

## **ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТА БЕЗОСТАЯ 1 И ГЕНЕТИЧЕСКИ БЛИЗКИХ ЕЙ СОРТОВ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ**

**Митрофанова О.П.<sup>1</sup>, Стрельченко П.П.<sup>1</sup>, Балфорьер Ф.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> – *Государственный научный центр Российской Федерации Всероссийский НИИ растениеводства имени Н. И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург*

<sup>2</sup> – *Национальный институт агрономических исследований (ИНРА), Клермон-Ферран, Франция*

В последнее время в оценке генетического разнообразия пшеницы широкое применение нашли высокоточные методы изучения полиморфизма ДНК. В их числе – анализ микросателлитных нуклеотидных последовательностей (МС локусов), состоящих из коротких (1 – 6 п. н.) tandemных повторов, характеризующихся относительно высокой скоростью мутирования. Такие локусы широко распространены в геноме. Полиморфизм по ним выявляется в основном благодаря различиям по размеру амплифицированных фрагментов ДНК, при этом фрагменты, относящиеся к одному локусу, рассматриваются как аллели данного локуса. Краткая информация о структуре и функциях микросателлитов дана в нашей работе [1].

В рамках совместного проекта ВИР – ИНРА анализ 39 МС локусов использовали для характеристики генетического разнообразия 357 местных и селекционных сортов, представляющих все виды гексаплодных пшениц с геномной формулой *AABBDD*. Этот анализ позволил различить все изученные сорта и выявить взаимосвязи между ними. Дендрограмма, построенная в кластерном анализе на основе сходства по составу аллелей МС локусов, содержала 12 кластеров, один из которых был образован сортом Безостая 1, его непосредственными потомками и генетически близкими им местными и селекционными сортами. Цель настоящего сообщения – более детально рассмотреть структуру этого кластера и охарактеризовать генотипические особенности входящих в него сортов.

**Материалы и методы.** Материалом послужили местные и селекционные сорта, взятые из коллекции ВИР.

Методы выделения ДНК и проведения анализа микросателлитных последовательностей описаны ранее [1]. Для построения дендрограммы использовали матрицу коэффициентов сходства по Нею и Ли, а также алгоритм Уорда.

**Результаты и обсуждение.** Кластер, включивший сорт Безостую 1, состоял из трех субкластеров А, Б и В (Рис.). В субкластере А объединились сорт Безостая 1, девять его прямых потомков и стародавний канадский сорт Kitchener. Среди прямых потомков – сорта, созданные в разное время в различных селекционных учреждениях бывшего Советского Союза и Югославии: Богарная 56, Исток, Красноводопадская 210, Краснодарская 39, Московская 35, Одесская 66, Олимпия, Спартанка и Partizanka. Происхождение сортов и номера каталога ВИР даны на рисунке. В субкластер Б в основном вошли Мироновская 808 и сорта, полученные с ее участием. Субкластер В имел в своем составе четыре сорта типа банатки и два местных сорта из Грузии. Этот субкластер был более дистанцирован по отношению к первым двум.

Величина рассчитанных коэффициентов сходства Безостой 1 с каждым из проанализированных прямых потомков варьировала от 0,38 до 0,64 (с Истоком и Одесской 66, соответственно). Среди прямых потомков величины коэффициентов сходства между всеми возможными парами сортов находились примерно в тех же пределах: от 0,33 (Исток – Московская 35) до 0,64 (Спартанка – Partizanka). Обратил на себя внимание тот факт, что почти каждый из прямых потомков Безостой 1 имел более высокий уровень сходства с сортом Partizanka.

Генетическая связь сорта Безостая 1 (впервые районирован в 1959 г.) с местными сортами банатками, по-видимому, обусловлена его происхождением путем отбора из Безостой 4, при создании которой использовали Украинку. Последняя была получена индивидуальным отбором из банатки, завезенной из Венгрии [2].

