, оставаясь стабильными независимо от условий почвы, климата и агротехники. Это делает данные генетические маркеры актуальными для изучения генетического разнообразия растений и ускорения селекционных работ [5].

С 1980-х годов локусы, кодирующие глиадины, используются следующим образом: на хромосомах первой гомологичной группы располагаются локусы Gld A1, Gld B1, Gld D1 (также известные как Gli 1A, Gli 1B и Gli 1D, где A, B, D указывают на принадлежность к соответствующим геномам), а на хромосомах шестой гомологичной группы – Gld 6A, Gld 6B, Gld 6D [6].

Связь между компонентами глиадины и технологическими показателями зёрен подробно изучена в ряде исследований. Так, участие блоков компонентов глиадины Gld 1D4, Gld 1A11, Gld 1D10, Gld 6A24 и Gld 6D17 в генотипе сортов сопровождается повышением количества и качества клейковины. Кроме того, установлена связь между блоками Gld 1D4, Gld 1D10, Gld 6A24, Gld 6D2, Gld 6A7, Gld 6D6, Gld 1A11 и массой зёрен, а также между блоком Gld 6A17 и осаждением частиц муки, а аллель Gld 6D6 связан с хлебопекарными свойствами зёрен. Эти выводы были подтверждены в исследованиях С.В. Чеботаря и соавт. [7].

Аллельный состав генов VRN-1 и PPD-1, контролирующих сроки колошения, определён у 47 сортов яровой мягкой пшеницы, возделываемой в европейской части России. Аллель Ppd-D1b, определяющий фоточувствительность растений, присутствует у 95,7% сортов, аллель Vrn-A1a, обеспечивающий полную нечувствительность к пониженным температурам, – у 91,5% сортов,

ген VRN-B1 (аллели Vrn-B1c и Vrn-B1a) – у 85,1% сортов [8].

Целесообразно проведение исследований, направленных на выявление полиморфизма генетически детерминированных белков, то есть множества аллелей генов, синтезирующих эти белки, в живых организмах и создание набора маркеров генетического разнообразия. Изучение генетического разнообразия образцов мягкой и твёрдой пшеницы на основе белковых маркеров имеет важное значение [9; 10].

Поскольку глиадины и глютенны являются первыми продуктами экспрессии генов запасных белков, изучение полиморфизма образцов растений, их идентификация и связь белковых маркеров с качественными признаками зёрен играет важную роль как генетический маркер при решении многих научных задач [11].

Цель исследования – идентификация местных и интродуцированных сортов мягкой пшеницы на основе глиадиновых белковых маркеров и изучение их генетического расстояния.

Материалы и методы исследования

В исследовательской работе использовали 34 сорта мягкой пшеницы урожая 2023 года, полученные с Абшеронской научно-исследовательской базы Института генетических ресурсов и из НИИ Земледелия. Экстракцию и электрофоретический анализ запасных белков глиадины в зернах образцов мягкой пшеницы в полиакриламидных гелях (А-ПААГ) проводили на основе нового метода, полностью модифицированного Ф.А. Поперелей (1989) по методу Р.Р. Зильмана и В. Бушука (1979).

Экстракция глиадины: одно зерно взбивают и помещают в пробирку, добавляют к нему 250 мкл 70%-ного этанола. Экстракт в пробирке растворяют с помощью механической мешалки и выдерживают при комнатной температуре в течение 30 минут. Затем экстракт глиадины центрифугируют при 2500 об./мин. в течение 5 минут. Механической пипеткой отбирают 0,1 мл приготовленного спиртового экстракта глиадины и добавляют в чистую пробирку. К нему добавляют 0,2 мл раствора загустителя (7, 14).

Для определения генетического родства сортов мягкой пшеницы использовали статистическую компьютерную программу DARWIN-6. С помощью этого метода определяли генетическую дистанцию на основе индекса генетического сходства различных образцов мягкой пшеницы.

Результаты исследования и их обсуждение

В стране достигнуты значительные практические результаты в использовании белковых маркеров (глиаина и клейковины) для идентификации сельскохозяйственных культур, улучшения семеноводства и контроля качества тканей.

