

## АНАЛИЗ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ПРИЗНАКУ «МАССА 1000 ЗЕРЕН»

**В.И. БЛОХИН**, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: bvikazan@bk.ru  
**И.Ю. НИКИФОРОВА, И.С. ГАНИЕВА**, кандидаты сельскохозяйственных наук  
**М.А. ЛАНОЧКИНА, Ю.В. МАЛАФЕЕВА**

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФИЦ КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН

*В условиях Предкамской зоны республики Татарстан (РТ) 2019-2021 гг. проведена оценка адаптивного потенциала сортов и перспективных линий ярового ячменя по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку «масса 1000 зерен». Методом двухфакторного дисперсионного анализа, нами установлены значимые эффекты условий года, генотипов и их взаимодействия на показатель «масса 1000 зерен». Определение доли влияния факторов и их взаимодействия в общем фенотипическом варьировании признака «масса 1000 зерен» показало, что в условиях Предкамской зоны РТ основной вклад в такое варьирование вносит фактор «годы» (82,7%). Вклад генотипов в общем варьировании признака составил 10,5%, на специфическое взаимодействие «генотип x год» приходится 6,8%. Высокий показатель общей адаптивной способности (ОАС), характеризующей генотип по способности обеспечивать максимальный уровень проявления признака во всей совокупности сред, отмечен у сортов Орлан, Поволжский 22 и Эндан (2,07; 4,68 и 3,45, соответственно). Высокие значения дисперсии специфической адаптивной способности ( $\sigma^2_{САС_i}$ ) отмечены у сортов Нур, Эндан, линии К-20-17 (141,85; 130,19; 128,59, соответственно). Наиболее приспособленными генотипами к ряду сред в условиях Предкамской зоны РТ были сорта Поволжский 22 и Фандага, характеризующиеся высокими значениями относительной стабильности ( $S_{gi}=19,3$  и  $19,5\%$ , соответственно). Лучшими генотипами, сочетающими высокий показатель «массы 1000 зерен» со стабильностью оказались сорта Поволжский 22 и Фандага ( $СЦГ_i=28,12$  и  $25,64$ , соответственно). Судя по величине коэффициента линейной регрессии ( $b_i$ ), наибольшей отзывчивостью на изменение условий среды обладали сорта Нур (1,17), Эндан (1,11) и линия К-20-17 (1,13). Самый низкий показатель дисперсии взаимодействия генотипа и среды ( $\sigma^2(G \times E)_{gi}=2,31$ ) у сорта Эндан, который свидетельствует об его узкой адаптации к определенному типу условий.*

**Ключевые слова:** яровой ячмень, масса 1000 зерен, параметры адаптивной способности и стабильности, прибавка урожайности, засухоустойчивость.

**Для цитирования:** Блохин В.И., Никифорова И.Ю., Ганиева И.С. Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В. Анализ адаптивного потенциала сортов и линий ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен». *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 4(44): 163-172. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172

## ANALYSIS OF ADAPTIVE POTENTIAL OF SPRING BARLEY VARIETIES AND LINES BY CHARACTERISTIC «WEIGHT OF 1000 GRAINS»

**V.I. Blokhin, I.Y. Nikiforova, I.S. Ganieva, M.A. Lanochkina, Yu.V. Malafeeva**

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE - SSU FRC «KazSC RAS»

**Abstract:** *The adaptive potential of varieties and promising lines of spring barley under the conditions of Predkamskaya zone of the Republic of Tatarstan (RT) 2019-2021 was estimated by statistical parameters calculated by the indicator "mass of 1000 grains". By the method of two-*

*factor analysis of variance we established the significant effects of year conditions, genotypes and their interaction on the indicator "mass of 1000 grains". Determination of the influence of factors and their interaction in the total phenotypic variation of the trait "mass of 1000 grains" showed that in the conditions of Predkamskaya zone of RT the main contribution to such variation is made by the factor "years" (82,7%). The contribution of genotypes in the total variation of the trait was 10.5%, the specific interaction "genotype x year" accounts for 6.8%. The high indicator of the general adaptive capacity (OACi), which characterizes the genotype by the ability to provide the maximum level of manifestation of the trait in the whole set of environments, was noted in the varieties Orlan, Volga 22 and Endan (2,07; 4,68 and 3,45g, respectively). High values of variants of specific adaptive ability ( $\sigma^2CACi$ ) were noted in varieties Nur, Endan, line K-20-17 (141,85;130,19; 128,59, respectively). The most adapted genotypes to a number of environments in the conditions of Predkamsky zone of the RT were varieties Povolzhsky 22 and Fandaga, characterized by high values of relative stability ( $Sgi=19.3$  and  $19.5\%$ , respectively). The best genotypes, combining high index of 1000 grains weight with stability were varieties Povolzhskiy 22 and Fandaga ( $Sgi=28,12$  and  $25,64$ , respectively). Judging by the value of the linear regression coefficient ( $bi$ ), the varieties Nur (1,17), Endan (1,11) and line K-20-17 (1,13) had the greatest responsiveness to changes in environmental conditions. The lowest index of genotype-environment interaction ( $\sigma^2(G \times E)gi=2,31$ ) was in the variety Endan, which indicates its narrow adaptation to a certain type of conditions.*

**Keywords:** spring barley, 1000-grain weight, adaptability and stability parameters, yield increase, drought tolerance.

