

КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫЕ ПРОДУКТИВНЫЕ ЛИНИИ ЯЧМЕНЯ КУЛЬТУРНОГО

DOI 10.30901/2227-8834-2019-2-73-76

УДК 633.16.575

Поступление/Received: 25.02.2019

Принято/Accepted: 10.06.2019

Б. А. БАТАШЕВА¹, В. И. ИБИШЕВА¹, Р. А. АБДУЛЛАЕВ²,
О. Н. КОВАЛЕВА², И. А. ЗВЕЙНЕК², Е. Е. РАДЧЕНКО²

¹ Дагестанская опытная станция ВИР, филиал
Всероссийского института генетических ресурсов
растений им. Н. И. Вавилова (ВИР),
368612 Россия, Республика Дагестан, г. Дербент,
с. Вавилово;

✉ kostek-kum@rambler.ru

² Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н. И. Вавилова (ВИР),
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;

SEMI-DWARF PRODUCTIVE BARLEY LINES

B. A. BATASHEVA¹, V. I. IBISHEVA¹, R. A. ABDULLAEV²,
O. N. KOVALEVA², I. A. ZVEINEK², E. E. RADCHENKO²

¹ Dagestan Experiment Station,
branch of the N. I. Vavilov All-Russian
Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
Vavilovo, Derbentsky District,
Dagestan 368612, Russia;

✉ kostek-kum@rambler.ru

² N. I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources (VIR),
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia

Актуальность. В условиях орошаемого земледелия и интенсивного типа ведения сельского хозяйства устойчивостью к полеганию является фактором, существенно влияющим на урожайность ячменя. Устойчивость ячменя к полеганию зависит от множества признаков, среди которых определяющее значение имеет длина стебля растения. **Материалы и методы.** В Южно-плоскостной зоне Дагестана в 1993–2008 гг. изучили внутривидовое разнообразие ячменя культурного (*Hordeum vulgare* L.) разного эколого-географического происхождения, систематической принадлежности и типа развития (2021 образец). Изучали также гибриды F₁, F₂ и F₃ от скрещивания высокорослого сорта 'Сонет' с короткостебельными формами. Оценили продуктивность и устойчивость к шведской мухе (*Oscinella frit* L.) выделенных рекомбинантных линий. **Результаты и выводы.** Выявлена широкая изменчивость (55–155 см) ячменя культурного по высоте растений. В условиях южного Дагестана на поливе оптимальна высота 100–115 см, обеспечивающая высокую устойчивость растений к полеганию. Выделен ряд низкорослых сортов, среди них особый интерес по комплексу признаков представляют 'Camincent' (к-30374, Эстония), 'Pyramid' (к-30564, Франция), 'Рамос' (к-30315, Московская обл.) и 'Jo 1632' (к-30459, Финляндия). Короткостебельность у этих сортов контролируется рецессивными генами. Отобрали продуктивные линии, значительно превосходящие родительские формы по массе зерна с единицы площади и устойчивости к шведской мухе: Л 15/4 (F₆ Сонет × Camincent) и Л 16/12 (F₆ Сонет × Pyramid), которые могут быть использованы в селекции устойчивых к полеганию крупнозерных сортов ячменя, предназначенных для выращивания на поливных землях.

Ключевые слова: ячмень, короткостебельность, крупнозерность, продуктивные линии.

Background. Resistance to lodging is a factor that significantly affects the yield of barley under the conditions of irrigated agriculture and intensive type of farming. Barley resistance to lodging depends on many features, among which the length of the plant stem is more important. **Materials and methods.** In the southern planar area of Dagestan, from 1993 till 2008, a research was conducted on the intraspecific diversity of cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.) belonging to different ecogeographic groups, and growth types (2,021 accessions). The F₁, F₂ and F₃ hybrids from crosses of the long-stemmed cultivar 'Sonet' with semi-dwarf forms were also studied. The selected recombinant lines were evaluated for their productivity and resistance to frit fly (*Oscinella frit* L.). **Results and conclusions.** Wide variability (55–155 cm) of cultivated barley in plant height was observed. Under irrigation in the southern Dagestan, the optimum height of plants, providing high resistance to lodging, was 100–115 cm. A number of semi-dwarf cultivars were identified; among them, 'Camincent' (k-30374, Estonia), 'Pyramid' (k-30564, France), 'Ramos' (k-30315, Moscow Province) and 'Jo 1632' (k-30459, Finland) were the most interesting for their set of traits. The short stem of these cultivars is controlled by recessive alleles of genes. We selected productive lines that significantly exceeded their parental forms in grain weight per area unit and resistance to frit fly: L 15/4 (F₆ Sonet × Camincent) and L 16/12 (F₆ Sonet × Pyramid). These lines can be used to breed lodging-resistant large-grain barley cultivars for cultivation on irrigated lands.

