



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-2

УДК: 633.16:631.527

## ВЗАИМОСВЯЗЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ С УРОЖАЙНОСТЬЮ

Мартынова С.В., Пакуль В.Н., Андросов Д.Е.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Кемеровская область, пос. Новостройка, Россия*

Для цитирования: Мартынова С.В., Пакуль В.Н., Андросов Д.Е. Взаимосвязь морфометрических параметров ярового ячменя с урожайностью // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 5. С. 11–20. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-2

For citation: Martynova S.V., Pakul V.N., Androsov D.E. Vzaimosvyaz' morfometricheskikh parametrov yarovogo yachmenya s urozhainost'yu [Relationship of morphometric parameters of spring barley with yield]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 5, pp. 11–20. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-2

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты оценки 106 образцов ярового ячменя из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Показана степень влияния морфометрических параметров элементов продуктивности на формирование урожайности и степень их сопряженности. Исследования проведены в 2016–2018 гг. в коллекционном питомнике в лесостепной зоне Кемеровской области. В годы исследований метеорологические условия вегетационного периода складывались при остром дефиците влаги в мае и июне в 2016 и 2017 гг. (гидротермический коэффициент (ГТК) от 0,37 до 0,50) до переувлажнения в 2018 г. (в июне ГТК = 2,41, в июле ГТК = 1,92). Достоверное превышение урожайности по сравнению с сортом-стандартом Биом имели два образца ярового ячменя из Чехии: Jubilant, Svit (80,33 г) и образец из Казахстана Илек 1 (103,3 г). С превышением урожайности с единицы площади к сорту-стандарту от 26,6 до 63,0% выделено восемь образцов ярового ячменя. По комплексу ценных признаков выявлены образцы: Svit (Чехия), Азов

## RELATIONSHIP OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF SPRING BARLEY WITH YIELD

Martynova S.V., Pakul V.N., Androsov D.E.

*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo Research Institute of Agriculture Novostroika, Kemerovo region, Russia*

The assessment results of 106 samples of spring barley from the collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources are presented. The effect of morphometric parameters of their productivity elements on the yield formation and the degree of their correlation is shown. The studies were conducted in 2016–2018 in a collection nursery in the forest-steppe zone of Kemerovo region. During the years of research, the meteorological conditions of the growing season were characterized by an acute moisture deficit in May and June in 2016 and 2017 (hydrothermal coefficient HTC from 0.37 to 0.50) and then by excessive moisture level in 2018 (in June HTC = 2.41, in July HTC = 1.92). A significant excess of yield compared to the standard Biome variety was found in two samples of spring barley from the Czech Republic: Jubilant and Svit (80.33 g) and a sample from Kazakhstan Ilek 1 (103.3 g). Eight spring barley samples showed excess of yield from a unit area compared to the standard variety from 26.6% to 63.0%. As for the complex of valuable features, the following varieties were revealed: Svit (Czech

(Ростовская область), Илек 1, Илек 16 (Казахстан), Шукран (Краснодар). Установлена наиболее тесная взаимосвязь между урожайностью ярового ячменя и морфометрическими показателями элементов его продуктивности: количеством продуктивных стеблей на единице площади ( $r = 0,8728$ ), биомассой корневой системы ( $r = 0,3598$ ), массой 1000 зерен ( $r = 0,3273$ ), продуктивностью колоса ( $r = 0,3820$ ). Сорта с наибольшей выраженностью хозяйственно ценных признаков, отобранные из гибридных популяций ВИР, целесообразно использовать для процесса селекции в почвенно-климатических условиях Кемеровской области.

**Ключевые слова:** яровой ячмень, элементы продуктивности, число зерен в колосе, масса 1000 семян, продуктивность колоса, масса корневой системы, урожайность

## ВВЕДЕНИЕ

Сорт – важнейший фактор увеличения урожайности, а его продуктивность как интегральный показатель формируется в результате взаимодействия многих процессов и систем в онтогенезе растений. Элементы структуры урожайности любой возделываемой культуры определяют возможную потенциальную продуктивность, позволяют установить закономерности ее формирования. Определение вклада в урожайность отдельных элементов ее структуры имеет практическое значение в селекционных программах [1, 2]. В зонах рискованного земледелия с резко континентальным климатом при ограниченности вегетационного периода, раннелетних засухах и недостатке тепла в период налива зерна достаточно остро стоит вопрос о создании адаптивных сортов зерновых культур. Незаменимая зернофуражная культура в таких почвенно-климатических условиях – яровой ячмень, который имеет высокую экологическую пластичность [3–5]. Возможность сочетания в одном генотипе потенциальной продуктивности и высокой адаптивности обуславливается специфической устойчивостью растений к действию экологических стрессов [6–8]. Задача подбора исходного материала всегда была одной из центральных в селекции

Republic), Azov (Rostov Region), Ilek 1, Ilek 16 (Kazakhstan), Shukran (Krasnodar). The closest relationship was established between the yield of spring barley and the morphometric indicators of the elements of its productivity: the number of productive stems per unit area ( $r = 0.8728$ ), the biomass of the root system ( $r = 0.3598$ ), the mass of 1000 grains ( $r = 0.3273$ ), spike productivity ( $r = 0.3820$ ). Varieties with the highest degree of economically valuable traits, selected from hybrid populations of VIR, are advisable to use for the breeding process in the soil and climatic conditions of Kemerovo region.