### Введение

Крупность зерна, кроме линейных размеров и объёма, может быть выражена его массой. Масса 1000 зёрен – один из значимых компонентов структуры урожая, который участвует в формировании урожая зерна. Многие исследователи отмечают, что вариабельность показателя «масса 1000 зерен» зависит на 35,4...74,4...82,2% от влияния условий года, на 7,45...12,9...16,6% доли генотипа и на взаимодействие «генотип и условия года» приходится – 1,2...1,5...44,1% [1, 2, 3]. В республике Тыва в избыточно (ГТК=1,65-1,90) и умеренно влажных условиях периода вегетации (ГТК=1,36). Р.Р. Ламажап и А.Г. Липшин [4] выявили достоверную на 5% уровне значимости связь урожайности зерна с показателем «масса 1000 зерен» ( $r=0,64$ ). М.Н. Фоминой [5] в зоне Северного Зауралья достаточно обеспеченного влагой в период формирования и налива зерна ярового ячменя, также установлена достоверная на 5% уровне значимости связь урожайности зерна с показателем «масса 1000 зерен» ( $r=0,83-0,95$ ). О.Б. Батаков и В.А. Корелина [6], используя корреляционный анализ, выявили приоритетные признаки структуры урожая для селекции ярового ячменя в условиях Крайнего Севера Российской Федерации. По данным авторов к ним относятся длина колоса, продуктивная кустистость и масса 1000 зерен.

Н.Н. Анисимова и Е.В. Ионова [7] выявили, что в условиях модельной засухи вегетационного опыта («засушлик») корреляционная связь урожайности зерна ярового ячменя с массой 1000 зерен практически отсутствует ( $r = 0,07$ ). При изучении корреляционных плеяд элементов структуры урожая ярового ячменя в контрастных условиях периода вегетации Д.О. Долженко и С.Н. Шевченко [8] установили, что масса 1000 зерен становится одним из ведущих в формировании продуктивности в засушливых условиях периода вегетации. Последний, на территории РТ по оценкам О.Л. Шайтанова [9] и А.Б. Мустафиной [10] претерпевает существенные изменения под влиянием глобального потепления климата. По данным авторов осадки периода вегетации на территории РТ имеют достоверную тенденцию к снижению. За последние 20 лет в период вегетации яровых зерновых культур, выявлена тенденция увеличения количества дней с максимальной температурой воздуха выше  $25^{\circ}\text{C}$ , за последние 40 лет линия тренда ГТК сместилась из области слабо засушливых и вошла в область засушливых лет, доля засушливых лет по сравнению с прошлым веком повысилась на 10 процентов. Показатель массы 1000 зерен

является надежным индикатором, отражающим реакцию генотипа на изменение условий среды, отмечает А.И. Кинчаров и др. [11].

**Цель исследований** – охарактеризовать адаптивный потенциал сортов и перспективных линий ярового ячменя по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку «масса 1000 зерен» в условиях возделывания Предкамской зоны РТ.

#### **Материал и методы исследований**

Исследования проводились в 2019-2021 гг. на опытных полях Татарского НИИСХ, расположенного в Предкамской зоне РТ. Исходным материалом послужили 13 двурядных пленчатых сортообразцов ярового ячменя различных оригинаторов: Раушан (стандарт) – Татарский НИИСХ, ФИЦ «Немчиновка»; Нур - ФИЦ «Немчиновка»; Белгородский 100 – ОАО НПФ «БЕЛСЕЛЕКТ» ООО СП АГРОЭКОЛОГИЯ, ООО «АГРОКОМПАНИЯ ЛИЗ»; Орлан – Самарский ФИЦ РАН, ООО «Волжские семена»; Поволжский 22 – Поволжский НИИ селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, Пензенский НИИСХ; Памяти Чепелева – Уральский Федеральный Аграрный научно-исследовательский Центр Уральского отделения РАН, ООО «Красноуфимский селекционный центр»; Фандага – NORDSAAT SAATZUCHT GMBH (Германия); Тимерхан, Камашевский, Эндан, перспективные линии К-20-17; К-41-17; К-97-17 – Татарский НИИСХ. Посев сплошной, рядовой. Норма высева 5,5 млн. всхожих семян на 1 га. Учетная площадь делянок 10 м. Повторность 4-х кратная. Предшественник – горох.