Key words: barley, semi-dwarfness, high weight of 1000 kernels, productive line.

Введение

В условиях интенсивного ведения сельского хозяйства устойчивость к полеганию является фактором, существенно влияющим на урожайность ячменя. Устойчивость ячменя к полеганию зависит от множества признаков, среди которых определяющее значение имеет длина стебля растения, на котором происходит рост и развитие всех наземных органов. Низкорослые формы, как правило, устойчивы к полеганию, а высокорослые полегают, что в свою очередь приводит к значительным потерям урожая зерна. Особое значение низкорослые сорта имеют для возделывания в условиях орошения.

У ячменя известно множество влияющих на высоту растений генов, которые делят на 5 групп: *brachytic*, *breviaristatum*, *erectoides*, *zeocriton* и *uzu*, однако в селекции используют ограниченное число генов, контролирующих короткостебельность. Наиболее популярны *short culm 1 (hcm1)*, относящийся к группе *brachytic*, *semi-dwarf 1 (sdw1 = denso)* из группы *erectoides*, *semi-brachytic 1 (uzu1)* и *breviaristatum-e (ari-e)*. Так, сорта 'Diamant' и 'Triumph' (носители одного из аллелей гена *sdw1/denso*), отобранные из мутантов, полученных после обработки сорта 'Valticky' X-лучами, в XX веке послужили донорами при создании свыше 150 европейских сортов. В настоящее время большинство сортов ячменя во всем мире имеют ген *sdw1*. Ген *hcm1* распространен среди шестирядных ячменей из США, а *uzu1* широко используется в селекционных программах стран Восточной Азии (Franckowiak, Lundqvist, 2012; Kuczyńska et al., 2013; Nadolska-Orczyk et al., 2017).

Цель наших исследований – изучение внутривидового разнообразия ячменя по высоте растений в Южно-плоскостной зоне Дагестана, изучение характера наследования короткостебельности и создание новых низкорослых продуктивных форм для выращивания в условиях орошения.

Материалы и методы

В условиях Южного Дагестана (Дагестанская опытная станция – филиал Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР, ДОС ВИР, г. Дербент) в 1993–2008 гг. изучили 2021 образец ячменя культурного (*Hordeum vulgare* L.) из коллекции ВИР разного эколого-географического происхождения, систематической принадлежности и типа развития. Изучали гибриды F_1 , F_2 и F_3 от скрещивания высокорослого сорта 'Сонет' (к-30448, Свердловская обл.) с выделенными нами короткостебельными формами, которые также скрещивали между собой.

Использовали общепринятую в зоне исследований агротехнику. Предшественниками являлись сидеральный пар, люцерна либо овощные культуры. Образцы высевали в третьей декаде октября. Посев проводили вручную, каждый образец высевали на делянке площадью 1 м², междурядья – 15 см, длина рядка – 1 м, расстояние между делянками – 30 см. В качестве стандартов использовали районированные в республике сорта озимого ячменя – 'Дагестанский 239' (к-15240, Дагестан), 'Циклон' (к-26049, Краснодарский край), 'Завет 3' (к-21905, Краснодарский край), 'Виктория' (к-26894, Румыния) и ярового ячменя – 'Темп' (к-22055, Краснодарский край). Уборку и обмолот растений производили вручную.