**Keywords:** barley, elements of productivity, number of grains per ear, weight of 1000 seeds, spike productivity, mass of the root system, yield

сельскохозяйственных культур, в частности ячменя. Успех в селекции ярового ячменя зависит от наличия коллекционного материала с соответствующими ценными количественными признаками, что способствует расширению генетической основы создаваемых сортов [9, 10].

Цель исследований – изучить морфометрические параметры элементов продуктивности образцов ярового ячменя, установить их взаимосвязь с урожайностью и выявить перспективные источники для использования в процессе селекции.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2016–2018 гг. в лаборатории селекции и агротехники полевых культур Кемеровского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук. Объекты исследований – 106 образцов ярового ячменя из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Изучение образцов проведено в коллекционном питомнике в лесостепной зоне Кемеровской области. Повторность однократная, учетная площадь делянки 1 м<sup>2</sup>, норма высева (оптимальная для ярового ячменя в зоне возделывания) – 450 шт./м<sup>2</sup>. Срок посева 8–11 мая,

уборка вручную в фазу полной спелости образцов ярового ячменя (10–18 августа). Учеты и фенологические наблюдения за ростом и развитием ячменя, учет урожая и его структура проведены по методикам М.А. Федина, Ю.А. Роговского, Л.В. Исаева<sup>1</sup>, И.Г. Лоскутова, О.Н. Ковалёвой, Е.В. Блиновой<sup>2</sup>. Статистическая обработка полученных данных проведена методами вариационного, корреляционного, дисперсионного анализов по методике Б.А. Доспехова<sup>3</sup>, в обработке компьютерных программ О.Д. Сорокина<sup>4</sup>. В годы исследований метеорологические условия вегетационного периода складывались при остром дефиците влаги в мае и июне в 2016 и 2017 гг. (ГТК от 0,37 до 0,50) до переувлажнения в 2018 г. (в июне ГТК = 2,41, в июле ГТК = 1,92) (см. табл. 1).

Условия 2016 г. имели различия по периодам вегетации ярового ячменя, с пониженными температурами в период посев – всходы и количеством осадков в пределах нормы (93% от среднесуточных показателей) за счет их выпадения в I и II декадах мая. В критические периоды для зерновых культур – всходы – кущение, кущение – выход в трубку, выход в трубку – цветение – отмечен недостаток влаги при высокой среднесуточной температуре, на 3,0 °С выше среднесуточных показателей (см. табл. 2).

**Табл. 1.** Гидротермический коэффициент в период вегетации ярового ячменя

**Table 1.** Hydrothermal coefficient during vegetation period of spring barley

Год	Гидротермический коэффициент			
	май	июнь	июль	август
2016	0,50	0,37	1,73	0,63
2017	0,47	0,46	1,80	1,10
2018	0,00	2,41	1,92	0,42

<sup>1</sup>Федин М.А., Роговский Ю.А., Исаева Л.В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: методические указания. М. 1985. 270 с.

<sup>2</sup>Лоскутов И.Г., Ковалёва О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб., 2012. 63 с.

<sup>3</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1985. 351 с.

<sup>4</sup>Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН. 2004. 162 с.

**Табл. 2.** Метеоусловия в период вегетации  
**Table 2.** Meteorological conditions during vegetation period

Показатель	Месяц			
	май	июнь	июль	август
<i>2016 г.</i>				
Сумма осадков, отклонение от нормы, мм	-3,0	-46	+46	-31
Среднесуточная температура воздуха, °С, отклонение от нормы	-1	+3	+2	+1
<i>2017 г.</i>				
Сумма осадков, отклонение от нормы, мм	-22	-37	+39	-2
Среднесуточная температура воздуха, °С, отклонение от нормы	+1,9	+2,8	-0,1	+1,2
<i>2018 г.</i>				
Сумма осадков, отклонение от нормы, мм	+37	+75	+43	-43
Среднесуточная температура воздуха, °С, отклонение от нормы	-3	+3	-1	0

Фаза колошения в селекционных питомниках ячменя проходила в июне (ГТК = 0,50) и в I декаде июля (ГТК = 2,1) при температурном режиме, превышающем нормативные показатели на 2–3 °С. Значительное увеличение осадков в июле привело к дополнительному образованию дополнительных побегов из надземного узла, что вызвало неодновременность созревания ярового ячменя. Период уборки характеризовался среднесуточными температурами от 16,9 до 18,6 °С, что выше нормы на 1 °С, с небольшим количеством осадков (ГТК = 0,63). Высокая среднесуточная температура и отсутствие продуктивных осадков в период всходы – колошение характеризовали 2017 г. Это привело к торможению ростовых процессов и корневой системы растений. В мае выпало осадков на 22 мм меньше нормы, в июне на 37 мм, при среднесуточной температуре выше нормы на 1,9 и 2,8 °С соответственно.