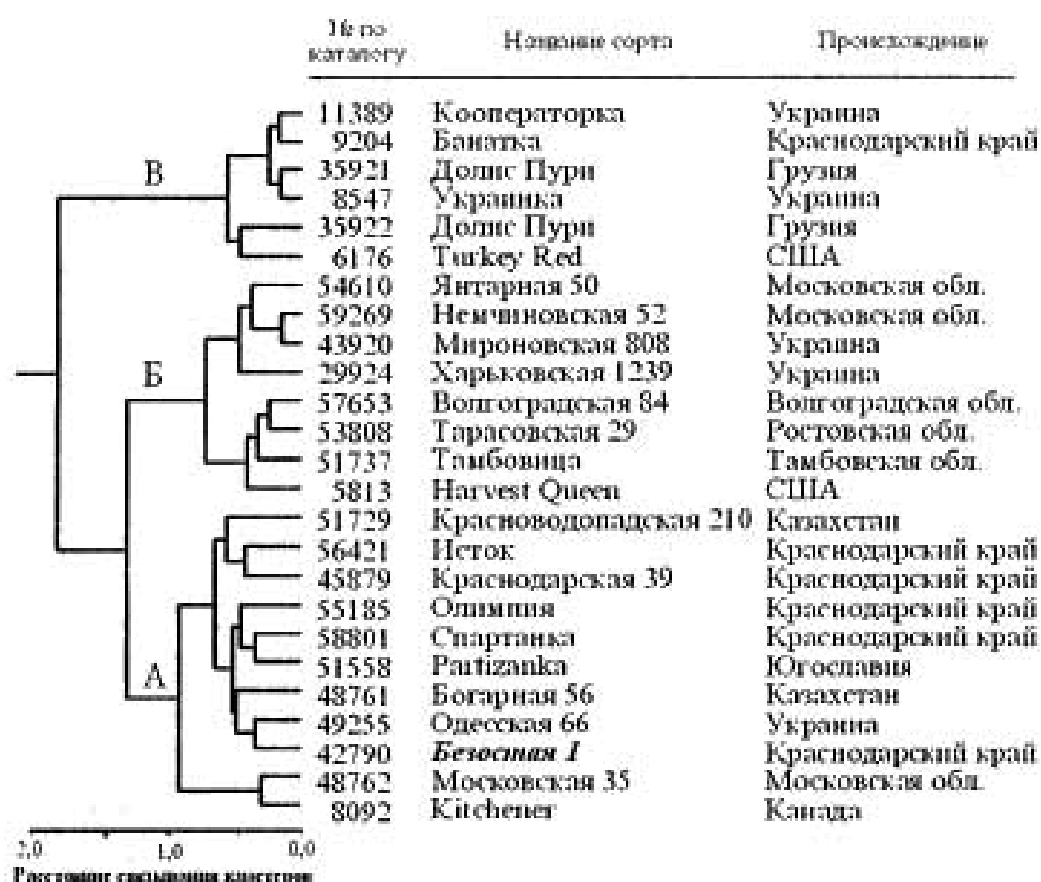


Рисунок. Распределение 25 сортов мягкой пшеницы в кластере, содержащем Безостую 1. Дендрограмма построена по результатам анализа 39 микросателлитных локусов у 357 сортов гексаплоидных пшениц

Из изученного нами 21 сорта типа банаток в рассматриваемом кластере объединились только пять (Банатка, Кооператорка, Харьковская 1239, Украинка, Turkey Red). Остальные группировались в другом кластере. К банаткам присоединились две местные пшеницы из Грузии. Морфофизиологические особенности банаток – местных сортов степной озимой мягкой пшеницы и сортов типа долис-пури (последние представляют озимую горную мягкую кавказскую пшеницу, когда-то широко возделываемую в степных районах горного Закавказья) описаны в классификации Н.И. Вавилова [3].

Несколько неожиданным оказалось присутствие сорта Мироновская 808 (впервые районирован в 1963 г.) в одном кластере с Безостой 1. По литературным данным генеалогически эти сорта не связаны между собой. Известно, что озимая мягкая пшеница Ми-

роновская 808 получена отбором при осеннем посеве из яровой мягкой пшеницы Артемовка (районирована в 1945 г.), которая в свою очередь была выведена индивидуальным отбором из образца местной яровой пшеницы Кременчугского района Полтавской области [2, 4]. Артемовки не было в нашем анализе. Возможно, местный сорт – ее «родоначальник», либо был генетически близок к банаткам, либо Мироновская 808 имела в родословной пшеницу такого типа. Из всех изученных банаток по МС локусам к сорту Мироновская 808 ближе всех была Харьковская 1239, полученная отбором из Горконкура, а последний также отбором из Банатки. Таким образом, объединение Безостой 1 и Мироновской 808 вместе с банатками в один кластер может быть обусловлено участием в их происхождении генетически близких между собой местных сортов этого типа.

В таблице 1 для ряда рассмотренных выше сортов перечислены МС локусы, указан их хромосомный контроль и приведены аллели каждого из них. Локусы расположены в разных хромосомах, причем в хромосомах 6A, 7A и 4D анализировали по одному локусу, в остальных – по два. Сравнение сортов по составу аллелей МС локусов показало, что каждый из прямых потомков Безостой 1 имел от 14 до 25 локусов, идентичных этому сорту, что составляло от 36% до 64% от их общего числа.

Почти такую же степень сходства с Безостой 1 имели местные сорта Банатка, к-9204 (49%) и Украинка, к-8547 (46%), при этом между собой они были идентичны по 31 локусу (почти на 80%). Не исключено, что форма, близкая к Банатке (к-9204), была использована при создании Украинки методом индивидуального отбора. Довольно высокий процент сходства по МС локусам (62 %) был также выявлен между Мироновской 808 и Харьковской 1239. Следует отметить, что нами была проанализирована Мироновская яровая, которая создана методом переделки озимой пшеницы Мироновская 808. Однако она объединилась вместе с сортами яровой мягкой пшеницы Воронежская 6, Кутулукская, Саратовская 29 и местными сортами типа полтавок из Россин и Украинны (данные не приведены). Между Мироновской 808 и Мироновской яровой выявлено всего 13 идентичных локусов.

Таблица 1 – Состав аллелей микросателлитных локусов у Безостой 1 и генетически близких ей сортов

№ пп	Локус	Хромосома	Безостая 1	Одесская 66	Partizanka	Олимпия	Богарная 56	Спартак	Московская 35	Краснолопадская 210	Исток	Краснодарская 39	Украинка	Бантка	Мироновская 808	Харьковская 1239	Мироновская яровая
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	<i>Xgwm99</i>	1A	108	112	Б <sup>a</sup>	Б	Б	118	Б	Б	118	Б	110	110	118	118	112
2	<i>Xgwm135</i>	1A	139	196	196	196	196	196	196	196	196	196	Б	Б	Б	Б	147
3	<i>Xgwm312</i>	2A	194	Б	Б	Б	Б	218	220	222	218	218	Б	Б	216	216	184
4	<i>Xgwm372</i>	2A	317	323	323	319	323	323	290	Б	323	323	Б	Б	307	307	315
5	<i>Xgwm2</i>	3A	126	Б	116	Б	Б	Б	Б	Б	Б	116	Б	Б	116	116	Б
6	<i>Xgwm480</i>	3A	173	Б	171	Б	Б	Б	195	189	Б	Б	177	177	177	Б	175
7	<i>Xcfd17h8a</i>	4A	156	Б	Б	Б	Б	Б	Б	154	0 <sup>b</sup>	Б	Б	Б	Б	0	Б
8	<i>Xgwm610</i>	4A	170	Б	Б	Б	Б	Б	176	168	172	Б	Б	Б	Б	Б	Б
9	<i>Xgwm186</i>	5A	101	Б	Б	Б	Б	141	137	127	131	Б	Б	Б	139	141	Б
10	<i>Xgwm415</i>	5A	131	133	Б	Б	Б	Б	133	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	133
11	<i>Xgwm427</i>	6A	200	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	216	216	Б
12	<i>Xgwm260</i>	7A	166	156	156	164	156	156	156	156	156	156	170	170	168	164	164
13	<i>Xgwm11</i>	1B	207	193	193	193	195	193	205	191	195	195	193	193	193	205	191
14	<i>Xgwm413</i>	1B	110	96	92	92	120	92	108	98	94	94	92	92	92	92	92
15	<i>Xgwm120</i>	2B	146	Б	150	148	152	150	150	150	150	150	150	138	152	150	152