При изучении коллекции руководствовались «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса» (Loskutov et al., 2012). Среднюю высоту растений ячменя на делянке определяли в фазу молочной спелости. Растения измеряли от поверхности почвы до вершины колоса без остей в центре делянки и принимали среднее значение из трех промеров. Оценку устойчивости к полеганию осуществляли в течение вегетационного периода неоднократно: в периоды колошения и уборки урожая, а также после ливневых дождей или других экстремальных условий. Степень устойчивости образцов против полегания определяли глазомерно по шкале от 1 (очень низкая) до 9. Учет урожая зерна осуществляли путем обмолота и последующего взвешивания. Массу 1000 зерен определяли по двум навескам из 250 зерен. Колосовой анализ включал измерение длины колоса, подсчет числа колосков, зерен и взвешивание массы зерна с колоса.

Ключевой вредитель ячменя в Дагестане – шведская муха (*Oscinella frit* L.) – повреждает стебли и колосья, причем в данном регионе преобладает второй тип повреждения. На естественном фоне заселения растений насекомым анализировали по 10 случайно отобранных колосьев данного образца. В качестве критерия устойчивости использовали величину череззерницы, которую определяли, как отношение числа поврежденных мухой колосков к общему числу колосков в колосе, выраженное в процентах (Batasheva et al., 2013).

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с помощью общепринятых методик (Dospekhov, 1985). Для обсчета данных использовали возможности программы Microsoft Excel 1998.

Результаты и обсуждение

По результатам многолетних исследований установлено, что внутривидовое разнообразие ячменя культурного характеризуется широкой изменчивостью (55–155 см) по высоте растений (рисунок). В условиях южного Дагестана наиболее оптимальна высота 100–115 см, обеспечивающая высокую устойчивость растений к полеганию.

В результате агробиологического изучения мировой коллекции нами выделен ряд низкорослых сортов; среди них особый интерес по комплексу признаков представляют 'Camincet' (к-30374, Эстония), 'Pugamid' (к-30564, Франция), 'Рамос' (к-30315, Московская обл.) и 'Jo 1632' (к-30459, Финляндия).

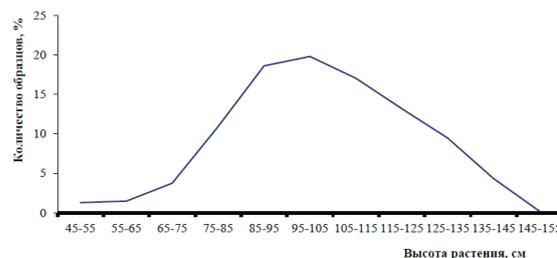


Рисунок. Распределение растений по высоте в условиях Южного Дагестана

Figure. Distribution of plants according to their height in the Southern Dagestan environments

Таблица 1. Характеристика родительских форм и гибридов F₁ ячменя по высоте растения**Table 1.** Characteristics of parental forms and F₁ barley hybrids according to their plant height

Родительские формы, гибриды	Изучено растений, шт.	Высота растения, см $\bar{x} \pm s_x$	Коэффициент вариации V, %	Степень доминирования hp
Сонет	22	129,0 ± 1,3	4,8	-
Jo 1632	22	99,0 ± 0,8	3,9	-
Саминцент	22	96,5 ± 0,8	3,7	-
Pyramid	22	95,3 ± 1,0	4,9	-
Рамос	22	100,5 ± 1,1	5,0	-
Сонет × Саминцент	20	119,6 ± 3,2	5,3	0,8
Сонет × Pyramid	38	120,0 ± 0,8	4,0	0,5
Сонет × Рамос	26	126,0 ± 1,4	5,7	0,8
Jo 1632 × Саминцент	20	112,6 ± 1,6	6,3	10,0
Jo 1632 × Pyramid	29	113,4 ± 1,1	5,2	8,2
Jo 1632 × Рамос	24	117,0 ± 1,3	5,3	23,0

У гибридов первого поколения от скрещивания низкорослых форм с высокорослым сортом 'Сонет' обнаружена разная степень доминирования высокорослости (табл. 1), т. е. короткостебельность у этих сортов контролируется рецессивными аллелями генов.