Неблагоприятные условия, сложившиеся в агроценозе в этот период, оказали негативное влияние на сохранность растений и в целом на продуктивность ярового ячменя. Выпавшие осадки в июле (39 мм выше нормы) оказали благоприятное воздействие на налив зерна и продуктивность колоса.

В 2018 г. условия в период вегетации ярового ячменя характеризовались значительным количеством осадков и сопровождалась пониженными температурами. Среднесуточная температура за май на 3 °С ниже нормы. В период кущения – выход в трубку ярового ячменя отмечена повышенная среднесуточная температура (на 3 °С выше среднесезонных показателей), при значительном превышении осадков к норме (на 75 мм). Среднесуточная температура за июль составила 18,0 °С (норма 18,8 °С) при превышении осадков за месяц на 43 мм. В период налива зерна ярового ячменя температурный режим по показателям был близок к норме, количество осадков незначительное (ГТК = 0,42).

Почва, на которой проводились исследования – выщелоченный чернозем, тяжелосуглинистый по гранулометрическому составу, средней мощности. Содержание гумуса 7,8%, реакция почвенного раствора близка к нейтральной, pH – 6,0. Содержание в горизонте 0–40 см N – NO<sub>3</sub> – 45,1 мг/кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 140 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 102 мг/кг.

Различные условия в период вегетации растений в годы исследований позволили дать объективную оценку образцам ярового ячменя при их изучении в коллекционном питомнике.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность ярового ячменя – интегрированный показатель возможностей генотипа. Отбор перспективных сортообразцов направлен на выделение генотипов, для которых влияние взаимодействия «генотип – среда» является минимальным при реализации своих продуктивных свойств [11]. Из изучаемых 106 образцов ярового ячменя различного эколого-географического происхождения выделено 26 сортов с уро-

жайностью, превышающих сорт Биом или имеющих показатели на уровне контроля (см. табл. 3). По данным фенологических наблюдений, выделенные образцы относятся к группе среднеспелых сортов, вегетационный период за годы исследований составил 82–84 дня, у сорта-стандарта Биом – 80 дней. С превышением урожайности с единицы площади к сорту-стандарту Биом от 26,6 до 63,0% выделено восемь образцов ярового ячменя: Deuce (Канада) – 144,7 г/м<sup>2</sup>, T-12 (нутанс 129, Оренбург) – 145,0, Азов (Ростов) – 145,3, Stabil (Чехия) – 150,3, Карабалыкский 5 (Челябинск) – 152,0, Шукран (Краснодар) – 158,7, Илек 16 (Казахстан) – 165,0 г/м<sup>2</sup>, CDC Guardian (Канада) – 186,3, сорт-стандарт Биом – 114,3 г/м<sup>2</sup>. Достоверное превышение урожайности к сорту-стандарту имели два образца из Чехии: Jubilant и Svit – 80,33 г, и образец из Казахстана Илек 1 – 103,3 г (НСР<sub>05</sub> = 72,27 г) при высокой вариабельности признака – 37,5; 30,6 и 59,6% соответственно.

Меньшая изменчивость урожайности отмечена у сортов Stabil (Чехия) – 20,1%, Карабалыкский 5 (Челябинск) – 24,6, Deuce (Канада) – 27,5, Азов (Ростов) – 29,3%. Среднюю вариабельность признака урожайности от 10,8 до 16,3% имели сорта с массой зерна с единицы площади 105–133 г/м<sup>2</sup>, что является ниже среднего показателя в среднем по питомнику – 135,4 г/м<sup>2</sup>.

Наибольшее влияние в изменчивость признака масса зерна с единицы площади оказали генотип – 29,9%, условия вегетации (годы) – 15,5%; в общем варьировании признака – взаимодействие условий среды и генотипа – 54,6%. В селекции широко используется анализ корреляционных взаимосвязей между признаками. Как числовые значения признаков (морфометрические параметры), так и корреляции между ними обусловлены климатическими и погодными условиями, в которых проводятся исследования, а также особенностями селекционного материала [12].

В наших исследованиях на основании корреляционного анализа проведена оценка взаимосвязи между урожайностью ярового

**Табл. 3.** Урожайность и морфометрические параметры ярового ячменя, 2016–2018 гг.  
**Table 3.** Yield and morphometric parameters of spring barley, 2016–2018.