Почва опытных участков серая лесная, среднесуглинистая. Пахотный слой (0...22 см) характеризовался следующими агрохимическими показателями: гумус – 3,35...3,52 % (по ГОСТ 26213-91); азот щелочно-гидролизуемый – 85,0...94,0 мг/кг (по А.Х. Корнфилду); подвижный фосфор и калий – соответственно 251...287 мг/кг и 149...167 мг/кг (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО; ГОСТ 26207-91); гидролитическая кислотность 3,7...5,9 ммоль/100 г (по методу Каппена в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91);  $pH_{\text{сол}}$  – 5,7...6,0. Массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89.

Параметры адаптивной способности и стабильности:  $u+v_i$  – среднее значение показателя «масса 1000 зерен» за период 2019-2021 гг.;  $OAC_i$  – общая адаптивная способность;  $\sigma^2 SAC_i$  – варианса специфической адаптивной способности;  $S_{gi}$  – относительная стабильность генотипа, %;  $СЦГ_i$  – селекционная ценность генотипа;  $\sigma^2(G \times E)_{gi}$  – варианса взаимодействия генотипа и среды;  $I_{gi}$  – коэффициент нелинейности;  $K_{gi}$  – коэффициент компенсации, рассчитывали по методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой (1985). Селекционную ценность сортообразцов ( $Sc_i$ ) рассчитывали по формуле В.В. Хангильдина с соавторами (1975). Коэффициент линейной регрессии ( $bi$ ) рассчитывали на основе математической модели S.A. Eberhart и W.A. Russel (1966). Уровень депрессии (%) рассчитывали по формуле:  $(1 - \text{масса 1000 зерен}_{2021} : \text{масса 1000 зерен}_{2019}) \times 100$ . Анализ прибавки урожайности, позволяющий разграничить фактическую прибавку урожайности испытуемого сорта по отношению к стандарту на компоненты, обусловленные озерненностью  $1 \text{ м}^2$  и массой 1000 зерен, рассчитывали по методике В.И. Ильина (1994).

Обработку экспериментальных данных проводили методами дисперсионного, корреляционного анализов с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.08, РАСХН, 1999).

Метеорологические данные предоставлены метеостанцией ТатНИИСХ, с. Большие Кабаны Лаишевского муниципального района, расположенной на расстоянии 3 км от места проведения исследований. Индексы гидротермического коэффициента (ГТК) рассчитывали по Г.Т. Селянину (1937). Классификация типов увлажнения периодов вегетации, приведена на основе индексов ГТК, разработанная О.Л. Шайтановым для условий РТ (0,5 и менее – сухой; 0,6...0,7 – сильно засушливый; 0,8...0,9 – засушливый; 1,0...1,2 – слабо засушливый; 1,3...1,5 – влажный; 1,6 и более – избыточно влажный [12]. Годы исследований характеризовались контрастностью гидротермических показателей межфазных периодов

(табл.1). Период вегетации 2019 г. характеризовался как влажный (ГТК=1,52), 2020 г. – засушливый (ГТК=0,89) и 2021 г. – экстремально-засушливый (ГТК=0,21).

Таблица 1

**Характер увлажнения межфазных периодов вегетации стандартного сорта на основе индексов ГТК**

Год	Всходы– кущение	Кущение– выход в трубку	Выход в трубку– колошение	Колошение– полная спелость	Всходы– колошение	Всходы– полная спелость
2019	1,41	1,03	0,07	2,27	0,68	1,52
2020	2,34	1,99	0,95	0,57	1,44	0,89
2021	0,00	0,24	0,10	0,28	0,13	0,21

**Результаты и их обсуждение**

Методом двухфакторного дисперсионного анализа нами установлены значимые эффекты условий года, генотипов и их взаимодействия на показатель «масса 1000 зерен». Определение доли влияния факторов и их взаимодействия в общем фенотипическом варьировании признака «масса 1000 зерен» показало, что в условиях Предкамской зоны РТ, основной вклад в такое варьирование вносит фактор «годы» (82,7%). Вклад генотипов в общем варьировании признака составил 10,5%, на специфическое взаимодействие «генотип x год» приходится 6,8% (табл. 2). Факт превалирования среднего квадрата генотипа ( $mS=53,172$ ) над средним квадратом взаимодействия «генотип x года» ( $mS=17,238$ ) свидетельствовал о том, что в исследуемой группе имелись формы стабильные по показателю «масса 1000 зерен».