Электрофоретический анализ запасных белков проламина показал, что аллельные варианты блоков компонентов глиаина различаются между собой по суммарным электрофоретическим спектрам, скорости миграции компонентов в геле и визуальному виду спектров. В 34 местных и интродуцированных сортах мягкой пшеницы было обнаружено 44 блока аллельных компонентов глиаина в шести локусах, ответственных за их кодирование. В ходе научных исследований белки глиаина условно разделены на четыре группы, известные как ω -, γ -, β - и α -глиаины (рис. 1, табл.).

Генетическую идентификацию сортов мягкой пшеницы проводили на основе каталога (маркера) блоков аллельных компонентов глиаина сорта Безостая-1 по локусам *Gld 1A*, *Gld 1B*, *Gld 1D*, *Gld 6A*, *Gld 6B*, *Gld 6D*. В качестве маркерных сортов использовали сорта мягкой пшеницы Безостая-1, Анза и Румели. При анализе локусов, кодирующих глиадин, было установ-

лено, что наибольшее количество полиморфизмов наблюдается в локусах *Gld 1A*, *Gld 6A* и *Gld 1B*, тогда как наименьший полиморфизм был зафиксирован в локусе *Gld 1D*. В ходе анализов также рассчитывали частоту встречаемости блоков аллельных компонентов глиаина в процентах. Частота встречаемости блоков аллельных компонентов составила: *Gld 1A5* – 29,5%, *Gld 1A4* – 26,5%, *Gld 1A10* – 11,7%, *Gld 1A6* – 8,8%, *Gld 1A15* – 5,8%, *Gld 1A16* – 0,8,8%, *Gld 1A3* – 3,0%, *Gld 1A7* – 3,0%, *Gld 1A19* – 2,9%, *Gld 1B3* – 47,1%, *Gld 1B1* – 23,5%, *Gld 1B6* – 8,8%, *Gld 1B11* – 3,0%, *Gld 1B12* – 2,9%, *Gld 1D1* – 79,5% и новый *Gld 1B23Y* – 3,0%. Наконец, аллели глиаина можно расположить в следующем порядке по частоте встречаемости: *Gld 1D1* > *Gld 1B3* > *Gld 1B1* > *Gld 1A5* > *Gld 1A4* > *Gld 1A10* > *Gld 1A6* > *Gld 1A16* > *Gld 1A15* > *Gld 1A3* > *Gld 1A19* > *Gld 1B6* > *Gld 1B11* > *Gld 1B12* > *Gld 1B21* > *Gld 1B23* (таблица).

В результате электрофоретического анализа (метод А-ПААГ) запасных белков глиаина в зерне мягкой пшеницы сорта Алтынбашаг были выявлены блоки аллельных компонентов: *Gld 1A4* в глиадин-кодирующем локусе хромосомы 1А, который контролирует синтез запасных белков. Также идентифицированы аллели.