Сорт	Масса зерна с единицы площади, г/м <sup>2</sup>	Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Высота растений, см	Длина колоса, см	Масса зерна колоса, г	Биомасса корней, г/растение
Биом (стандарт)	114,3	131,0	17,4	53,7	58,4	6,3	0,88	0,190
Jubilant	194,7	188,3	19,1	50,6	63,4	7,2	1,05	0,117
CDC Guardian	186,3	170,3	19,1	53,0	61,6	8,3	1,03	0,157
Deuce	144,7	135,3	20,0	51,7	59,7	8,3	0,94	0,283
Stein	114,0	112,7	20,4	50,2	56,4	7,2	1,00	0,180
Symko	111,0	105,3	22,6	45,7	65,9	8,2	1,03	0,213
Атаман	139,3	135,3	21,6	53,4	61,5	7,8	1,00	0,307
Herta (CN-9472)	105,7	113,7	20,6	40,1	62,9	8,4	0,89	0,283
Ladik	132,7	146,7	22,5	48,8	62,8	8,3	0,903	0,210
Stabil	150,3	153,0	21,6	46,4	55,2	8,2	0,98	0,110
Svit	194,7	167,0	21,6	53,2	62,4	8,9	1,09	0,257
Victor	130,7	118,3	21,2	51,7	53,4	7,9	1,08	0,203
Карабалыкский 5	152,0	152,3	19,1	50,8	59,8	6,7	0,98	0,243
Азов	145,3	120,0	20,7	58,4	62,7	5,2	1,23	0,163
Михайловский	117,0	109,0	21,2	48,9	58,9	8,3	1,043	0,277
Рубикон	130,0	123,0	18,4	53,3	57,3	7,6	0,99	0,233
Шукран	158,7	118,7	23,8	56,3	65,9	9,4	1,27	0,273
T-12 (нутанс 129)	145,0	158,0	16,6	50,1	59,3	6,9	0,82	0,360
Primus	129,3	116,3	19,9	53,4	55,6	6,8	1,03	0,197
Илек 16	165,0	130,0	23,6	53,7	62,9	8,3	1,20	0,240
Илек 1	217,7	162,7	26,1	48,3	63,7	9,4	1,25	0,227
ЯК – 401	132,3	139,0	17,8	52,2	57,3	7,1	0,91	0,153
JB Flafour	111,7	133,3	17,6	42,2	47,8	6,4	0,813	0,150
Rubiola	128,7	120,3	22,8	51,5	58,6	7,0	1,07	0,340
Калита	133,0	144,7	17,0	55,3	60,4	6,9	0,917	0,220
Козак	133,0	133,0	20,4	55,2	64,3	7,1	0,98	0,200
Винницкий 28	137,7	119,0	22,1	56,3	60,6	7,6	1,10	0,200
HCP <sub>05</sub>	72,27	55,35	3,92	6,79	7,3	1,7	0,246	0,058

ячменя (масса зерна с единицы площади) и морфометрическими параметрами: количеством продуктивных стеблей с единицы площади, числом зерен в колосе, массой 1000 зерен, высотой растений, длиной колоса, продуктивностью колоса, биомассой корневой системы.

Выявлена наиболее тесная взаимосвязь между урожайностью ярового ячменя и количеством продуктивных стеблей на единице площади,  $r = 0,8728^*$  (см. табл. 4). Отмечена различная вариабельность количества продуктивных стеблей на единице площади по сортам. Наименьшая изменчивость у выделившихся сортов по данному признаку выявлена у образцов Азов – 13,2%, Deuce (Канада) и Svit (Чехия) – 14,8%.

При увеличении количества продуктивных стеблей на единице площади повышаются показатели высоты растений ( $r = 0,5803^*$ ). При этом снижается продуктивность колоса ( $r = -0,4089^*$ ) за счет конкуренции растений за влагу и питательные вещества. Также при повышении густоты стояния растений ухудшаются условия для развития корневой системы. Биомасса корней с растения имеет достоверную отрицательную корреляцию с количеством продуктивных стеблей на единице площади ( $r = -0,4465^*$ ).

Биомасса корней и продуктивность растений находятся в тесной сопряженности. Особую роль при этом играет первичная корневая система, так как при хорошем ее развитии в условиях засухи идет поглоще-

**Табл. 4.** Коэффициенты корреляции ( $r$ ) между урожайностью и морфометрическими показателями элементов продуктивности ярового ячменя (2016–2018 гг.)**Table 4.** Correlation coefficients ( $r$ ) between yield and morphometric indicators of the productivity elements of spring barley, 2016–2018.

Признак	МЗЕП	КПС	ЧЗК	М 1000З	ВР	ДК	МЗК	БК
МЗЕП	1,000	0,8728*	-0,0029	0,3273*	-0,5462	0,1771	0,4809*	0,3598*
КПС	0,8728*	1,000	-0,1329	-0,2848	0,5803*	-0,0070	-0,4089	-0,4465*
ЧЗК	-0,0029	-0,1329	1,000	-0,4235*	0,1364	0,4534*	0,6628*	0,1005
М 1000З	0,3273	-0,2848	-0,4235	1,000	0,3604*	-0,2526	0,3820*	0,0423
ВР	-0,5462	0,5803*	0,1364	0,3604*	1,000	0,2030	0,2999	0,3755*
ДК	0,1771	-0,0070	0,4534*	-0,2526	0,2030	1,000	-0,1446	0,1130
МЗК	0,4809*	-0,4089*	0,6628*	0,3820*	0,2999	-0,1446	1,000	-0,3916*
БК	0,3598*	-0,4465	0,1005	0,0423	0,3755*	0,1130	-0,3916	1,000

Примечание. МЗЕП – масса зерна с единицы площади, г/м<sup>2</sup>; КПС – количество продуктивных стеблей, шт./м<sup>2</sup>; ЧЗК – число зерен в колосе, шт.; М 1000З – масса 1000 зерен, г; ВР – высота растений, см; ДК – длина колоса, см; МЗК – масса зерна колоса, г; БК – биомасса корней, г/растение.

