

УДК 577.21:575.113

Е. А. ФОМИНА¹, Н. А. КАРТЕЛЬ¹, С. И. ГРИБ², С. Н. КУЛИНКОВИЧ², С. В. МАЛЫШЕВ¹

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ МАРКЕРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM*)

¹Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, e-mail: E.Fomina@igc.bas-net.by

²Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Жодино

(Поступила в редакцию 17.12.2013)

Введение. Пшеница – один из наиболее важных видов злаков, культивируемых как в Республике Беларусь, так и во всем мире. Ее посевные площади в 2012 г. составили 703,5 тыс.га [1]. В настоящее время в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород, допущенных к использованию в производстве на территории Беларуси ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» включены 17 сортов яровой и 40 сортов озимой гексаплоидной пшеницы.

Идентификация сортов, линий и гибридов пшеницы является неотъемлемым элементом селекции и семеноводства и обеспечивает защиту авторских прав селекционных учреждений, позволяет следить за чистотой сорта и соответствием его известному стандарту. Идентификацию сортового материала традиционно проводят по морфологическим признакам. Однако наиболее удобными и надежными методами идентификации сортов растений можно считать молекулярные методы анализа генома, основанные на использовании ДНК-маркеров.

На сегодняшний день разработано огромное количество ДНК-маркеров, пригодных для идентификации генотипов растений. Среди них довольно широкое применение получили микросателлитные (или SSR) маркеры. Они расположены по всему геному высших эукариот и составляют значительную его часть. Благодаря таким качествам, как воспроизводимость, мультиаллельная природа, кодоминантный принцип наследования, хромосомоспецифичность они могут служить высокоинформативными генетическими маркерами. Кроме того, благодаря полиморфности микросателлиты обладают высоким потенциалом для их использования в изучении эволюционных процессов, что делает возможным определение степени родства между сортами [2, 3]. Подобного рода исследования с помощью SSR-маркеров для оценки генетического разнообразия сортов гексаплоидной пшеницы были проведены для сортов из Африки, Азии, Европы и Океании [4], европейских сортов [5, 6], яровых сортов СИММУТ (International Maize and Wheat Improvement Center) [7], для китайских сортов [8]. Также отдельно были проанализированы болгарские сорта озимой пшеницы [9], польские [10], египетские [11], турецкие сорта [12] и др.

Цель данной работы – разработка методики ДНК-паспортизации сортов пшеницы, внесенных в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород, допущенных к использованию в производстве на территории Республики Беларусь, а также проведение анализа генетического разнообразия коллекции белорусских и зарубежных сортов гексаплоидной пшеницы (*Triticum aestivum* L.), выращиваемых в Беларуси. В исследовании были использованы микросателлитные маркеры к А-, В- и D- геному.

Материалы и методы исследования. *Растительный материал.* Семена сортов мягкой пшеницы, внесенных в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород, допущенных к использованию в производстве на территории Республики Беларусь, были предоставлены

ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений», а также лабораториями тритикале и озимой пшеницы РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» (г. Жодино). Данные о происхождении сортов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Данные о происхождении сортов мягкой пшеницы, культивируемых в Беларуси

Сорт	Тип	Оригинатор
Akteur	Озимый	DSV
Triso	Яровой	DSV
Lars	Озимый	Nordsaat Saatzuchtgesellschaft mbH
Bogatka, Finezja	Озимый	Danko Hodowla Roslin Sp. z.o.o.
Bombona	Яровой	Danko Hodowla Roslin Sp. z.o.o.
Sukces, Turnia, Nutka, Tonacja	Озимый	IHAR Hodowla Roslin Strzelce Sp. z.o.o.
Korynta, Koksa	Яровой	IHAR Hodowla Roslin Strzelce Sp. z.o.o.
Izida	Озимый	Hodowla Roslin Szelejewo Spolka zo.o
Dorota, Olyvin	Озимый	RAGT2n
Веда, Зарица, Ядвися	Озимый	УО «Гродненский государственный аграрный университет»
Капылянка, Гармония, Каравай, Былина, Легенда, Щара, Саната, Завет, Прэм'ера, Спектр, Узлет, Фантазия, Сюита	Озимый	РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»
Виза, Ростань, Дарья, Рассвет, Тома, Сабина, Василиса	Яровой	РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»

ДНК из зерен выделяли по методу, предложенному J. Plaschke et al. [13]. Нуклеотидная последовательность используемых праймеров и условия амплификации были взяты из исследования M. S. Röder et al. [14].