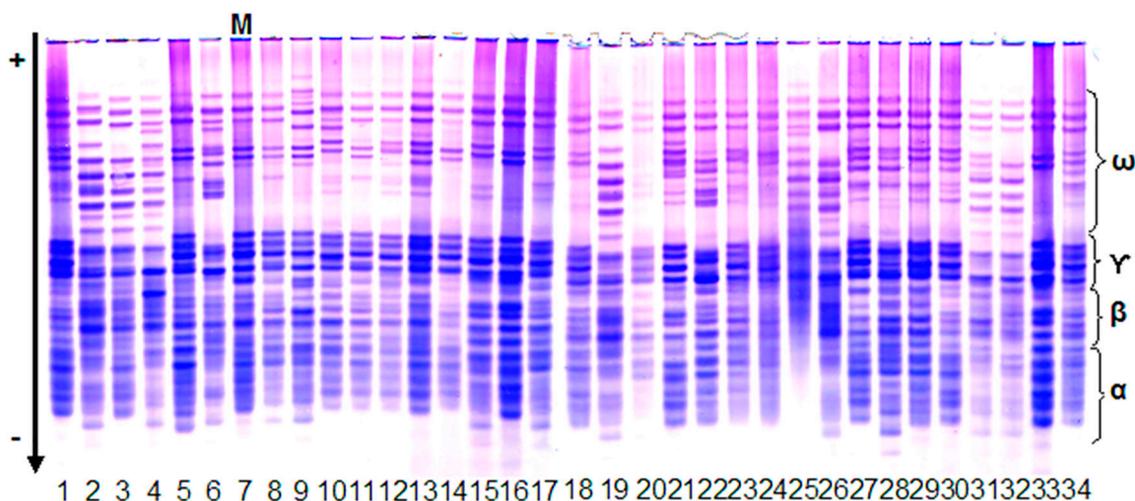


Рис. 1. Электрофорограммы глиаина местных и интродуцированных образцов мягкой пшеницы: 1 – Алтынбашаг; 2 – Узур; 3 – Тале-38; 4 – Азаматли-95; 5 – 130/121 (*T. aestivum* L.); 6 – 130/32 (*T. aestivum* L.); 7 – Безостая-1 (marker); 8 – Анза; 9 – Румели; 10 – Гийметли 2/17; 11 – Нурлу 99; 12 – Сема; 13 – Джумхурийет; 14 – Гырмызыгюл 1; 15 – Дейирман; 16 – Хазри; 17 – Гобустан; 18 – Дагташ; 19 – Саратовская; 20 – Топхана; 21 – Гюлаблы; 22 – Хангызы; 23 – Фидан 98; 24 – Екинчи-84; 25 – Пиршахин 1; 26 – Гюнешли; 27 – Балатон; 28 – Байрактар; 29 – Гаудио; 30 – Каллио; 31 – Юка; 32 – Батико; 33 – Ясаул; 34 – Аран
Примечание: составлено авторами

Генетические формулы локусов, кодирующих глиадин, у сортов мягкой пшеницы

№	Наименование образца	Gld1A	Gld1B	Gld1D	Gld 6A	Gld 6B	Gld 6D
1	Алтынбашак	4	3	1	9	9	1
2	Угур	4	1	1	1	1	4
3	Тале-38	4	3	3	1	2	1
4	Азаматли-95	6	3	1	4	1	3
5	130/121 (<i>T. aestivum</i> L.)	10	6	1	4	3	4
6	130/32 (<i>T. aestivum</i> L.)	16	23 Y	1	1	3	10
7	Безостая-1 (marker)	4	1	1	1	1	1
8	Анза	4	1	1	1	2	2
9	Румели	4	1	5	14	2	1
10	Гийметли-2/17	5	1	1	2	2	2
11	Нурлу-99	5	3	1	4	2	2
12	Сема	5	1	1	4	1	1
13	Джумхурийет	4	3	1	9	2	9
14	Гырмызыгюл-1	5	1	1	2	2	2
15	Дейирман	5	12	1	10	8	7
16	Хазри	16	11	1	9	6	4
17	Гобустан	5	21	1	4	2	3
18	Дагдаш	4	1	1	1	1	3
19	Саратовская-29	5	4	1	1	1	1
20	Топхана	15	6	1	11	7	10
21	Гюлаблы	19	3	8	2	4	4
22	Хангызы	7	3	8	9	7	3
23	Фидан-98	10	3	1	3	6	3
24	Акинчи-84	3	3	1	1	1	1
25	Пиршахин-1	6	3	5	1	1	1
26	Гюняшли	5	3	3	2	1	2
27	Балатон	5	3	1	9	4	2
28	Байрагтар	4	6	1	3	9	2
29	Гаудио	5	3	1	8	6	3
30	Каллио	15	3	1	11	1	10
31	Юка	10	3	1	2	2	9
32	Батико	10	3	1	8	11	7
33	Ясаул	16	18	1	10	1	1
34	Аран	6	4	8	1	1	1

Примечание: составлено авторами.

Были идентифицированы аллели в сорте мягкой пшеницы Джумхурийет: *Gld 1A4* в локусе *Gld 1A*, *Gld 1B3* в локусе *Gld 1B*, *Gld 1D1* в локусе *Gld 1D*, *Gld 6A9* в локусе *Gld 6A*, *Gld 6B2* в локусе *Gld 6B* и *Gld 6D9* в локусе *Gld 6D*. Идентифицированы следующие блоки аллельных компонентов в сорте мягкой пшеницы Дайирман: *Gld 1A5* в локусе *Gld 1A*, *Gld 1B12* в локусе *Gld 1B*, *Gld 1D1* в локусе *Gld 1D*, *Gld 6A10* в локусе *Gld 6A*, *Gld 6B8* в локусе *Gld 6B*, *Gld 6D7* в локусе *Gld 6D*. Также были идентифици-

рованы блоки аллельных компонентов *Gld 1A 16* в локусе *Gld 1A* нового сорта мягкой пшеницы Хазри, редкие аллели *Gld 1B11* в локусе *Gld 1B*, *Gld 1D1* в локусе *Gld 1D*, *Gld 6A10* в локусе *Gld 6A*, *Gld 6B6* в локусе *Gld 6B* и *Gld 6D4* в локусе *Gld 6D*. В местном сорте мягкой пшеницы Топхана также выявлены аллели *Gld 1A15* в локусе *Gld 1A*, *Gld 1D1* в локусе *Gld 1D*, *Gld 6A11* в локусе *Gld 6A*, *Gld 6B7* в локусе *Gld 6B* и *Gld 6D10* в локусе *Gld 6D* (рис. 2).

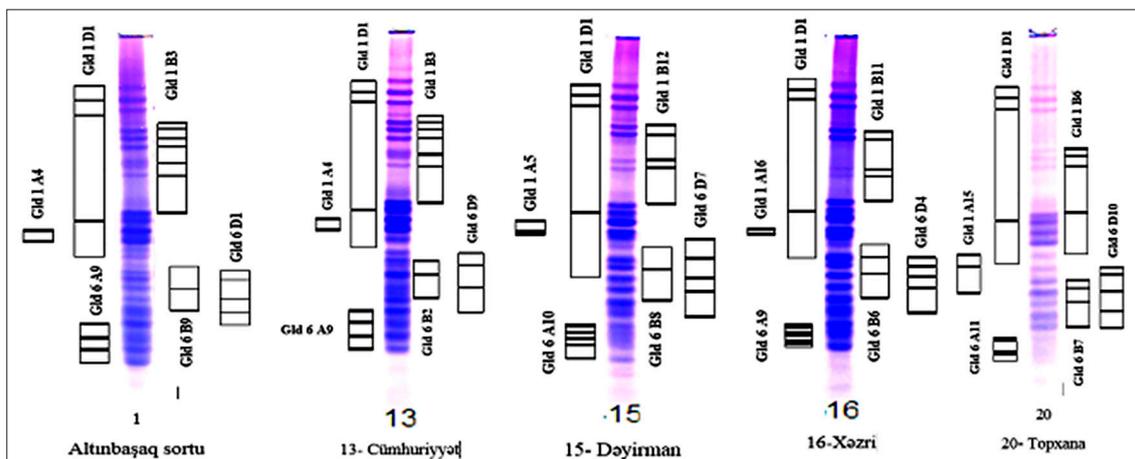


Рис. 2. Блоки аллельных компонентов глиадина, выявленных у сортов мягкой пшеницы Алтынбашаг, Джумхурийет, Дейрман, Хазри и Топхана
Примечание: составлено авторами

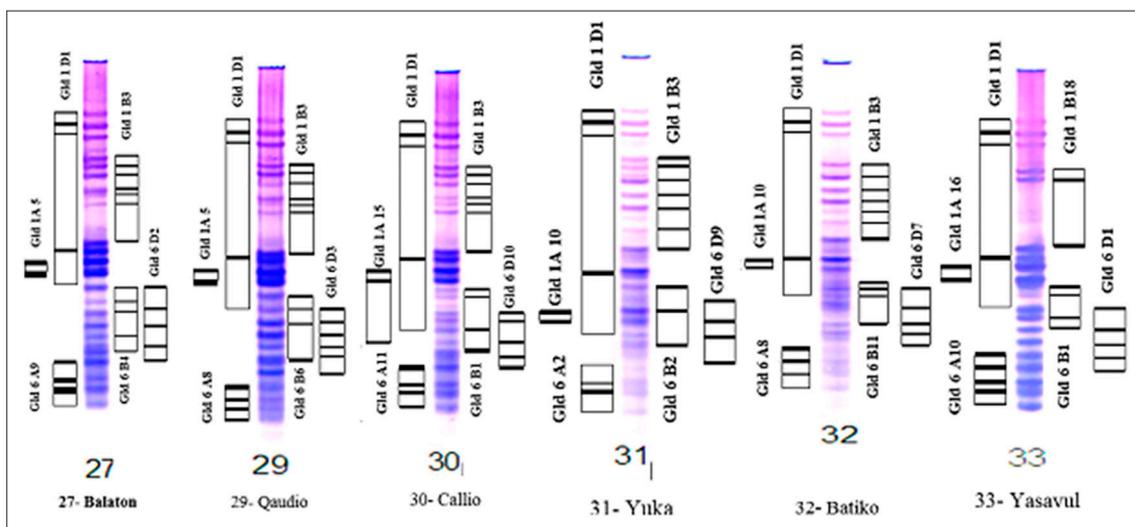


Рис. 3. Блоки аллельных компонентов глиадина, выявленные на электрофореграммах сортов мягкой пшеницы Балатон, Квадийо, Каллио, Юка, Батико и Ясавул, интродуцированных из России
Примечание: составлено авторами

Для сорта Квадийо были определены аллели Gld 1A5 в локусе Gld 1A, Gld 1B3 в локусе Gld 1B и Gld 1D1 в локусе Gld 1D. Эти же аллели были обнаружены и у сорта Балатон. Кроме того, были выявлены различные аллели в локусах Gld 6A (Gld 6A8), Gld 6B (Gld 6B6) и Gld 6D (Gld 6D3).

В интродуцированном сорте мягкой пшеницы Каллио в глиадин-кодирующем локусе Gld 1A был идентифицирован уникальный аллель Gld 1A15, тогда как в локусах Gld 1B (Gld 1B3) и Gld 1D (Gld 1D1) были обнаружены те же аллели, что и у ранее упо-

мянутых сортов. Однако в локусах Gld 6A (Gld 6A11), Gld 6B (Gld 6B1) и Gld 6D (Gld 6D10) были выявлены различные аллели.

Анализ показал, что аллели в глиадин-кодирующих локусах Gld 1A, Gld 1B и Gld 1D у интродуцированных российских сортов мягкой пшеницы были идентичны, тогда как аллели в локусах Gld 6A, Gld 6B и Gld 6D значительно различались. Наиболее часто встречающиеся аллели не только адаптировались к данным условиям, но и были широко распространены в местной среде. В частности, аллель Gld

1D1 в глиадин-кодирующем локусе Gld 1D чаще встречается в новых селекционных сортах, а также в древних народных сортах.

У интродуцированных сортов мягкой пшеницы Yuka и Batiko блоки аллельных компонентов глиадина в локусах Gld 1A (Gld 1A10), Gld 1B (Gld 1B3) и Gld 1D (Gld 1D1) были одинаковыми. Однако у сорта Юка были идентифицированы различные блоки аллельных компонентов глиадина: Gld 6A2 в локусе Gld 6A, Gld 6B2 в локусе Gld 6B и Gld 6D9 в локусе Gld 6D. У сорта Батико были выявлены следующие различные аллели: Gld 6A8 в локусе Gld 6A, Gld 6B11 в локусе Gld 6B и Gld 6D7 в локусе Gld 6D.

В интродуцированном сорте мягкой пшеницы Ясавул были выявлены различные аллели: Gld 1A16 в локусе Gld 1A и Gld 1B18 в локусе Gld 1B, а также известный аллель Gld 1D1 в локусе Gld 1D. Кроме того, были определены блоки аллельных компо-

нентов глиадина Gld 6A10 в локусе Gld 6A, Gld 6B1 в локусе Gld 6B и Gld 6D1 в локусе Gld 6D (рис. 3).