\* Здесь и далее по тексту: выше порога достоверности,  $r$  на уровне 5% = 0,3150.

ние воды из нижних слоев почвы, что имеет решающее значение в формировании зерновой продуктивности [13–16].

При анализе полученных данных определена значимость развития корневой системы в формировании урожайности ярового ячменя, установлена достоверная прямая зависимость средней величины за годы исследований между массой зерна с единицы площади и биомассой корневой системы растения ( $r = 0,3598^*$ ). Выделены девять образцов ярового ячменя с биомассой корневой системы растения выше среднего показателя по питомнику – 0,222 г/растение: Карабалыкский 5 (Челябинск) – 0,240, Svit (Чехия) – 0,257, Шукран (Краснодар) – 0,273, Михайловский (Москва) – 0,277, Deuse, Hertha (CN-9472) (Канада) – 0,283, Атаман (Беларусь) – 0,307, Rubiola (Латвия) – 0,340, Т-12 (нутанс 129, Оренбург) – 0,360 г/растение. Независимо от условий года параметры биомассы корневой системы имели среднюю вариабельность признака у образцов: Карабалыкский 5 (Челябинск) – 12,6%, Михайловский (Московская область) – 14,6%, низкую у образца Deuse (Канада) – 5,39%.

С селекционной точки зрения, большое значение имеют признаки, менее варьирующие под влиянием условий среды. К ним относят массу 1000 зерен – надежный индикаторный показатель при отборе на урожайность. Как правило, в Западной Сибири

создаются благоприятные условия для налива зерна за счет достаточной влагообеспеченности, поэтому формируется крупная зерновка [12].

Установлена достоверная прямая зависимость урожайности образцов ярового ячменя и массы 1000 зерен ( $r = 0,3273^*$ ).

Масса 1000 зерен имеет зависимость как от условий внешней среды, так и от биологических особенностей сорта. На изменчивость признака массы 1000 зерен за годы изучения образцов оказали влияние условия года – 47,3%, доля генотипической изменчивости в общем варьировании – 31,8%, взаимодействие двух факторов – 20,9%.

За период исследований изучаемые образцы ярового ячменя сформировали крупную зерновку, средний показатель по питомнику составил 51,3 г. Наиболее высокие параметры массы 1000 зерен отмечены у образцов CDC Guardian (Канада) – 53,0 г, Svit (Чехия) – 53,2, Рубикон (Краснодар) – 53,3, Primus (Чехия) – 53,4, Илек 16 (Казахстан) – 53,7, Шукран (Краснодарский край) – 56,3, Азов (Ростовская область) – 58,4 г с вариабельностью признака ( $V$ ) по сортам от 9,0 до 17,8%. Наименьшую изменчивость признака имели образцы Guardian (Канада) и Svit (Чехия),  $V = 9,0$  и 9,2% соответственно.

Масса 1000 зерен – один из основных показателей, определяющих продуктивность колоса. Выявлена достоверная зависимость

между данными элементами продуктивности,  $r = 0,3820^*$ . Доля влияния генотипа в формировании колоса составила 25,1%, условий года – 48,8%, взаимодействия двух факторов – 26,1%. Выделено четыре образца ярового ячменя, имеющих достоверно высокую массу зерна с колоса в сравнении со стандартом Биом (0,88 г): Азов (Ростовская область) – 1,23 г, Илек 16 – 1,20, Илек 1 (Казахстан) – 1,25, Шукран (Краснодар) – 1,27 г.

В продуктивности колоса базисным показателем является число в нем зерен, формирование которых происходит на четвертом этапе органогенеза [17].

Для оценки влияния сортов и условий вегетации в формировании озерненности колоса проведен двухфакторный дисперсионный анализ. Результаты анализа показали, что доля генотипической изменчивости рассматриваемого признака составляет 47,4%, условий вегетации (годы) – 18,0, взаимодействия двух факторов – 34,6%. Увеличение озерненности колоса обеспечивало его наибольшую продуктивность, выявлена прямая тесная зависимость между признаками ( $r = 0,7485^*$ ).

Максимальное число зерен в колосе отмечено у образцов с наибольшей его продуктивностью: Илек 16 – 23,6 шт., Илек 1 (Казахстан) – 26,1, Шукран (Краснодар) – 23,8 шт. С достоверным преимуществом по количеству зерен в колосе также выделены образцы ярового ячменя Svit, Stabil (Чехия), Атаман (Беларусь) – 21,6 шт., Винницкий 28 (Украина) – 22,1, Ladik (Чехия) – 22,5, Symko (Канада) – 22,6, Rubiola (Латвия) – 22,8, сорт-стандарт Биом – 17,4 шт. ( $НСР_{05} = 3,92$ ). Наибольшая стабильность данного признака отмечена у образцов Илек 16 (Казахстан),  $V = 4,04\%$ , Ladik,  $V = 5,78\%$ , Stabil (Чехия),  $V = 6,49\%$ , Шукран (Краснодар),  $V = 6,92\%$ .