Состав ПЦР реакционной среды для амплификации объемом 12,5 мкл был следующий: буфер для Taq полимеразы «А», 1×, без MgCl₂; MgCl₂, 1,5 мМ; НТФ, 0,2 мМ; праймеры, 0,25 нМ; Taq-полимераза, 0,5 ЕА; ДНК – 50 нг. Для анализа использовались праймеры и реактивы для ПЦР производства компании «Праймтех» (Минск). Продукты амплификации разделяли методом электрофореза в секвенирующем акриламидном геле с использованием ДНК-секвенатора ALFexpress II (Amersham Biosciences).

Анализ данных. Результаты разделения продуктов амплификации документировали в виде фрагментов или пиков. Длина фрагментов или пиков соответствует длине аллелей исследуемых образцов. Расчет длин аллелей в изучаемых образцах проводился с использованием программы Fragment Analyzer 1.02.

Расчет частоты аллелей, проведение на их основе расчета индекса информативности (PIC) SSR-маркеров, построение отдельных филогенетических деревьев методом ближайших соседей (Neighbor-joining) на основе генетических дистанций между сортами, рассчитанных по формуле, предложенной M. Nei [15], и бутстреп-анализ (Bootstrap analysis) были осуществлены при помощи компьютерной программы Power Marker v 3.0 [16].

Полученные данные бутстреп-анализа были использованы для построения консенсусного дерева при помощи приложения Phylip-3.69 [17]. Для расчета наблюдаемой (Ho) и ожидаемой гетерозиготности (He) была использована компьютерная программа GenAlEx (Genetic Analysis in Excel) [18].

Результаты и их обсуждение. Нами было исследовано генетическое разнообразие 38 генотипов пшеницы белорусской и зарубежной селекции с применением 16 различных SSR-маркеров, расположенных на разных хромосомах пшеницы.

С использованием данных SSR-маркеров в коллекции сортов пшеницы был идентифицирован 91 аллель. Число обнаруженных аллелей колебалось от 2 для маркера Xgwm0003 до 9 для маркеров Xgwm0389, Xgwm0577, Xgwm0437.

В среднем наблюдалось по 5,7 аллелей на маркер. Причем различие в уровне полиморфизма между сортами зарубежной (в среднем 4,5 аллеля на локус) и белорусской (в среднем 5,3 аллеля

на локус) селекции, возделываемых в Беларуси, было незначительным. Сорты яровой пшеницы оказались менее полиморфными (в среднем 3,1 аллеля на локус) по сравнению с сортами озимой пшеницы (в среднем 5,1 аллеля на локус). Наблюдаемые различия могут быть связаны с тем, что количество зарубежных сортов (15) было меньше, чем белорусских (23), а количество яровых сортов (11) меньше озимых (27). При сравнении геномов выяснилось, что наиболее полиморфным является В-геном (в среднем 6,9 аллелей на локус) по сравнению с А- и D-геномами (4,7 и 4,8 аллеля на локус соответственно), что согласуется с данными, полученными X. Q. Huang et al. [4], где наиболее полиморфным также оказался В-геном (в среднем 19,9 аллелей на локус) по сравнению с А- и D-геномами (17,4 и 16,5 аллеля на локус соответственно).

Нами были рассчитаны частоты встречаемости выявленных аллелей, которые послужили основой для расчета индекса информативности (PIC) для каждого маркера, а также для проведения кластерного анализа. PIC колебался от 0,172 для маркера Xgwm0003 до 0,825 для Xgwm0389. В среднем он составлял 0,6.

Мы сравнили полученные данные для сортов белорусской и зарубежной селекции, возделываемых в Беларуси, с данными, полученными M. S. Röder et al. [5] для коллекции сортов, возделываемых в других европейских регионах. Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Число аллелей и индекс информативности (PIC) SSR-маркеров пшеницы для сортов из Государственного реестра и коллекции сортов, культивируемых в других европейских регионах