Во время анализа исследований было установлено, что частота встречаемости блоков аллельных компонентов глиадина у новых местных образцов мягкой пшеницы варьировалась. В частности, среди мягких сортов пшеницы чаще всего встречались аллели Gld 1A5 и Gld 1A4 в глиадин-кодирующих локусах хромосомы 1A, Gld 1B1 и Gld 1B3 в глиадин-кодирующих локусах хромосомы 1B, а также Gld 1D1 в глиадин-кодирующих локусах хромосомы 1D по сравнению с блоками Gld 1A15, Gld 1A16 и Gld 1A6. В новых сортах мягкой пшеницы Гюлаблы и Хангызлы был обнаружен блок аллельных компонентов глиадина Gld 1D8, который не встречался у других сортов. Этот глиадиновый блок ранее был зафиксирован только у старого сорта мягкой пшеницы Аран.

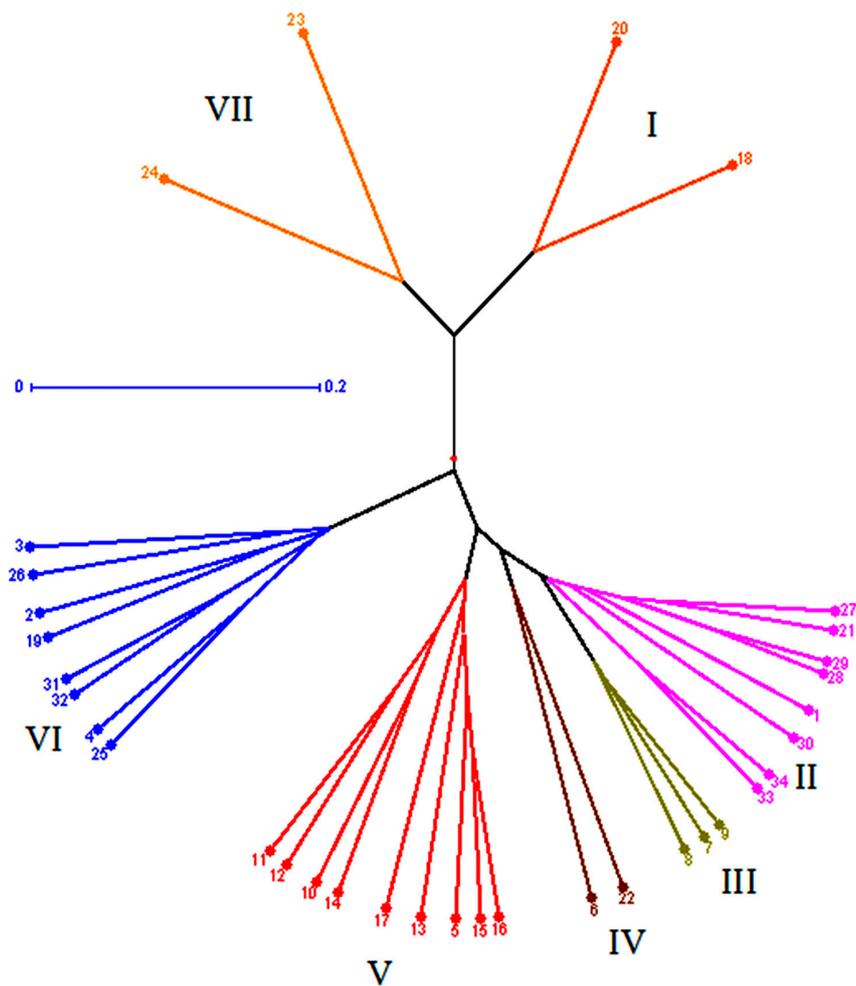


Рис. 4. Дендрограмма, отражающая генетическое родство образцов мягкой пшеницы с запасными глиадиновыми белками
Примечание: составлено авторами

После экстракции запасных глиадиновых белков из зерен местных и интродуцированных образцов мягкой пшеницы и проведения их электрофоретического анализа полосы (электрофоретический спектр) были пронумерованы методом бинарной номенклатуры «1» и «0». Совпадающие полосы обозначались «1», а отсутствующие в соответствующей области – «0». Генетическое родство было определено методом Жаккара. Для оценки генетической близости образцов использовалась компьютерная программа Darwin 6, с помощью которой была построена дендрограмма, отражающая генетическое родство образцов мягкой пшеницы на основе маркеров глиадиновых белков.

Как видно на рисунке 4, дендрограмма разделена на 7 основных групп. Сорты под номерами 18 и 20 (Dağdaş и Topxana) локализовались в первом кластере и генетически значительно отличались от остальных образцов. Образцы под номерами 1, 21, 27, 28, 29, 30, 33 и 34 сгруппировались во втором кластере. Маркерный сорт Безостая-1, а также образцы Анза и Румели находились в третьем кластере. Образцы 130/32 (*T. aestivum* L.) и Ханкызы были отнесены к четвертому кластеру. Генотипы с номерами 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 и 17 сформировали пятый кластер.

В шестом кластере разместились образцы с номерами 2, 3, 4, 19, 25, 26, 31 и 32, а сорта Фидан-98 и Экинчи-84 попали в седьмой кластер. На основе результатов кластерного анализа можно сделать вывод, что генетически удаленные образцы могут быть использованы в будущих селекционных программах (рис. 4).

В ходе исследования местных и интродуцированных сортов мягкой пшеницы, в зависимости от объема их генетической базы, можно сделать вывод, что проведенные анализы полностью оправдали себя. Было установлено, что глиадиновые аллели с более высокой частотой встречаемости (Gld 1D1, Gld 1A5, Gld 1A4, Gld 1A10, Gld 1A16, Gld 1B3, Gld 1B1 и Gld 1B6) хорошо адаптированы к климатическим условиям Азербайджанской Республики. С другой стороны, была проведена идентификация электрофореграмм глиадиновых белков новых сортов, и эти сорта могут быть использованы в качестве исходного материала для селекции в будущем как родительские формы.

Кроме того, прогрессивное преимущество электрофоретического анализа глиадиновых запасных белков заключается в том, что он позволяет не только быстро харак-

теризовать генотипы, которые находятся близко друг к другу по белковым маркерам, но и обнаруживать гетерогенные сорта. Поэтому на основе состава компонентов глиадиновых запасных белков можно определить генетическую чистоту образцов. В связи с этим был определен сортовой полиморфизм внутри сортов, основанный на составе этих белков. В ходе исследования, путем определения генетической маркерной ценности аллелей глиадин-кодирующих локусов, контролирующих синтез глиадиновых запасных белков, была достигнута возможность использования маркерной селекции на основе белков.

Выводы

1. У 34 образцов местной и интродуцированной мягкой пшеницы, на основе маркера известного сорта Bezostaya-1, было установлено, что частота встречаемости аллелей локусов, кодирующих глиадин, у сортов азербайджанского, турецкого и российского происхождения различается.

2. В сортах мягкой пшеницы на локусах, кодирующих глиадины (Gld 1A, Gld 1B, Gld 1D, Gld 6A, Gld 6B, Gld 6D), было идентифицировано 43 известных глиадиновых аллеля, а у образца 130/32 *T. aestivum* L. на локусе Gld 1B был выявлен новый компонентный блок глиадинового аллеля Gld 1B 23Y.

3. На основе анализа дендрограммы, построенной на основе глиадиновых запасных белков, было установлено, что сорта Дагдаш и Топхана, расположенные в первом кластере, а также сорта Фидан-98 и Экинчи-84, сгруппированные в седьмом кластере, генетически удалены друг от друга.

Список литературы

1. Пенева Т.И., Мартыненко Н.М., Кудрявцева Е.Ю. Анализ по спектрам глиадина генетической структуры устойчивых к бурой ржавчине образцов тритикале из коллекции // Биотехнология и селекция растений. 2019. № 2. С. 6-13. DOI: 10.30901/2658-6266-2019-2-6-13.
2. Копусь М.М., Ионова Е.В., Марченко Д.М. Проламинны зерна пшениц – от биохимии к генетике и селекции // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4. С. 54-60. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-54-60.
3. Wang D.W., Li D., Wang J. et al. Genome-wide analysis of complex wheat gliadins, the dominant carriers of celiac disease epitopes // Sci Rep. 2017. Vol. 16. Is. 7. № 44609. DOI: 10.1038/srep44609.
4. Altenbach S.B., Chang H.-C., Simon-Buss A., Mohr T., Huo N., Gu Y.Q. Exploiting the reference genome sequence of hexaploid wheat: A proteomic study of flour proteins from the cultivar Chinese Spring // Funct. Integr. Genom. 2020. Vol. 20. С. 1–16. DOI: 10.1007/s10142-019-00694-z.
5. Аббасов М.А. Генотипирование образцов мягкой пшеницы (*T. aestivum* L.) Азербайджана на основе kasp технологии // Успехи современного естествознания. 2019. № 8. С. 7-12. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37175> (дата обращения: 03.07.2025).