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
16	<i>Xgwm257</i>	2B	201	197	197	197	195	Б	Б	197	197	197	197	Б	195	195	Б
17	<i>Xgwm285</i>	3B	220	Б	238	226	Б	Б	Б	Б	218	262	224	Б	Б	218	230
18	<i>Xgwm566</i>	3B	122	Б	Б	128	Б	Б	Б	Б	124	Б	Б	Б	Б	Б	124
19	<i>Xgwm149</i>	4B	155	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	157	Б	Б
20	<i>Xgwm251</i>	4B	119	113	113	113	115	113	113	113	113	113	111	111	111	111	91
21	<i>Xgwm234</i>	5B	241	Б	239	Б	239	245	251	Б	239	243	239	Б	Б	245	215
22	<i>Xgwm408</i>	5B	181	Б	Б	173	Б	Б	179	185	Б	Б	173	173	173	173	179
23	<i>Xgwm219</i>	6B	175	183	187	187	187	197	179	187	187	197	179	179	177	179	177
24	<i>Xgwm626</i>	6B	133	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	104	Б	Б	Б	Б	Б
25	<i>Xgwm46</i>	7B	176	Б	Б	Б	170	Б	Б	182	178	182	178	Б	Б	182	Б
26	<i>Xgwm400</i>	7B	146	Б	134	Б	134	134	134	156	138	138	138	138	Б	Б	150
27	<i>Xgwm337</i>	1D	187	Б	Б	183	179	Б	Б	Б	Б	207	Б	185	185	Б	189
28	<i>Xgwm642</i>	1D	205	203	Б	189	203	189	Б	203	203	203	203	203	203	203	189
29	<i>Xgwm261</i>	2D	193	Б	Б	Б	213	Б	175	Б	Б	Б	175	217	175	165	175
30	<i>Xgwm539</i>	2D	140	Б	134	Б	Б	161	142	Б	Б	Б	134	134	Б	Б	134
31	<i>Xgwm341</i>	3D	132	136	Б	Б	Б	152	Б	Б	Б	136	134	Б	Б	140	136
32	<i>Xgwm664</i>	3D	153	Б	Б	Б	151	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б
33	<i>Xcfd17h8d</i>	4D	200	208	Б	Б	Б	Б	Б	Б	0	Б	204	204	Б	Б	202
34	<i>Xgwm190</i>	5D	212	Б	Б	Б	Б	Б	Б	214	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б
35	<i>Xgwm272</i>	5D	145	Б	137	139	139	137	139	139	137	139	137	137	137	137	137
36	<i>Xgwm325</i>	6D	141	Б	Б	Б	Б	Б	139	Б	Б	133	Б	Б	Б	139	146
37	<i>Xgwm469</i>	6D	176	Б	Б	170	Б	170	178	180	174	Б	166	166	170	162	170
38	<i>Xgwm44</i>	7D	178	Б	174	174	184	Б	184	184	176	174	184	184	176	176	172
39	<i>Xgwm437</i>	7D	117	101	Б	111	101	Б	Б	109	Б	Б	Б	Б	101	101	101

Б<sup>a</sup> – аллель локуса идентичен аллелю соответствующего локуса у Безостой 1;

0<sup>b</sup> – нулевой аллель (отсутствие локуса).

Довольно низкая степень сходства (33%) между двумя мионовскими пшеницами противоречит описанной в литературе схеме происхождения Мироновской яровой.

Сорта Безостая 1 и ее прямые потомки в целом имели 136 различающихся аллелей для всех 39 МС локусов. В анализе всей выборки из 357 сортов идентифицировано 714 аллелей. Из сопоставления этих цифр можно заключить, что существенная доля (19%) аллельного разнообразия локусов представлена у Безостой 1 и ее прямых потомков. Из 351 локуса, которые изучены у девяти прямых потомков Безостой 1, 173 по аллельному составу были идентичны ей, а 178 отличались. Таким образом, половина локусов могла быть получена этими сортами от Безостой 1, а остальные – от других родительских форм.

**Таблица 2 – Встречаемость некоторых аллелей микросателлитных локусов у 25 сортов, объединившихся в одном кластере вместе с Безостой 1, и остальных 322 изученных сортов**