Локус	Хромосома	Сорта из Государственного реестра						Сорта, культивируемые в других европейских регионах*	
		Сорта зарубежной селекции		Сорта белорусской селекции		Общее значение		PIC	Число аллелей
		PIC	Число аллелей	PIC	Число аллелей	PIC	Число аллелей		
Xgwm0357	1A	0,370	3	0,258	4	0,314	4	0,616	4
Xtaglgap	1BS	0,400	4	0,480	6	0,458	7	0,634	17
Xgwm0018	1BS	0,670	5	0,595	5	0,642	6	0,750	10
Xgwm0337	1DS	0,601	5	0,661	6	0,651	6	-	-
Xgwm0458	1DS	0,523	3	0,574	3	0,570	3	0,624	5
Xgwm0095	2AS	0,578	4	0,672	5	0,641	5	0,633	9
Xgwm0261	2DS	0,571	4	0,693	4	0,673	4	0,706	7
Xgwm0155	3AL	0,667	5	0,667	5	0,678	5	0,680	9
Xgwm0389	3BS	0,759	6	0,834	9	0,825	9	0,829	15
Xgwm0003	3DL	0,320	2	0,000	1	0,172	2	0,547	5
Xgwm0513	4BL	0,453	3	0,477	3	0,468	3	0,612	6
Xgwm0408	5BL	0,716	5	0,707	7	0,722	7	0,705	11
Xgwm0190	5DS	0,510	3	0,459	5	0,512	5	0,687	9
Xgwm0046	7B	0,609	5	0,713	6	0,686	7	0,760	16
Xgwm0577	7BL	0,812	8	0,797	8	0,824	9	0,886	22
Xgwm0437	7DL	0,594	7	0,827	8	0,795	9	0,682	15
Среднее значение		0,572	4,5	0,588	5,31	0,602	5,7	0,7	10,7

*По данным M. S. Röder et al. [5].

Как видно из таблицы, европейские сорта оказались более полиморфными по сравнению с сортами, возделываемыми в Беларуси, что можно объяснить количеством исследуемых сортов: коллекция, исследуемая M. S. Röder et al. [5], включала 502 сорта [5], наша коллекция состояла из 38 сортов. Вместе с тем между сортами белорусской и зарубежной селекции из Государственного реестра значительных различий выявлено не было.

Мы также сравнили полученные данные для сортов белорусской и зарубежной селекции, культивируемых на территории Беларуси, с данными, полученными M. S. Röder et al. [5] для различных европейских регионов (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Сравнение показателей полиморфности сортов пшеницы, возделываемых в Беларуси, с сортами, культивируемыми в различных европейских регионах, посредством SSR-маркеров

Параметр	Северная Европа	Центральная Европа	Западная Европа	Альпы	Южная Европа	Юго-Восточная Европа	Сорта из Государственного реестра		
							Сорта зарубежной селекции	Сорта белорусской селекции	Общее значение
Число исследуемых сортов	43	83	116	71	113	76	15	23	38
Общее число аллелей	77	120	137	119	166	131	72	85	91
Среднее число аллелей на локус	4,1	6,3	7,2	6,3	8,7	6,9	4,5	5,31	5,7
Среднее значение PIC	0,461	0,608	0,592	0,614	0,693	0,531	0,572	0,588	0,602
Наблюдаемая гетерозиготность	1,3 %	1,7 %	2,4 %	3,8 %	5,2 %	10,9 %	0	0,07 %	0,04 %
Ожидаемая гетерозиготность							62,2 %	62,5 %	5,8 %

Исследуемые сорта, включенные в Государственный реестр, по уровню полиморфности оказались наиболее близкими к сортам из Центральной Европы, что можно объяснить широким использованием сортов именно Центральной Европы (например, немецких или польских сортов) в белорусской селекции.

Процент полиморфных локусов для сортов зарубежной селекции, возделываемых на территории Республики Беларусь, составил 100 %, а для сортов белорусской селекции – 93,75 %.

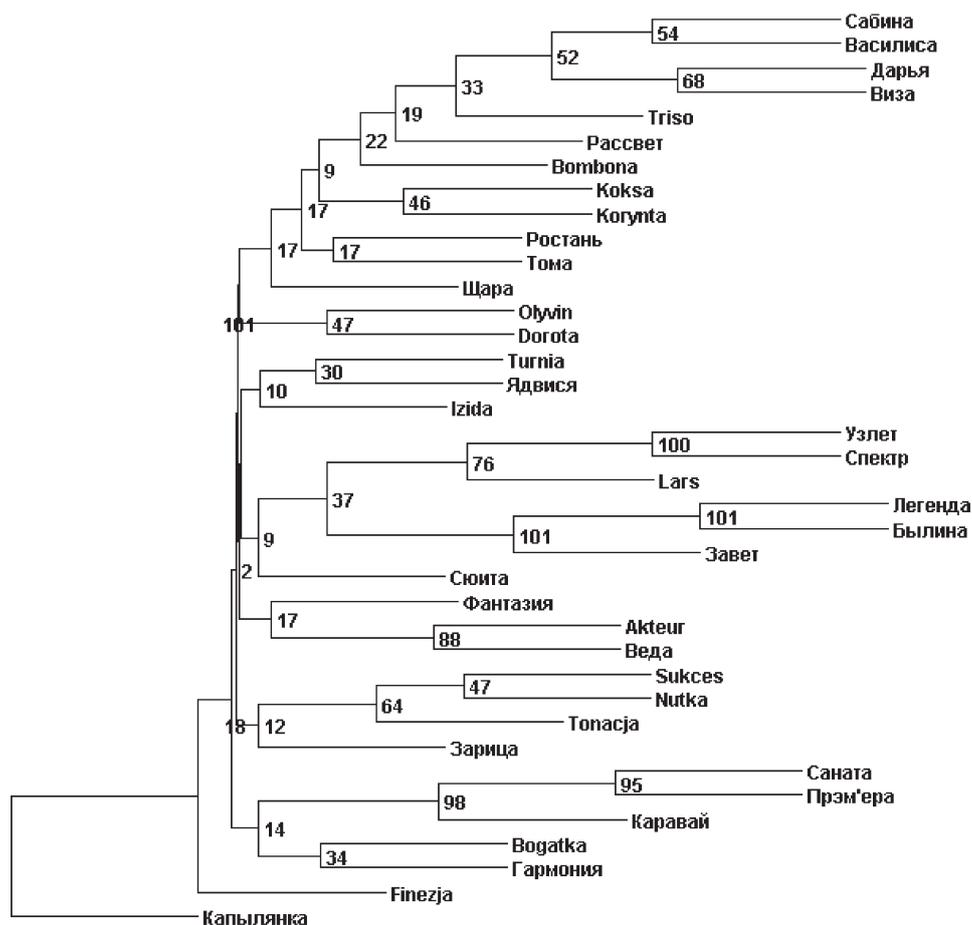
При сравнении исследуемых сортов с сортами отдельных стран было выявлено, что сорта, культивируемые в Беларуси (5,7 аллелей на локус), менее полиморфны, чем сорта из Африки, Азии, Европы и Океании (18,1 аллеля на локус) [4], Болгарии (6,8 аллелей на локус) [9], Польши (7,22 аллеля на локус) [10], а также Китая (17,6 аллелей на локус) [8] и более полиморфны, чем сорта из коллекции CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) (4,3 аллеля на локус) [7], Турции (3,79 аллеля на локус) [12], а также Египта (3,2 аллеля на локус) [11]. В основе наблюдаемой разницы в уровне полиморфизма между возделываемыми в Беларуси сортами (38 сортов) и сортами из других стран также лежит разница в количестве используемых сортов, поскольку коллекция сортов из Африки, Азии, Европы и Океании насчитывала 998 сортов [4], коллекция из Болгарии – 91 сорт [9], коллекция из Польши – 53 сорта [10], коллекция CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) – 68 сортов [7], коллекция из Китая – 1680 сортов [8], коллекции Египта и Турции – по 7 сортов [11,12].

По среднему значению PIC наши сорта (PIC=0,602) превосходят только сорта из Китая (PIC=0,69) [8]. Для сортов из Болгарии среднее значение PIC было равно 0,51 [9], для сортов из Турции – 0,52 [12] и для сортов из Египта – 0,548 [11].

На основе рассчитанных нами генетических дистанций между сортами был проведен кластерный анализ.

Для оценки достоверности монофилетичности отдельных кластеров был проведен бутстреп-анализ (Bootstrap analysis) по маркерным локусам [19]. На первом этапе анализа в результате случайной элиминации размера нуклеотидных последовательностей одних локусов и дубликации других вводились изменения в исходный набор данных. Таким образом было сформировано несколько новых наборов данных (в нашем случае – 101). После этого было сформировано единое консенсусное дерево, в каждом узле которого указан процент поддержки данного кластера (рисунок).

Как видно на представленной дендрограмме, использованного в ходе работы количества маркеров оказалось достаточным для идентификации исследуемых образцов. Практически все сорта удалось разделить, за исключением сортов Былина и Легенда, Спектр и Узлет, которые являются близкородственными. В консенсусном дереве можно выделить два кластера. Один из них включает яровые сорта (Bombona, Рассвет, Виза, Василиса, Сабина, Korynta, Koksa, Ростань,



Консенсусное дерево исследуемых сортов

Triso, Dar'ya и Toma), другой – озимые сорта. Не было выявлено разделения исследуемых сортов на сорта белорусской и зарубежной селекции, так как в селекции белорусских сортов часто используются сорта зарубежной селекции, например польской или немецкой.

Считается, что монофилия кластера является достоверной, если она поддержана не менее чем в 95 % бутстреп-значений. В нашем случае довольно высокий уровень поддержки монофилии наблюдался для следующих кластеров: Lars, Spekt и Uzlet (87/101 и 101/101соответственно), Завет, Былина и Легенда (100/101 и 101/101), Akteur и Veda (98/101), Прэм'ера, Каравай и Саната (97/101).

Результаты, полученные при построении консенсусного дерева можно объяснить тем, что исследуемые сорта являются достаточно неоднородными. К тому же, как уже упоминалось, микросателлитные повторы являются одной из самых быстро изменяющихся, высокополиморфных областей генома и эволюционируют быстрее, чем остальные типы последовательностей ДНК, подвергаясь мутациям, которые приводят к появлению аллелей с различным количеством повторяющихся единиц в пределах одного вида растений.

На основании проведенного микросателлитного анализа для каждого из исследуемых сортов был составлен паспорт, в котором буква латинского алфавита означает код SSR-локуса, нижний индекс – размер аллели в п.н. (табл. 4).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что микросателлитные маркеры позволили выявить генетическое разнообразие 38 исследуемых сортов пшеницы белорусской и зарубежной селекции. С их помощью был проведен кластерный анализ исследуемых сортов. В свою очередь для каждого из 16 SSR-маркеров был рассчитан PIC.