6. Новосельская-Драгович А.Ю., Беспалова Л.А., Шишкина А.А., Мельник В.А., Упелник В.П., Фисенко А.В., Дедова Л.В., Кудрявцев А.М. Генетика изучения генетического разнообразия сортов мягкой озимой пшеницы по глиадинокодирующим локусам // *Генетика*. 2015. № 51 (3). С. 324-333. DOI: 10.7868/S0016675815030108.
7. Yakymchuk R.A. Analysis of gliadin-encoding loci in mutant plants of winter wheat, induced by technogenic contamination of natural environment // *Fiziol. rosl. genet.* 2017. Vol. 49. No. 5. P. 405-413. DOI: 10.15407/frg2017.05.405.
8. Urade R., Sato N., Sugiyama M. Gliadins from wheat grain: an overview, from primary structure to nanostructures of aggregates // *Biophys Rev.* 2018 Apr. Vol. 10(2). P. 435-443. DOI: 10.1007/s12551-017-0367-2.
9. Губарева Н.К., Гаврилук И.П., Конарев А.В. Идентификация сортов сельскохозяйственных культур по электрофоретическим спектрам запасных белков // *Аграрная Россия*. 2015. № 11. С. 21-27. DOI: 10.30906/1999-5636-2015-11-21-27.
10. Cho K., Jang Y.-R., Lim S.-H., Altenbach S.B., Gu Y.Q., Simon-Buss A., Lee J.-Y. Proteomic Determination of Low-Molecular-Weight Glutenin Subunit Composition in Aroona Near-Isogenic Lines and Standard Wheat Cultivars // *Int. J. Mol. Sci.* 2021. Vol. 22. № 7709. DOI: 10.3390/ijms22147709.
11. Янковская А.А., Фисенко А.В., Драгович А.Ю. Генетическое разнообразие сортов яровой мягкой пшеницы европейской части России по генам VRN и PPD, определяющим сроки колошения // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021. Vol. 57(3). С. 332-343. DOI: 10.31857/S0016675821030061.
12. Novoselskaya-Dragovich A.Y. Genetics and genomics of wheat: Storage proteins, ecological plasticity, and immunity // *Russ J Genet* 51. 2015. P. 476-490. DOI: 10.1134/S102279541505004X.
13. Sewon Kim, Jae-Ryeong Sim, Yong Q Gu, Susan B. Altenbach, Sandra Denery-Papini, Florence Pineau, Olivier Tranquet, Yu-Jeong Yang, Eun Ji Park, Sun-Hyung Lim, Chon-Sik Kang, Changhyun Cho, Jong-Yeol Lee. Towards reducing the immunogenic potential of wheat flour: Identification and characterization of wheat lines missing omega-5 gliadins encoded by the 1D chromosome // *Theoretical and Applied Genetics*. 2023. Vol. 136. № 33. DOI: 10.1007/s00122-023-04295-0.
14. Naxin Huo, Tingting Zhu, Shengli Zhang, Toni Mohr, Ming-Cheng Luo, Jong-Yeol Lee, Assaf Distelfeld, Susan Altenbach, Yong Q Gu. Rapid evolution of α -gliadin gene family revealed by analyzing Gli-2 locus regions of wild emmer wheat // *Funct Integr Genomics*. 2019 Jun 13. Vol. 19(6). P. 993-1005. DOI: 10.1007/s10142-019-00686-z.
15. Melnikova N.V., Kudryavtseva A.V., Kudryavtsev A.M. Catalogue of alleles of gliadin-coding loci in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // *Biochimie*. 2012 Feb. Vol. 94(2). P. 551-557. DOI: 10.1016/j.biochi.2011.09.004.