Выявлена положительная сопряженность между числом зерен в колосе и его длиной ( $r = 0,4534^*$ ). В большей степени этот признак является сортовым, доля генотипической изменчивости в общем варьировании признака составила 42,3%, условий вегетации (годы) – 24,4, взаимодействия двух факторов – 33,3%.

## ВЫВОДЫ

Проведенная оценка урожайности 106 образцов ярового ячменя из коллекции ВИР и изучение морфометрических параметров элементов продуктивности сортов позволяют сделать ряд выводов.

1. С превышением урожайности от 26,6 до 63,0% по сравнению с сортом-стандартом Биом (масса зерна с единицы площади 114,3 г/м<sup>2</sup>) выделено восемь образцов ярового ячменя: Deuce (Канада), T-12 (нутанс 129, Оренбург), Азов (Ростов), Stabil (Чехия), Карабалыкский 5 (Челябинск), Шукран (Краснодар), Илек 16 (Казахстан), CDC Guardian (Канада).

2. Достоверное превышение урожайности к сорту-стандарту имеют два образца из Чехии: Jubilant, Svit – 80,33 г и образец из Казахстана Илек 1 – 103,3 г ( $НСР_{05} = 72,27$  г) при высокой вариабельности признака – 37,5; 30,6 и 59,6% соответственно. Наибольшее влияние на изменчивость признака масса зерна с единицы площади оказали генотип – 29,9%, условия вегетации (годы) – 15,5%; в общем варьировании признака – взаимодействие условий среды и генотипа – 54,6%.

3. Выявлена наиболее тесная взаимосвязь между урожайностью ярового ячменя с количеством продуктивных стеблей на единице площади ( $r = 0,8728^*$ ). Вариабельность количества продуктивных стеблей на единице площади по сортам различна, наименьшая изменчивость у выделившихся сортов по данному признаку отмечена у образцов Азов – 13,2%, Deuce (Канада) и Svit (Чехия) – 14,8%.

4. Установлена достоверная прямая зависимость средней величины между массой зерна с единицы площади и биомассой корневой системы растения ( $r = 0,3598^*$ ). Выделены девять образцов ярового ячменя с биомассой корневой системы растения от 0,240 до 0,360 г/растение (средний показатель по питомнику – 0,222 г/растение).

5. Масса 1000 зерен имеет зависимость как от условий внешней среды, так и от биологических особенностей сорта. Установлена достоверная прямая сопряженность уро-

жайности образцов ярового ячменя и массы 1000 зерен ( $r = 0,3273^*$ ). На изменчивость признака массы 1000 зерен за годы изучения образцов оказали условия года – 47,3,0%, доля генотипической изменчивости в общем варьировании – 31,8%, взаимодействие двух факторов – 20,9%.

Наиболее высокие параметры массы 1000 зерен отмечены у образцов CDC Guardian (Канада) – 53,0 г, Svit (Чехия) – 53,2, Рубикон (Краснодар) – 53,3, Primus (Чехия) – 53,4, Илек 16 (Казахстан) – 53,7, Шукран (Краснодарский край) – 56,3, Азов (Ростовская область) – 58,4 г с вариабельностью признака по сортам от 9,0 до 17,8%.

6. Достоверно высокую массу зерна с колоса в сравнении со стандартом Биом (0,88 г) имели сорта Азов (Ростовская область) – 1,23, Илек 16 – 1,20, Илек 1 (Казахстан) – 1,25, Шукран (Краснодар) – 1,27 г. Доля влияния генотипа в формировании продуктивности колоса составила 25,1%, условий года – 48,8, взаимодействия двух факторов – 26,1%.

7. Увеличение озерненности колоса обеспечивало его наибольшую продуктивность, выявлена прямая тесная зависимость между признаками ( $r = 0,7485^*$ ). Максимальное число зерен в колосе отмечено у образцов с наибольшей его продуктивностью: Илек 16 – 23,6 шт., Илек 1 (Казахстан) – 26,1, Шукран (Краснодар) – 23,8 шт.

Выделившиеся по элементам продуктивности источники ярового ячменя целесообразно использовать для включения в селекционный процесс для повышения урожайности создаваемых сортов в лесостепной зоне Кузнецкой котловины Кемеровской области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаманин В.П., Петуховский С.Л., Краснова Ю.С. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы по элементам структуры урожая в южной лесостепи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2016. № 4. С. 147–152.
2. Захарова Н.Н., Захаров Н.Г., Остин В.Н. Элементы продуктивности главного колоса озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 10–15.
3. Сидоров А.В., Нешумаева Н.А., Якубышкина Л.И. Создание сортов ярового ячменя для использования на кормовые цели // Вестник КрасГАУ. 2016. № 2. С. 148–152.
4. Юсова О.А., Николаев П.Н. Оценка перспективных источников повышенных продуктивности и качества зерна в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2016. № 12. С. 26–32.
5. Ламажпан Р.Р., Литшин А.Г. Влияние климатических условий на урожайность ярового ячменя в Республике Тыва // Вестник КрасГАУ. 2016. № 12. С. 13–19.
6. Creissen H.E., Jorgensen T.H., Brown J.K.M. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes // Crop Protection. 2016. Vol. 85. P. 1–8. DOI:10.1016/j.cropro.2016.03.001
7. Cuesta-Marcos A., Kling J.G., Belcher A.R. Barley: Genetics and Breeding // Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016. Vol. 4. P. 287–295.
8. Сурин Н.А., Зобова Н.В., Ляхова Н.Е., Нешумаева Н.В., Плеханова Л.В., Чуслин А.А., Онуфриёнок Т.В., Литшин А.Г. Источники ценных признаков в селекции ячменя на адаптивность // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 6. С. 36–40.
9. Компанец Е.В., Козаченко М.Р., Васько Н.И., Наумов А.Г., Солонечный П.Н., Святченко С.И. Селекционная ценность сортов ячменя ярового и их родительских форм // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 56–59.
10. Abdorreza J., Hossein N., Morteza N. Relationship between agronomic and morphological traits in barley varieties under drought stress condition // International Journal of Basic and Applied Sciences. 2015. Vol. 9 (9). P. 1507–1511.
11. Прянишников А.Н., Савченко И.В., Мазуров В.Н. Адаптивная селекция: теория и практика отбора на продуктивность // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 3. С. 29–32. DOI: 10.30850/vrsn/2018/3/29-32
12. Пушкарев Д.В., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г., Краснова Ю.С., Карагоз И.И., Шаманин В.П. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой

- пшеницы в условиях степной зоны Омской области // Вестник Омского ГАУ. 2018. № 3 (31). С. 26–35.
13. Becker S.R., Byrne P.F., Reid S.D., Bauerle W. L., McKay J.K., Haley S.D. Root traits contributing to drought tolerance of synthetic hexaploid wheat in a greenhouse study // *Euphytica*. 2016. 207(1). P. 213–224. DOI: 10.1007/s10681-015-1574-1
14. Pinto R.S., Reynolds M.P. Common genetic basis for canopy temperature depression under heat and drought stress associated with optimized root distribution in bread wheat // *Theoretical and Applied Genetics*. 2015. 128 (4). P. 575–585. DOI: 10.1007/s00122-015-2453-9
15. Шапошников А.И., Моргунов А.И., Акин Б., Макарова Н.М., Белимов А.А., Тихонович А.А. Сравнительные характеристики корневых систем и корневой экссудации у синтетического, примитивного и современного сортов пшеницы // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. № 51(1). С. 68–78.
16. Шаманин В.П., Потоцкая И.В., Шепелев С.С., Пожерукова В.Е., Моргунов А.И. Морфометрические параметры корневой системы и продуктивность растений у синтетических линий яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири в связи с засухоустойчивостью // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 3. С. 587–597. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.587eng
17. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Озерненность, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен в повышении урожайности озимой пшеницы // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2015. № 3. С. 27–29.
1. Shamanine V.P., Petukhovskiy S.L., Krasnova Y.S. Klasterny analiz sortov myagkoy yarovoy pshenicy po elementam struktury urozhaya v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [The cluster analysis of the grades of soft spring-sown wheat on elements of the crop structure in the southern forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of KrasGAU]. 2016, no. 4, pp. 147–152. (In Russian).
2. Zakharov N.N., Zakharov N.G., Austin V.N. Elementy produktivnosti glavnogo kolosa ozimoy myagkoy pshenicy v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya [The productivity elements of the main ear of soft winter wheat in the conditions of forest-steppe of the Middle Volga region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [The Agrarian Scientific Journal], 2019, no. 4, pp. 10–15. (In Russian).
3. Sidorov A.V., Neshumayeva N.A., Yakubyshekin L.I. Sozdanie sortov yarovogo yachmenya dlya ispol'zovaniya na kormovye celi [The development of new varieties spring barley for use for feeding purposes]. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of KrasGAU], 2016, no. 2, pp. 148–152. (In Russian).
4. Yusova O.A., Nikolayev P.N. Ocenka perspektivnykh istochnikov povyshennykh produktivnosti i kachestva zerna v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [The assessment of new perspective sources of raised efficiency and the quality of grain of barley in the conditions of southern forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of KrasGAU], 2016, no. 12, pp. 26–32. (In Russian).
5. Lamazhap R. R., Lipshin A.G. Vliyanie klimaticheskikh usloviy na urozhajnost' yarovogo yachmenya v Respublike Tyva [Influence of climatic conditions on the yield of summer barley in the Republic of Tyva]. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of KrasGAU], 2016, no. 12, pp. 13–19. (In Russian).
6. Creissen H.E., Jorgensen T.H., Brown J.K.M. Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes. *Crop Protection*, 2016, vol. 85, pp. 1–8, DOI:10.1016/j.cropro.2016.03.001
7. Cuesta-Marcos A., Kling J.G., Belcher A.R. Barley: Genetics and Breeding. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*, 2016, vol. 4, pp. 287–295.
8. Surin N.A., Zobova N.V., Lyakhova N.E., Neshumayeva N.V., Pleanov L.V., Chuslin A.A., Onufrienik T.V., Lipshin A.G. Istochniki cennykh priznakov v selekcii yachmenya na adaptivnost' [Sources of valuable features in breeding of barley for adaptability]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2016, vol. 30, no. 6, pp. 36–40. (In Russian).
9. Kompanets E.V., Kozachenko M.R., Vasko N.I., Naumov A.G., Solochny P.N., Svetchenko S.I. Selekcionnaya cennost' sortov yachmenya yarovogo i ikh roditel'skikh form [Selection value of varieties of spring barley and their pa-