Т а б л и ц а 4. Результаты анализа 38 сортов пшеницы по 16 SSR-локусам

№ п/п	Название сорта	Паспорт
1	Akteur	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₄₁ F ₁₈₈ G ₂₃₈ H ₁₃₆ I ₁₄₇ J ₁₃₂ K ₁₉₇ L ₇₇ M ₂₁₀ O ₉₁ P _{177,183} Q ₁₀₉ S ₁₄₄ U ₁₅₉
2	Triso	A ₁₂₁ B _{114,116} C _{139,145} F ₁₈₄ G ₂₁₅ H _{null} I ₁₈₂ J ₁₃₆ K ₁₉₇ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₀₉ P _{177,185} Q ₁₁₁ S _{142,144} U ₁₇₁
3	Lars	A ₁₂₁ B ₁₁₄ C ₁₄₅ F ₁₉₀ G ₂₅₀ H ₁₁₆ I ₁₇₂ J ₂₀₈ K ₁₇₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₁₃ P ₁₈₅ Q ₁₁₃ S ₁₄₄ U ₁₈₁
4	Bogatka	A ₁₁₉ B ₁₁₈ C ₁₄₃ F ₁₈₂ G ₂₃₈ H ₁₃₄ I ₁₇₂ J ₁₅₈ K ₁₉₂ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₀₇ P ₁₈₉ Q _{109,111} S ₁₄₂ U ₁₇₁
5	Bombona	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₃₉ F ₁₈₆ G ₂₃₈ H _{132,136} I ₁₈₀ J ₁₆₀ K ₁₉₇ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₀₃ P ₁₈₅ Q ₁₁₁ S _{142,144} U ₁₇₁
6	Finezja	A ₁₂₁ B _{116,118} C _{143,149} F ₁₉₀ G ₂₃₈ H _{null} I ₁₄₇ J ₁₆₂ K ₁₆₄ L ₇₇ M ₂₁₀ O ₉₁ P ₁₈₅ Q ₁₀₉ S ₁₄₂ U ₁₈₁
7	Sukces	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₄₁ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H _{null} I ₁₈₀ J ₁₆₂ K ₁₉₇ L ₇₅ M ₂₁₀ O ₉₁ P ₁₈₅ Q ₁₁₃ S ₁₄₂ U ₁₇₁
8	Turnia	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₄₁ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H ₁₃₆ I ₁₉₆ J ₁₃₆ K ₁₆₄ L ₇₇ M ₂₀₂ O ₉₁ P ₁₈₅ Q ₁₀₉ S ₁₄₄ U ₁₇₁
9	Nutka	A ₁₂₁ B ₁₁₄ C ₁₄₁ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H _{null} I ₁₈₀ J ₁₃₆ K ₁₉₇ L ₇₅ M ₂₁₀ O ₉₁ P ₁₈₇ Q ₁₀₉ S ₁₄₂ U ₁₇₁
10	Korynta	A ₁₂₃ B ₁₁₆ C ₁₄₅ F ₁₈₆ G ₂₃₈ H ₁₁₆ I ₁₈₂ J _{null} K ₁₉₇ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₉₁ P ₁₈₇ Q ₁₁₁ S ₁₄₄ U ₁₇₁
11	Koksa	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₄₅ F _{184,188} G ₂₃₈ H ₁₁₆ I ₁₈₂ J _{null} K ₁₉₇ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₉₉ P ₁₈₅ Q ₁₁₁ S ₁₄₆ U ₁₇₁
12	Tonacja	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₄₁ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H ₁₄₆ I ₁₈₀ J ₁₆₄ K ₁₉₇ L ₇₅ M ₂₁₀ O ₉₁ P ₁₈₇ Q ₁₀₉ S ₁₄₂ U ₁₆₉
13	Izida	A ₁₂₁ B ₁₁₈ C ₁₄₅ F ₁₉₀ G _{null} H ₁₃₆ I ₁₄₇ J ₁₅₈ K ₁₇₄ L ₇₇ M ₂₀₂ O ₁₁₅ P ₁₈₅ Q ₁₀₉ S ₁₄₄ U ₁₇₅
14	Dorota	A ₁₂₃ B ₁₁₄ C ₁₄₁ F ₁₈₈ G ₂₅₀ H ₁₄₆ I ₁₄₇ J ₁₆₂ K ₁₆₄ L ₇₅ M ₂₁₂ O ₉₁ P ₁₈₅ Q ₁₁₁ S ₁₄₄ U ₁₇₅
15	Olyvin	A ₁₂₃ B ₁₀₈ C ₁₄₉ F ₁₈₈ G ₂₃₈ H ₁₃₄ I ₁₈₀ J ₁₆₂ K ₁₆₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₉₁ P ₁₈₉ Q ₁₁₁ S ₁₄₄ U ₁₇₅
16	Веда	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₄₁ F ₁₈₈ G ₂₃₈ H ₁₃₆ I ₁₄₇ J ₁₃₂ K ₁₆₄ L ₇₇ M ₂₁₀ O ₉₁ P ₁₈₃ Q ₁₀₉ S ₁₄₄ U ₁₇₅
17	Зарица	A ₁₂₁ B _{114,118} C ₁₄₁ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H ₁₄₀ I ₁₇₂ J ₁₅₈ K ₁₇₄ L ₇₇ M ₂₁₄ O ₉₁ P ₁₈₇ Q ₁₀₉ S ₁₄₂ U ₁₇₁
18	Ядвися	A ₁₂₁ B ₁₁₈ C ₁₄₉ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H ₁₃₄ I _{172,180} J ₁₃₆ K ₁₉₂ L ₇₇ M ₂₀₂ O ₉₁ P ₁₈₅ Q ₁₀₉ S ₁₄₄ U ₁₈₁
19	Капылянка	A ₁₂₃ B ₁₁₈ C ₁₄₁ F _{null} G ₂₁₂ H ₁₃₂ I ₁₄₇ J ₁₆₂ K ₁₉₂ L ₇₇ M ₂₁₂ O _{91,115} P ₁₈₅ Q ₁₀₉ S ₁₄₂ U ₁₈₁
20	Гармония	A ₁₁₉ B ₁₁₄ C ₁₄₃ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H _{null} I ₁₈₀ J ₁₆₂ K ₁₉₂ L ₇₇ M ₂₀₆ O ₁₀₇ P ₁₈₅ Q ₁₀₉ S ₁₄₄ U ₁₇₁
21	Каравай	A ₁₂₁ B ₁₁₈ C ₁₄₅ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H ₁₃₄ I ₁₈₀ J ₁₆₀ K ₁₇₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₀₇ P ₁₈₅ Q ₁₀₉ S ₁₄₂ U ₁₆₉
22	Былина	A ₁₂₁ B ₁₁₄ C ₁₄₁ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H ₁₄₆ I ₁₈₀ J ₁₆₀ K ₁₉₇ L ₇₇ M ₂₀₂ O ₁₀₅ P ₁₈₃ Q ₁₁₃ S ₁₄₄ U ₁₈₃
23	Легенда	A ₁₂₁ B ₁₁₄ C ₁₄₁ F ₁₉₀ G ₂₃₈ H ₁₄₆ I ₁₈₀ J ₁₆₀ K ₁₉₇ L ₇₇ M ₂₀₂ O ₁₀₅ P ₁₈₃ Q ₁₁₃ S ₁₄₄ U ₁₈₃
24	Щара	A _{119,125} B _{108,118} C ₁₄₉ F ₁₈₆ G _{215,238} H ₁₁₆ I _{180,190} J ₁₂₈ K ₁₆₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₀₃ P ₁₈₇ Q ₁₀₉ S ₁₄₄ U _{171,177}
25	Саната	A ₁₂₁ B _{108,118} C _{143,145} F _{188,190} G _{215,238} H ₁₃₄ I ₁₉₆ J _{128,160} K ₁₇₄ L ₇₇ M _{202,212} O ₁₀₇ P ₁₈₅ Q ₁₀₉ S ₁₄₂ U _{169,175,181}
26	Завет	A ₁₂₁ B _{108,114} C _{141,145} F ₁₉₀ G ₂₃₈ H _{134,146} I _{180,189,196} J ₁₆₀ K _{174,197} L ₇₇ M _{202,212} O _{105,107} P _{183,185} Q _{109,113} S _{142,144} U _{181,183}
27	Прэм'ера	A _{119,121} B _{108,114,118} C _{143,145} F _{188,190} G _{215,238} H ₁₃₄ I _{180,196} J _{128,160,162} K _{174,192} L ₇₇ M _{206,212} O ₁₀₇ P ₁₈₅ Q ₁₀₉ S _{142,144} U _{169,171,181}
28	Спектр	A ₁₂₁ B ₁₁₄ C ₁₄₁ F ₁₉₀ G ₂₅₀ H ₁₄₆ I ₁₈₀ J ₂₀₈ K ₁₇₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₀₃ P ₁₈₅ Q ₁₁₃ S ₁₄₄ U ₁₈₁
29	Узлет	A ₁₂₁ B ₁₁₄ C ₁₄₁ F ₁₉₀ G ₂₅₀ H ₁₄₆ I ₁₈₀ J ₂₀₈ K ₁₇₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₀₃ P ₁₈₅ Q ₁₁₃ S ₁₄₄ U ₁₈₁
30	Фантазия	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₄₁ F _{184,190} G ₂₃₈ H ₁₃₆ I ₁₈₀ J ₁₂₈ K ₁₆₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₉₉ P ₁₈₃ Q ₁₁₁ S ₁₄₄ U ₁₇₅
31	Сюита	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C _{139,143} F ₁₉₀ G ₂₄₁ H ₁₂₈ I ₁₇₈ J ₁₆₄ K ₁₉₂ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₉₉ P ₁₈₉ Q ₁₁₃ S ₁₄₄ U ₁₇₅
32	Виза	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C _{139,145} F _{184,186} G _{218,238} H ₁₂₄ I ₁₈₂ J _{136,162} K _{164,197} L ₇₇ M ₂₁₂ O _{91,99,103,109} P _{177,187} Q ₁₁₁ S _{142,144} U _{169,171}
33	Ростань	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₄₁ F ₁₈₄ G ₂₃₈ H _{null} I ₁₈₀ J ₁₃₆ K ₁₉₇ L ₇₇ M ₂₁₂ O _{99,109} P ₁₈₅ Q ₁₁₁ S ₁₄₆ U ₁₇₁
34	Дарья	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C _{139,145} F _{184,186} G _{218,238} H _{null} I ₁₂₄ J ₁₈₂ K _{164,197} L ₇₇ M ₂₁₂ O _{103,107,109} P _{177,187} Q ₁₁₁ S _{142,144} U ₁₇₁
35	Рассвет	A _{121,123} B ₁₁₆ C ₁₃₉ F ₁₈₆ G ₂₃₈ H ₁₃₆ I ₁₈₂ J ₁₆₂ K ₁₆₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₁₁ P ₁₈₇ Q ₁₁₃ S ₁₄₂ U _{169,171}
36	Тома	A ₁₂₁ B ₁₂₀ C ₁₄₁ F ₁₈₆ G ₂₃₈ H _{null} I ₁₈₂ J ₁₃₆ K _{164,197} L ₇₇ M ₂₁₂ O ₁₀₃ P _{187,205} Q ₁₀₉ S ₁₄₆ U ₁₇₁
37	Сабина	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C _{139,143} F ₁₈₆ G _{218,238} H _{124,136} I _{147,182} J _{136,162} K ₁₆₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O _{103,109} P _{177,187} Q ₁₁₁ S _{142,144} U ₁₇₁
38	Василиса	A ₁₂₁ B ₁₁₆ C ₁₃₉ F ₁₈₆ G _{218,238} H ₁₂₄ I ₁₈₂ J ₁₆₂ K ₁₆₄ L ₇₇ M ₂₁₂ O _{91,109} P ₁₈₅ Q ₁₁₁ S _{142,144} U ₁₇₁

П р и м е ч а н и е. Xgwm0357 – A; Xgwm0095 – B; Xgwm0155 – C; Xgwm0018 – F; Xtaglap – G; Xgwm0389 – H; Xgwm0458 – Q; Xgwm0408 – I; Xgwm0577 – J; Xgwm0261 – K; Xgwm0003 – L; Xgwm0190 – M; Xgwm0437 – O; Xgwm0337 – P; Xgwm0513 – S; Xgwm0046 – U.

З а к л ю ч е н и е. Полученные результаты дают основу для создания панели микросателлитных локусов пшеницы, необходимой для проведения ДНК-паспортизации собранной коллекции ДНК сортов пшеницы, входящих в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород, допущенных к использованию в производстве на территории Республики Беларусь.

Полученные данные могут быть использованы для идентификации возделываемых сортов, а также проверки выведенных селекционерами сортов на новизну.

Литература

1. http://www.belta.by/ru/all_news/economics/Valovoj-sbor-zerna-v-Belarusi-v-2012-godu-planiruetsja-v-objeme-96-mlnt_i_594949.html
2. Powell W., Machray G. C., Provan J. // TRENDS in Plant Science. 1996. Vol. 1, № 7. P. 215–222.
3. Varshney R. K., Graner A., Sorrells M. E. // TRENDS in Plant Science. 2005. Vol. 23, № 11. P. 48–55.
4. Huang X. Q., Börner A., Röder M. S. // Theor Appl Genet. 2002. Vol. 105. P. 699–707.
5. Röder M. S., Wendehake K., Korzun V. et al. // Theor. Appl. Genet. 2002. Vol. 106. P. 67–73.
6. Wuřschum T., Langer S. M., Longin C. F. H. et al. // Theor. Appl. Genet. 2013.
7. Dreisigacker S., Zhang P., Warburton M. L. et al. // Crop science. 2004. Vol. 44. P. 381–388.
8. Chenyang H., Lanfen W., Xueyong Z. et al. // Science in China: Series C Life Sciences. 2006. Vol. 49, № 3. P. 218–226.
9. Landjeva S., Korzun V., Ganeva G. // Genetic Resources and Crop Evolution. 2006. Vol. 53. P. 1605–1614.
10. Stepien' L., Mohler V., Bocianowski J., Koczyk G. // Genet Resour Crop Evol. 2007. Vol. 54. P. 1499–1506.
11. Salem K. F. M., El-Zanaty A. M., Esmail R. M. // World Journal of Agricultural Sciences. 2008. Vol. 4, № 5 P. 538–544.
12. Akfirat F. S., Uncuoglu A. A. // Biochem Genet. 2013. Vol. 51. P. 223–229.
13. Plaschke J., Ganai M. W., Röder M. S. // Theor. Appl. Genet. 1995. Vol. 91. P. 1001–1007.
14. Röder M. S., Korzun V., Wendehake K. et al. // Genetics. 1998. Vol. 149. P. 2007–2023.
15. Nei M. // Genetic Structure of Populations. 1973. P. 45–54
16. Weir B. S. // Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc., 1996.
17. Felsenstein J. // Depart of Genetics. University of Washington, Seattle, 1993.
18. Wright S. // Evolution. 1965. Vol. 19. P. 395–420.
19. Felsenstein J. // Evolution. 1985. Vol. 39. P. 783–791.

FOMINA E. A., KARTEL N. A., GRIB S. I., KULINKOVICH S. N., MALYSHEV S. V.

UTILIZATION OF MICROSATELLITE MARKERS FOR ANALYSIS OF WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM*) CULTIVARS COLLECTION

Summary

The collection consisted of 15 cultivars of foreign breeding and 23 cultivars of Belarussian breeding, included in the State register of varieties, trees and shrubs, approved for use in the production in the Republic of Belarus, was analyzed with use of 16 microsatellite markers. The studied cultivars were revealed to be less polymorphic as compared with those cultivated in other European regions. It was found that the cultivars grown in Belarus, were the closest to cultivars from the Central Europe according to the level of polymorphism. The set of wheat microsatellite markers required for DNA certification of cultivars grown in Belarus was suggested. This set can be used for identification of cultivated and checking of new cultivars for novelty and also, if it is necessary, for elucidation of the degree of relationship between the different varieties.