Таблица 2

**Доля влияния факторов в общем фенотипическом варьировании признака «масса 1000 зерен» сортов и линий ярового ячменя по результатам двухфакторного дисперсионного анализа, 2019-2021 гг.**

Источники вариации	SS	dF	mS	F <sub>факт.</sub>	F <sub>теор.</sub> для P=0,05	Доля влияния, %
Общая	6102,810	77				
Варианты	6101,640	925	160,569	5350,439		
Фактор А (генотип)	638,069	12	53,172	1771,793	1,9	10,5
Фактор В (год)	5049,838	2	2524,919	84134,477	3,1	82,7
Взаимодействие А x В	413,732	24	17,238	574,427	1,7	6,8
Ошибка	1,170	39	0,030			

Нами проведена оценка адаптивного потенциала сортов и перспективных линий ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» с использованием различных статистических методов.

В таблице 3 представлены параметры адаптивной способности и стабильности сортов и линий ярового ячменя, рассчитанные по признаку «масса 1000 зерен». Высокий показатель общей адаптивной способности ( $OAC_i$ ), характеризующей генотип по способности обеспечивать максимальный уровень проявления признака во всей совокупности сред, отмечен у сортов Орлан, Поволжский 22 и Эндан (2,07; 4,68 и 3,45, соответственно). Высокие значения дисперсии специфической адаптивной способности ( $\sigma^2 SAC_i$ ) отмечены у сортов Нур, Эндан и линии К-20-17 (141,85; 130,19 и 128,5, соответственно).

**Параметры адаптивной способности и стабильности сортов и перспективных линий ярового ячменя, рассчитанные по признаку «масса 1000 зерен»**

Сортообразец	Масса 1000 зерен, г				OAC <sub>i</sub>	$\sigma^2(G \times E)_{gi}$	$\sigma^2CAC_i$	l <sub>gi</sub>	K <sub>gi</sub>	S <sub>gi</sub> , %	СЦГ <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>	Sc <sub>i</sub>	Уровень депрессии, %
	2019г	2020г	2021г	u+v <sub>i</sub>										
Раушан	47,29	29,50	29,11	35,30	-6,12	12,27	107,74	0,11	1,11	29,4	14,33	1,00	20,79.	40,6
К- 41-17	49,71	32,94	30,04	37,56	-3,86	5,76	112,57	0,05	1,16	28,2	16,13	1,05	22,69	39,6
К-97-17	53,28	35,49	33,15	40,64	-0,78	8,28	121,00	0,07	1,24	27,1	18,42	1,08	25,28	37,8
Камашевский	53,85	37,71	33,28	41,61	0,19	3,41	117,07	0,03	1,21	26,0	19,75	1,09	25,72	38,2
Тимерхан	51,56	43,31	32,07	42,31	0,89	5,08	95,45	0,05	0,98	23,1	22,57	0,97	26,35	37,7
Белгородский 100	50,66	46,80	31,96	43,14	1,72	22,52	97,22	0,23	1,01	22,9	23,22	0,89	27,22	36,9
Орлан	54,53	38,83	37,11	43,49	<b>2,07</b>	7,24	91,97	0,08	0,95	22,1	24,12	0,94	28,95	31,9
Памяти Чепелева	48,01	34,35	32,20	38,19	-3,23	6,23	73,44	0,08	0,75	22,4	20,88	0,85	25,13	32,9
Нур	52,65	43,16	28,97	41,59	0,17	12,91	<b>141,85</b>	0,09	<b>1,46</b>	28,6	17,53	<b>1,17</b>	22,88	<b>45,0</b>
Эндан	57,26	42,59	34,77	44,87	<b>3,45</b>	<b>2,31</b>	<b>130,19</b>	0,02	<b>1,34</b>	25,4	21,82	<b>1,11</b>	27,25	39,3
К-20-17	52,28	41,86	29,61	41,25	-0,17	6,86	<b>128,59</b>	0,05	<b>1,32</b>	27,5	18,34	<b>1,13</b>	23,36	<b>43,4</b>
Поволжский 22	54,63	46,84	36,85	46,10	<b>4,68</b>	5,45	<b>79,21</b>	0,07	0,81	<b>19,3</b>	<b>28,12</b>	0,88	<b>31,10</b>	32,5
Фандага	51,02	41,47	34,68	42,39	0,97	2,89	<b>68,72</b>	0,04	0,71	<b>19,5</b>	<b>25,64</b>	0,83	<b>28,81</b>	32,1
среднее	52,06	39,60	32,60											
НСР <sub>0,05</sub>	0,81	0,18	0,03											

**Примечание:** u+v<sub>i</sub> – среднее значение показателя «масса 1000 зерен» за период 2019-2021 гг.; OAC<sub>i</sub> – общая адаптивная способность;  $\sigma^2CAC_i$  – варианса специфической адаптивной способности; S<sub>gi</sub> – относительная стабильность генотипа, %; СЦГ<sub>i</sub> – селекционная ценность генотипа;  $\sigma^2(G \times E)_{gi}$  – варианса взаимодействия генотипа и среды; l<sub>gi</sub> – коэффициент нелинейности; K<sub>gi</sub> – коэффициент компенсации; (Sc) – селекционную ценность сортообразцов; (b<sub>i</sub>) – коэффициент линейной регрессии