Аллель	Хромосома	Встречаемость	
		у 25 сортов	у остальных 322 сортов
<i>Xgwm135</i> <sub>196</sub>	1A	0,40	0,02
<i>Xgwm312</i> <sub>218</sub>	2A	0,16	0,03
<i>Xgwm372</i> <sub>323</sub>	2A	0,32	0,03
<i>Xgwm186</i> <sub>141</sub>	5A	0,24	0,03
<i>Xgwm427</i> <sub>200</sub>	6A	0,80	0,13
<i>Xgwm260</i> <sub>170</sub>	7A	0,28	0,06
<i>Xgwm260</i> <sub>156</sub>	7A	0,32	0,04
<i>Xgwm408</i> <sub>173</sub>	5B	0,48	0,07
<i>Xgwm234</i> <sub>241</sub>	5B	0,48	0,09
<i>Xgwm219</i> <sub>187</sub>	6B	0,24	0,04
<i>Xgwm400</i> <sub>134</sub>	7B	0,32	0,01
<i>Xgwm337</i> <sub>187</sub>	1D	0,52	0,11
<i>Xgwm642</i> <sub>203</sub>	1D	0,72	0,15
<i>Xgwm539</i> <sub>140</sub>	2D	0,60	0,06
<i>Xgwm341</i> <sub>132</sub>	3D	0,48	0,06
<i>Xcfd17h8d</i> <sub>300</sub>	4D	0,72	0,09
<i>Xgwm272</i> <sub>129</sub>	5D	0,36	0,05
<i>Xgwm44</i> <sub>184</sub>	7D	0,52	0,10
<i>Xgwm437</i> <sub>117</sub>	7D	0,56	0,05

Анализ встречаемости аллелей разных локусов показал следующее. Уникальные аллели, то есть присутствующие только у одного из 357 изученных сортов, среди рассматриваемых 25 сортов пшеницы выявлены у Краснодарской 39 (*Xgwm285*<sub>262</sub>) и Долис-Пури, к-35922 (*Xgwm341*<sub>164</sub>) в хромосомах 3В и 3D, соответственно. Встречаемость других аллелей варьировала от 0,04 до 0,96. Из них встречаемость 19 аллелей у 25 сортов, объединившихся в кластер вместе с Безостой 1, была более чем в пять раз выше, чем у остальных 322 изученных сортов (табл. 2). По-видимому, количественные различия по встречаемости этих аллелей и обусловили выделение рассматриваемого самостоятельного кластера.

Таким образом, анализ МС локусов позволил охарактеризовать генетическое разнообразие местных и селекционных сортов, уточнить взаимосвязи этих сортов и оценить степень их сходства. Он показал, что Безостая 1, ее прямые потомки, а также Мионовская 808, родственные ей сорта и некоторые местные пшеницы банатки формируют самостоятельную генетическую группу среди гексаплоидных пшениц с геномной формулой *AABBDD* за счет комбинации определенных аллелей, имеющих гораздо более низкую встречаемость у остальных изученных пшениц. Включенные в анализ местные сорта банатки генетически неоднородны, среди них идентифицированы те, что могли послужить исходным материалом для создания Безостой 4, из которой путем отбора получена Безостая 1.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стрельченко, П.П. Сравнение возможностей RAPD-, AFLP- и SSR-маркеров для различения местных сортов гексаплоидных пшениц / П.П. Стрельченко, О.П. Митрофанова, А.В. Конарев // Аграрная Россия, 2004. – №6. – С. 3-9.
2. Пшеницы мира / Под ред. Д.Д. Брежнева. – Л.: Колос, 1976. – 486 с.
3. Вавилов, Н.И. Мировые ресурсы сортов хлебных злаков, зерновых бобовых, льна и их использование в селекции. Пшеница / Н.И. Вавилов. – М.-Л.: Наука, 1964. – 122 с.



4. Руководство по апробации сельскохозяйственных культур. Том 1. Зерновые культуры (Пшеница, рожь, ячмень, овес) / Под ред. М. М. Якубцинера и М. С. Савицкого. – М.: Гос. изд. с.-х. литературы, 1947. – 639 с.

### **CHARACTERIZATION OF BEZOSTAYA 1 AND GENETICALLY CLOSED WITH IT VARIETIES BY MICROSATELLITE ANALYSIS**

**O. P. Mitrofanova<sup>1</sup>, P. P. Strelchenko<sup>1</sup>, F. Balfourier<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>All Russian Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia;

<sup>2</sup>National Institute for Agricultural Research, Clermont-Ferrand, France

The used microsatellite analysis has allowed to characterize a genetic diversity of local varieties and improved cultivars, to specify their genetic relationships and to estimate a degree of their similarity. Using this analysis it has been shown, that Bezostaya 1 with its direct descendants, and also Mironovskaya 808 with its relatives and some of the landraces have formed the separate genetic group among hexaploid wheats with genome composition *AABBDD*. The group was separated from the other varieties due to a high frequency of some alleles. In the work the landraces which could probably be an initial material for development of Bezostaya 4 were identified. Bezostaya 1 was developed by selection from this cultivar.