- rental forms]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii* [The Journal of Belarusian State Agricultural Academy], 2016, no. 3, pp. 56–59. (In Russian).
10. Abdorreza J., Hossein N., Morteza N. Relationship between agronomic and morphological traits in barley varieties under drought stress condition. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 2015, vol. 9 (9), pp. 1507–1511.
  11. Spennishnikov A.N., Savchenko I.V., Mazrov V.N. Adaptivnaya selekciya: teoriya i praktika otbora na produktivnost' [Adaptive Selection: Theory and Practice of the Selection for Productivity]. *Vestnik Rossiiskoy sel'skokhozyajstvennoy nauki* [Vestnik of the Russian Agricultural Science], 2018, no. 3, pp. 29–32. (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2018/3/29-32.
  12. Pushkarev D.V., Chursin A.S., Kuzmin O.G., Krasnova Y.S., Karagoz I.I., Shamanine V.P. Korrelyatsiya urozhainosti s elementami produktivnosti sortov yarovoy myagkoy pshenicy v usloviyakh stepnoy zony Omskoy oblasti [Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region]. *Vestnik Omskogo GAU* [Bulletin of Omsk State Agricultural University], 2018, no. 3 (31), pp. 26–35. (In Russian).
  13. Becker S.R., Byrne P.F., Reid S.D., Bauerle W.L., McKay J.K., Haley S.D. Root traits contributing to drought tolerance of synthetic hexaploid wheat in a greenhouse study. *Euphytica*, 2016, 207(1), pp. 213–224. DOI: 10.1007/s10681-015-1574-1
  14. Pinto R.S., Reynolds M.P. Common genetic basis for canopy temperature depression under heat and drought stress associated with optimized root distribution in bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 2015, 128 (4), pp. 575–585. DOI: 10.1007/s00122-015-2453-9
  15. Shaposhnikov A.I., Morgunov A.I., Akin B., Makarov N.M., Belimov A.A., Tikhonovich A.A. Sravnitel'nye kharakteristiki kornevykh sistem i kornevoy eksudatsii u sinteticheskogo, primitivnogo i sovremennogo sortov pshenicy [Comparative characteristics of root systems and root exudation of synthetic, landrace and modern wheat varieties]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2016, no. 51(1), pp. 68–78. (In Russian).
  16. Shamanine V.P., Pototskaya I.V., Shepherd S.S., Pozherukova V.E., Morgu A.I. Morfometricheskie parametry kornevoy sistemy i produktivnost' rastenij u sinteticheskikh liniy yarovoy myagkoy pshenicy v usloviyakh Zapadnoy Sibiri v svyazi s zasukhoustoichivost'yu [Root habitus and plant productivity of spring bread wheat synthetic lines in Western Siberia as connected with breeding for drought tolerance]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2018, vol. 53, no. 3, pp. 587–597. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.587eng.
  17. Kovtun V.I., Kovtun L.N. Ozernyonnost', massa zerna s kolosa, i massa 1000 zyoren v povyshenii urozhainosti ozimoy pshenicy [Correlation of grain content in an ear, grain mass of one ear and mass of 1000 grains with soft winter wheat yields increase]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2015, no. 3, pp. 27–29. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мартынова С.В.**, научный сотрудник лаборатории селекции и агротехники полевых культур; e-mail: martynova.cveta77@mail.ru

✉ **Пакуль В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе; **адрес для переписки:** Россия, 650510. Кемеровская область, Кемеровский район, пос. Новостройка, ул. Центральная 47; e-mail: vpakyl@mail.ru

**Андросов Д.Е.**, научный сотрудник лаборатории селекции и агротехники полевых культур; e-mail: androso90@mail.ru

#### AUTHOR INFORMATION

**Martynova S.V.**, Researcher at the Laboratory for Breeding and Agricultural Engineering of Field Crops; e-mail: martynova.cveta77@mail.ru

✉ **Pakul V.N.**, Doctor of Science in Agriculture, Deputy Director for Research; **address:** 47 Centralnaya St., Novostroika, Kemerovo region, 650510, Russia, e-mail: vpakyl@mail.ru

**Androsov D.E.**, Researcher at the Laboratory for Breeding and Agricultural Engineering of Field Crops; e-mail: androso90@mail.ru

Дата поступления статьи 29.08.2019  
Received by the editors 29.08.2019