Среди всех показателей стабильности А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева (1997) отдают предпочтение относительной стабильности генотипа ( $Sg_i$ , %), поскольку она не связана с общей адаптивной способностью ( $OAC_i$ ) и носит относительный характер. Параметр относительной стабильности генотипа ( $Sg_i$ , %) имеет под собой реальную биологическую основу и может служить мерой приспособленности генотипов к ряду сред, он наследуется и может быть использован в селекции для отбора стабильных форм. Таким образом, наиболее приспособленными генотипами к ряду сред в условиях Предкамской зоны РТ являются сорта Поволжский 22 и Фандага, характеризующиеся высокими значениями относительной стабильности ( $Sg_i=19,3$  и  $19,5\%$ , соответственно).

Для одновременного отбора образцов на общую адаптивную способность и стабильность определена селекционная ценность генотипа ( $СЦГ_i$ ). Лучшими генотипами, сочетающими высокий показатель массы 1000 зерен со стабильностью оказались также сорта Поволжский 22 и Фандага ( $СЦГ_i=28,12$  и  $25,64$ , соответственно). Данные сорта характеризовались и высокими показателями селекционной ценности сорта ( $Sci=31,10$  и  $28,81$ , соответственно).

Коэффициент нелинейности ( $Igi$ ) варьировал от 0,02 до 0,23, что указывало на то, что у всех сортов и селекционных линий ярового ячменя реакция на среду носила линейный характер (0,02-0,23). Коэффициент компенсации ( $Kgi$ ) колебался от 0,71 у сорта Фанда, до 1,46 у сорта Нур. Сорта Раушан, Камашевский, Нур, Эндан и линии К-20-17, К-41-17, К-97-17 обладали коэффициентом компенсации выше единицы, что свидетельствовало о преобладании эффекта дестабилизации. Таким дестабилизирующим эффектом, на наш взгляд, являлась экстремальная засуха всего периода вегетации 2021 года.

В 2019 г. в благоприятных по тепло и влагообеспеченности условиях периода вегетации масса 1000 зерен сортов и линий ярового ячменя составила в среднем 52,06 г. Достоверно высокие значения данного признака отмечены у сорта Эндан (57,26 г). Выше было отмечено, что данный сорт попал в группу генотипов с высокими показателями общей адаптивной способности ( $OAC_i=3,45$ ). В то же время, сорт Эндан характеризовался низкими показателями стабильности ( $\sigma^2CAC_i=130,19$  и  $Sg_i=25,4\%$ ). Такой генотип не обеспечит гарантированного высокого проявления признака «масса 1000 зерен» в любой год испытания. Самый низкий показатель вариации взаимодействия генотипа и среды ( $\sigma^2(G \times E)gi=2,31$ ) сорта Эндан свидетельствовал об его узкой адаптации к определенному типу условий.

Судя по величине коэффициента линейной регрессии ( $b_i$ ), наибольшей отзывчивостью на изменение условий среды обладают сорта Нур (1,17), Эндан (1,11) и линия К-20-17 (1,13). Сорта Поволжский 22 и Фандага, характеризующиеся низкими значениями коэффициента линейной регрессии ( $b_i=0,88$  и  $0,83$ , соответственно) наименее отзывчивы на изменение условий среды.

Наиболее четкие результаты сопряженности с засухоустойчивостью по данным Т.Л. Тожибаевой с соавторами [13] установлены по показателю «масса 1000 зерен». В экстремально засушливых условиях периода вегетации 2021 г. масса 1000 зерен сортов и линий составила в среднем 34,68 г. Максимальные значения депрессии по массе 1000 зерен отмечены у сорта Нур и линии К-20-17 (45,0 и 43,3%, соответственно). Минимальными значениями характеризовались сорта Орлан, Памяти Чепелева, Поволжский 22 и Фандага (31,9; 32,9; 32,5 и 32,1%, соответственно). Низкий уровень показателя депрессии массы 1000 зерен является объективным показателем устойчивости сорта к засухе.

В таблице 4 представлены результаты прибавки урожайности зерна испытываемых сортов и линий по отношению к стандарту.

Таблица 4

**Анализ прибавки урожайности зерна сортов и линий ярового ячменя**

Сортообразец	Урожайно сть зерна, т/га	Масса 1000 зерен, г	Озерненность. тыс. шт./м <sup>2</sup>	Прибавка урожайности зерна (т/га) за счет:		
				озерненности	массы 1000 зерен	общая
2019 г.						
Раушан	3,97	47,29	8.395	стандарт		
Нур	4,21	52,65*	7.996	-0,18	0,42	0,24
Тимерхан	3,89	51,56*	7.545.	-0,40	0,32	-0,08
Белгородский 100	3,64	50,66*	7.185	-0,57	0,24	-0,33
<b>Орлан</b>	4,47*	54,53*	8.197	-0,09	<b>0,59</b>	<b>0,50</b>
<b>Поволжский 22</b>	4,40*	54,63*	8.054	-0,16	<b>0,59</b>	<b>0,43</b>
<b>Камашевский</b>	4,67*	53,85*	8.672	0,15	<b>0,55</b>	<b>0,70</b>
Памяти Чепелева	5,04*	48,01*	10.498	1,01	0,06	1,07
Фандага	4,71*	51,02*	9.232	0,43	0,31	0,74
<b>Эндан</b>	4,45*	57,26*	7.772	-0,29	<b>0,77</b>	<b>0,48</b>
<b>К-20-17</b>	4,54*	52,28*	8.684	0,15	<b>0,42</b>	<b>0,57</b>
<b>К-41-17</b>	4,59*	49,71*	9.234	0,42	0,20	0,62
<b>К-97-17</b>	4,66*	53,28*	8.746	0,19	<b>0,50</b>	<b>0,69</b>
НСР <sub>0,05</sub>	0,35	0,46				
2020 г.						
Раушан	3,29	29,50	11.153	стандарт		
Нур	3,30	43,16*	7.646	-1,03	1,04	0,01
Тимерхан	3,56	43,31*	8.220	-0,87	1,14	0,27
<b>Белгородский 100</b>	4,15*	46,80*	8.868	-0,67	<b>1,53</b>	<b>0,86</b>
Орлан	3,49	38,83*	8.988	-0,64	0,84	0,20
<b>Поволжский 22</b>	3,58*	46,84*	7.643	-1,04	<b>1,33</b>	<b>0,29</b>
<b>Камашевский</b>	3,59*	37,71*	9.520	-0,48	<b>0,78</b>	<b>0,30</b>
Памяти Чепелева	2,81	34,35*	8.180	-0,87	0,39	-0,48
Фандага	3,13	41,47*	7.548	-1,06	0,90	-0,16
Эндан	3,04	42,59*	7.138	-1,18	0,93	-0,25
<b>К-20-17</b>	4,37*	41,86*	10.440	-0,21	<b>1,29</b>	<b>1,08</b>
<b>К-41-17</b>	4,27*	32,94*	12.963	0,60	0,38	0,98
<b>К-97-17</b>	4,37*	35,49*	12.313	0,41	<b>0,67</b>	<b>1,08</b>
НСР <sub>0,05</sub>	0,28	0,45				
2021 г.						
Раушан	1,15	29,11	4.091	стандарт		
Нур	1,21	28,97	4.177.	0,02	0,04	0,06
Тимерхан	0,95	32,10*	2.960	-0,32	0,12	-0,20
Белгородский 100	1,12	31,96*	3.504	-0,16	0,13	-0,03
<b>Орлан</b>	1,37*	37,11*	3.692	-0,11	<b>0,33</b>	<b>0,22</b>

<i>Продолжение табл. 4</i>						
<b>Поволжский 22</b>	1,50*	36,85*	4.071	-0,01	<b>0,36</b>	<b>0,35</b>
<b>Камашевский</b>	1,31*	33,28*	3.936	-0,04	<b>0,20</b>	<b>0,16</b>
Памяти Чепелева	1,18	32,20*	3.665	-0,12	0,15	0,03
Фандага	0,91	34,68*	2.624	-0,41	0,17	-0,24
Эндан	1,14	34,77*	3.279	-0,23	0,22	-0,01
К-20-17	1,40*	29,61*	4.728	0,19	0,06	0,25
К-41-17	1,33*	30,04*	4.427	0,10	0,08	0,18
<b>К-97-17</b>	1,49*	33,15*	4.495	0,13	<b>0,21</b>	<b>0,34</b>
НСР <sub>0,05</sub>	0,09	0,08				

**Примечание:** символом «\*» выделены достоверно высокие на 5% уровне значимости значения признаков

В 2019 г. обеспечили достоверную прибавку урожайности зерна по отношению к стандарту за счет высокой массы 1000 зерен сорта Орлан, Поволжский 22, Камашевский, Эндан и линии К-20-17, К-97-17; в 2020 г. – сорта Белгородский 100, Поволжский 22, Камашевский и линии К-20-17, К-97-17; в 2021 г. – сорта Орлан, Поволжский 22, Камашевский и линия К-97-17.

Обеспечили достоверную прибавку урожайности зерна к стандарту за счет высокой массы 1000 зерен в любой год испытания линия К-97-17, сорта Камашевский и Поволжский 22, последний характеризовался как наиболее приспособленный для условий Предкамской зоны РТ.

Таблица 5

**Анализ прибавки урожайности зерна сортов и линий ярового ячменя**

Сортообразец	Год	Прибавка урожайности зерна (т/га) за счет:		
		озерненности	массы 1000 зерен	общая
Камашевский	2019	0,15	0,55	0,70
	2020	-0,48	0,78	0,30
	2021	-0,04	0,20	0,16
К-97-17	2019	0,41	0,67	1,08
	2020	0,32	0,68	1,00
	2021	0,13	0,21	0,34
Поволжский 22	2019	-0,16	0,59	0,43
	2020	-1,04	1,33	0,29
	2021	-0,01	0,36	0,35

**Заключение**

Определение доли влияния факторов и их взаимодействия в общем фенотипическом варьировании признака «масса 1000 зерен» показало, что в условиях Предкамской зоны РТ основной вклад в такое варьирование вносил фактор «годы» (82,7%). Вклад генотипов в общем варьировании признака составил 10,5%, а на специфическое взаимодействие «генотип x год» приходилось 6,8%. Лучшими генотипами, сочетающими высокий показатель массы 1000 зерен со стабильностью оказались сорта Поволжский 22 и Фандага (СЦГ<sub>i</sub>=28,12 и 25,64, соответственно). Судя по величине коэффициента линейной регрессии (b<sub>i</sub>) наибольшей отзывчивостью на изменение условий среды обладали сорта Нур (1,17), Эндан (1,11) и линия К-20-17 (1,13). Самый низкий показатель дисперсии взаимодействия генотипа и среды ( $\sigma^2(G \times E)_{gi}=2,31$ ) у сорта Эндан свидетельствовал об его узкой адаптации к определенному типу условий возделывания. Таким образом, опираясь на 3-х летние исследования, можно утверждать, что контрастные гидротермические условия периодов вегетации ярового ячменя Предкамской зоны РТ позволили дифференцировать генотипы по параметрам адаптивной способности и стабильности. Обеспечили достоверную прибавку урожайности зерна к

стандарту за счет высокой массы 1000 зерен в любой год испытания линия К-97-17, сорта Камашевский и Поволжский 22, последний характеризовался как наиболее приспособленный к условиям Предкамской зоны РТ.

*Статья подготовлено в рамках Государственного задания: «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка сберегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды». Номер государственной регистрации темы: 122011800138-7*

### Литература

1. Завалин А.А., Пасынкова Е.Н., Пасынков А.В. Вклад факторов в формирование урожая и основных показателей качества яровых зерновых культур. // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 1. – С. 8-10
2. Юсова О.А., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен в условиях Лесостепи Омской области. // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т.34. – № 2. – С. 24-28. doi:10.24411/0235-2451-2020-10205
3. Киян Н.Г., Жарков С.В. Изменчивость показателей признаков ячменя ярового в зависимости от сорта и условий выращивания. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 8-1. – С.152-154. doi:10.24411/2500-1000-2019-114777
4. Ламажап Р.Р., Липшин А.Г. Изменчивость селекционно-ценных признаков ярового ячменя. // Сибирский Вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 2. – Т. 49. – С. 17-23. doi:10.268.98/0370-8799-2019-4-2
5. Фомина М.Н. Особенности формирования зерновой продуктивности перспективных сортов ячменя в зоне Северного Зауралья. // Сибирский Вестник сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 2 (249). – С. 28-34
6. Батакова О.Б., Корелина В.А. Влияние элементов структуры урожая на продуктивность ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.) в условиях Крайнего Севера РФ. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2017. – Т. 178. – № 3. – С. 50-58. doi:10.30901/2227-8834-2017-3-50-58
7. Анисимова Н.Н., Ионова Е.В. Элементы структуры урожая сортов ярового ячменя и их вклад в формирование высокой продуктивности растений. // Зерновое хозяйство России. 2016. № 5. – С.40-43
8. Долженко Д.О., Шевченко С.Н. Поиск критериев отбора в селекционном процессе ярового ячменя в различные по влагообеспеченности годы. // Нива Поволжья. – 2020. – № 4 (57). – С. 16-24. doi: 10.36461/NP.2020.57.4.008
9. Шайтанов О.Л., Низамов Р.М., Захарова Е.И. Оценка влияния глобального потепления на климат Татарстана. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 4 (40). – С. 102-112. doi: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-1122
10. Мустафина А.Б. Основные особенности влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в республике Татарстан. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2019. – № 2 (372). – С. 144-153.
11. Кинчаров А.И. и др. Селекционная оценка признака массы 1000 зерен в засушливых условиях. // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 5. – С. 7-12. doi:10.17513/use.37384
12. Шайтанов О.Л., Тагиров М.Ш. Основные тенденции изменения климата в Татарстане в XXI веке. Казань: «Фолиант». – 2018. – 35 с.
13. Тожибаева Т.Л., Абугалиева А.И. и др. Засухоустойчивость диких, культурных и интрогрессивных форм озимой пшеницы. // Вестник КазНУ. – 2016. – Т. 67. – № 2. – С. 51-61.

### References

1. Zavalin A.A., Pasyunkova Ye.N., Pasyunkov A.V. Vklad faktorov v formirovaniye urozhaya i osnovnykh rezul'tatov kachestva yarovykh zernovykh kul'tur [The contribution of factors to the formation of the crop and the main indicators of the quality of spring grain crops]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2011, no. 1, pp. 8-10 (In Russian)
2. Yusova O.A., Nikolayev P.N., Anis'kov N.I., Safonova I.V. Adaptivnost' sortov yachmenya po priznaku «massa 1000 zeren v usloviyakh Lesostepi Omskoy oblasti [Adaptability of barley varieties on the basis of "weight of 1000 grains in the conditions of the forest-steppe of the Omsk region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020, 34, no.2, pp. 24-28. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10205 (In Russian)
3. Kiyani N.G., Zharkov S.V. Izmenchivost' pokazateley yachmenya yarovogo v zavisimosti ot sorta i usloviy vyrashchivaniya [Variability of indicators of spring barley traits depending on the variety and growing conditions]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i spetsial'nykh nauk*. 2019, no. 8-1, pp.152-154. doi: 10.24411/2500-1000-2019-114777 (In Russian)
4. Lamazhap R.R., Lipshin A.G. Izmenchivost' selektsionno-tsennykh priznakov yarovogo yachmenya [Variability of breeding-valuable traits of spring barley]. *Sibirskiy Vestnik Sel'skokhozyaystvennoy Nauki*. 2016, no. 2, 49, pp.17-23. doi: 10.26898/0370-8799-2019-4-2 (In Russian)
5. Fomina M.N. Osobennosti formirovaniya zernovoy produktivnosti perspektivnykh sortov yachmenya nablyudayetsya v Severnom Zaural'ye [Features of the formation of grain productivity of promising varieties of barley in the zone of the Northern Trans-Urals]. *Sibirskiy Vestnik Sel'skokhozyaystvennoy Nauki*. 2019, no. 2 (249), pp.28-34 (In Russian)
6. Batakova O.B., Korelina V.A. Vliyaniye elementov struktury urozhaya na produktivnost' yachmenya yarovogo (*Hordeum vulgare* L.) v usloviyakh Kraynego Severa RF [Influence of crop structure elements on the productivity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) in the conditions of the Far North of the Russian Federation]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*. 2017. v. 178, no.3, pp.50-58. doi: 10.30901/2227-8834-2017-3-50-58 (In Russian)
7. Anisimova N.N., Ionova Ye.V. Elementy struktury urozhaya kul'tur yarovogo yachmenya i ikh vklad v formirovaniye vysokoy produktivnosti rasteniy [Elements of the yield structure of spring barley varieties and their contribution to the formation of high plant productivity]. *Zernovoye khozyaystvo Rossii*. 2016, no.5, pp.40-43 (In Russian)
8. Dolzhenko D.O., Shevchenko S.N. Poisk otbora v selektsionnom protsesse yarovogo yachmenya v razlichnykh po vlagoobespechennosti godakh [Search for selection in the breeding process of spring barley in different moisture years]. *Niva Povolzh'ya*. 2020, no.4 (57), pp. 16-24. doi: 10.36461/NP.2020.57.4.008 (In Russian)
9. Shaytanov O.L., Nizamov R.M., Zakharova Ye.I. Otsenka global'nogo potepleniya klimata Tatarstana [Assessment of global climate warming in Tatarstan]. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury*. 2021, no. 4 (40), pp. 102-112. doi: 10.24412/2309-348X-2021-4-102-1122 (In Russian)
10. Mustafina A.B. Osnovnyye osobennosti nablyudeniya za sostoyaniyem urozhaya zernovykh kul'tur v Respublike Tatarstan [The main features of monitoring the state of grain crops in the Republic of Tatarstan]. *Gidrometeorologicheskiye issledovaniya i prognozy*. 2019, no.2 (372), pp.144-153. (In Russian)
11. Kincharov A.I. et al. Seleksionnaya otsenka priznaka massy 1000 zeren v zasushlivykh usloviyakh [Breeding evaluation of the trait of mass of 1000 grains in arid conditions]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*. 2020, no. 5, pp. 7-12. doi: 10.17513/use.37384 (In Russian)
12. Shaytanov O.L., Tagirov M.Sh. Osnovnyye teorii izmeneniya klimata v Tatarstane v XXI veke [The main trends in climate change in Tatarstan in the 21st century]. Kazan': «Foliant», 2018, 35 p. (In Russian)
13. Tozhibayeva T.L., Abugaliyeva A.I. et al. Zasukhoustoychivost' dikikh, kul'turnykh i introgressivnykh form ozimoy pshenitsy [Drought resistance of wild, cultivated and introgressive forms of winter wheat]. *Vestnik KazNU*. 2016, 67, no. 2, pp.51-61. (In Russian)