Во втором поколении гибридов наблюдали низкие высокорослые растения, а также промежуточные фор-

мы, не выходящие за пределы распределения исходных родительских сортов (табл. 2). В зависимости от комбинации скрещивания частота выщепления низкорослых рецессивных форм варьировала в пределах 22–30%. Данные частоты выщепления соответствуют частоте рецессивных гомозигот (25%) в случае моногенного контроля признака.

Таблица 2. Распределение родительских форм и F₂ гибридов по высоте растения**Table 2.** Distribution of parental forms and F₂ hybrids according to their plant height

Родительские формы, гибриды	Изучено растений, шт.	Распределение растений по высоте, шт																
		60-65	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90	91-95	96-100	101-105	106-110	111-115	116-120	121-125	126-130	131-135	136-140	141-145
Сонет	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	13	5	3	1
Саминцент	24	-	1	1	6	6	7	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyramid	18	-	2	7	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Рамос	13	1	1	1	3	4	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jo 1632	18	-	-	1	5	4	3	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сонет × Саминцент	291	-	4	9	10	12	23	21	18	17	36	37	36	23	30	11	3	1
Сонет × Pyramid	277	-	5	12	13	14	18	14	19	31	39	45	32	20	12	2	1	-
Сонет × Рамос	198	1	3	2	2	6	8	10	12	18	25	26	23	15	12	15	11	9
Саминцент × Jo 1632	104	2	3	9	7	10	13	12	9	13	8	11	6	1	-	-	-	-
Jo 1632 × Саминцент	192	7	18	13	17	14	17	25	40	17	18	4	2	-	-	-	-	-
Jo 1632 × Pyramid	108	3	4	7	6	12	16	15	20	12	7	5	1	-	-	-	-	-
Рамос × Jo 1632	106	5	4	7	10	7	11	14	12	15	8	9	1	2	1	-	-	-

В третьем поколении потомство всех низкорослых растений было представлено константными низкорослыми семьями, соответствующими по высоте исходным низкорослым сортам, что подтверждает предположение о моногенном различии высокорослого сорта 'Сонет' и короткостебельных сортов.

Гибриды F₁ от скрещивания 'Jo 1632' с другими низкорослыми сортами на 10–15 см превосходили по высоте растения исходные низкорослые сорта (см. табл. 1). Во втором поколении наблюдали расщепление с появ-

лением положительных и отрицательных трансгрессий, выходящих за пределы варьирования низкорослых сортов (см. табл. 2), что свидетельствует о неаллельном взаимодействии генов, контролирующих низкорослость. Таким образом, мы полагаем, что короткостебельность образца 'Jo 1632' контролируется геном (генами), отличающимся от генов, обуславливающих низкорослость сортов 'Саминцент', 'Pyramid' и 'Рамос'.

В целях выделения низкорослых рекомбинантных продуктивных форм потомство низкорослых семей, вы-

деленных из гибридных популяций от скрещивания сорта 'Сонет' с низкорослыми сортами, довели до пятого-шестого поколения. Наиболее продуктивные линии, значительно превосходящие родительские формы по массе зерна с единицы площади и устойчивости к шведской мухе, выделены из гибридных комбинаций высокорослого сорта Сонет × Samincen и Сонет × Pyramid (табл. 3). Ключевыми факторами, обеспечивающими высокую продуктивность линий, являются устойчивость к полеганию, прочный низкорослый стебель, высокая масса 1000 зерен

(50–57 г при 42 г у сорта 'Сонет') и низкая череззерница (7–11% при 20–45% у родительских форм).

Известно, что самым широко распространенным отрицательным плейотропным эффектом генов, контролирующим низкорослость зерновых культур, является снижение массы 1000 зерен, т. е. крупности зерна. Например, у ячменя эта негативная ассоциация многократно показана для гена *sdw1* (Kuczyńska et al., 2013). В нашем случае удалось отобрать линии, сочетающие короткостебельность с высокой крупностью зерна.

Таблица 3. Линии ячменя, выделенные по продуктивности
Table 3. Barley lines identified for their productivity

Сорт, гибрид	Колосков в колосе, шт.	Повреждено <i>Oscinella frit</i> колосков, шт.	Череззерница %	Зерен с колоса, шт.	Вес зерна, г		
					с колоса	1000 зерен	с 1 м ²
♀ Сонет	71,7±1,02	31,7±1,85	44,5±2,71	37,4±2,11	1,58±0,09	41,8	642,5
♂ Samincen	28,1±0,31	5,90±0,50	21,0±1,76	21,8±0,54	1,11±0,03	51,2	470,0
Л 15/4	27,2±0,51	2,00±0,36	7,29±1,29	24,8±0,53	1,41±0,03	56,6	765,0
♀ Сонет	71,7±1,02	31,7±1,85	44,5±2,71	37,4±2,11	1,58±0,09	41,8	642,5
♂ Pyramid	26,1±0,59	6,60±0,69	25,1±2,46	18,9±0,78	0,85±0,04	46,0	495,0
Л 16/12	29,5±0,43	3,30±0,48	11,1±1,63	26,4±0,57	1,26±0,04	50,4	837,5

Заключение

Наши исследования показали, что на поливных землях в условиях южного Дагестана оптимальна высота растений ячменя 100–115 см, которая обеспечивает высокую устойчивость к полеганию. Выделен ряд низкорослых сортов, среди которых особый интерес по комплексу признаков представляют 'Samincen' (к-30374, Эстония), 'Pyramid' (к-30564, Франция), 'Рамос' (к-30315, Московская обл.) и 'Jo 1632' (к-30459, Финляндия). Короткостебельность у этих сортов контролируется рецессивными генами. Получили рекомбинантные линии Л 15/4 (F₆ Сонет × Samincen) и Л 16/12 (F₆ Сонет × Pyramid), которые наиболее интересны для селекции, т. к. наряду с короткостебельностью характеризуются повышенной крупностью зерна.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР № 0662-2019-0001.

References/Литература

Batasheva B.A., Radchenko E.E., Kovaleva O.N., Zveinek I.A., Abdullaev R.A. Injuriousness of frit fly (*Oscinella frit* L.) in the southern planar zone of Dagestan (Vredonosnost shvedskoy mukhi (*Oscinella frit* L.) v yuzhno-ploskostnoy zone Dagestana). *Problemy razvitiya APK regiona = Problems of Regional Agroindustrial Complex Development*. 2013;4:10-13.

[in Russian] (Баташева Б.А., Радченко Е.Е., Ковалева О.Н., Звейнек И.А., Абдуллаев Р.А. Вредоносность шведской мухи (*Oscinella frit* L.) в южно-плоскостной зоне Дагестана. *Проблемы развития АПК региона*. 2013;4:10-13).

Dospikhov V.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспихов В.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат; 1985).

Franckowiak J.D., Lundqvist U. Descriptions of barley genetic stocks for 2012. *Barley Genetics Newsletter*. 2012;42:36-792.

Kuczyńska A., Surma M., Adamski T., Mikołajczak K., Krystkowiak K., Ogrodowicz P. Effects of the semi-dwarfing *sdw1/denso* gene in barley. *J. Appl. Genet.* 2013;54(4): 381-390. DOI: 10.1007/s13353-013-0165-x

Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Methodological guidelines for studying and maintaining the global collection of barley and oat (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyyu i sokhraneniyyu mirovoy kollektzii yachmany i ovsa). St. Petersburg: VIR; 2012. [in Russian] (Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР; 2012).

Nadolska-Orczyk A., Rajchel I.K., Orczyk W., Gasparis S. Major genes determining yield-related traits in wheat and barley. *Theor. Appl. Genet.* 2017;130(6):1081-1098. DOI: 10.1007/s00122-017-2880-x

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Баташева Б.А., Ибишева В.И., Абдуллаев Р.А., Ковалева О.Н., Звейнек И.А., Радченко Е.Е. Короткостебельные продуктивные линии ячменя культурного. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):73-76. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-73-76

Batasheva B.A., Ibisheva V.I., Abdullaev R.A., Kovaleva O.N., Zveinek I.A., Radchenko E.E. Semi-dwarf productive barley lines. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):73-76. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-73-76

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Дополнительная информация/Additional information
Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-73-76>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the author, and his or her employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest