

сортовых особенностей и условий возделывания / Х.А. Хамоков // Зерновое хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 30-31.

7. Ларина Г.Е. Рациональное применение гербицидов в посевах гороха / Г.Е. Ларина, В.Н. Демидова // Защита и карантин растений. – 2009. – № 3. – С. 28 – 30.

8. Баздырев Г.И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений /

Г.И. Баздырев. – М.: КолосС, 2004. – 328 с.

9. Титовская А.И. Технология возделывания сортов гороха интенсивного типа / А.И. Титовская, А.Г. Титовский, Д.Я. Шелемех. – BASF, 2003. – 13 с.

10. Васильченко В.В. Совершенствуем технологию возделывания гороха / В.В. Васильченко // Земледелие. – 2002. – № 3. – С. 18.



УДК 633.16.321:631.526.32 (581.9)

А.Н. Кадычegov,  
А.Н. Бородыня

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ГЕНОТИПИЧЕСКИХ РАЗЛИЧИЙ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ И ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

**Ключевые слова:** яровой ячмень, степная зона, пункт выращивания, вариационный анализ, индекс гомеостатичности, адаптационные свойства, урожайность, посевные качества зерна.

### Введение

За короткий промежуток времени для определённых условий окружающей среды урожайность и другие количественные признаки на основе климата предсказать невозможно, следовательно, не вызывает сомнения то, что цели селекции, так же как стратегия отбора и место испытания, с самого начала должны быть направлены на выявление и испытание сортов, обладающих широкой приспособляемостью к диапазону средних окружающих условий, присущих основным районам возделывания культуры. Это означает, что для оценки сорта на основные количественные признаки необходимо проведение опытов во многих пунктах и в течение ряда лет [1].

### Объекты и методы исследований

Размещение полевых опытов проведено на Бейском и Ширинском ГСУ, расположенных в пределах Республики Хакасия. Работа выполнялась в рамках договора между ХГУ им. Н.Ф. Катанова и инспектурой ГК по сортоиспытанию и охране селекционных достижений по Красноярскому краю, Республикам Хакасия и Тыва.

В качестве исходного материала служили сорта Ача, Сигнал, Бахус, Вулкан и Соболек. Конкурсное сортоиспытание проведено по зерновому предшественнику.

Учёты и наблюдения в опытах:

- урожайность методом сплошной уборки с перерасчётом на 14% влажности;
- оценка качества семян проводилась согласно ГОСТ Р52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортвые и посевные качества. Общие технические условия.

Статистическая обработка данных проведена по методике Б.А. Доспехова с помощью пакета программ FieldExpert Д.Н. Акимова [2, 3]. Показатель гомеостатичности рассчитан по В.В. Хангильдину, параметры экологической пластичности – по методике Эберхарта и Расселла [4, 5].

### Результаты исследований и их обсуждение

Продуктивность сорта определяется его урожайностью, получаемой в различных климатических условиях большинства географических пунктов и за большое число лет [6]. В таблице 1 представлены результаты экологического испытания по урожайности за пять лет.

Для получения данных о доле участия генотипа и факторов окружающей среды в формировании урожая проведено разложение экологической (фенотипической)

изменчивости на её составляющие. На основании модели трёхфакторного дисперсионного анализа определены значения компонентов вариации, т.е. части общей вариации, приходящиеся на генотипический эффект, эффект географического пункта, эффект сезона года и эффектов взаимодействия изучаемых факторов (сорт, пункт, год).

Наиболее емкий вклад в формирование урожайности вносил фактор «пункт». Вклад данного фактора в изменчивость урожайности составил 39%. В пункте «Бея» средняя урожайность ячменя в целом по опыту составила 1,12 т/га, что на 0,58 меньше, чем в пункте «Шира» (табл. 1).

Вклад фактора «год» в общую изменчивость был в пределах 25%. В представленной выборке наиболее высокая урожайность ячменя была в 2003 г. и составила в целом по опыту 2,17 т/га и самая низкая – в 2008 г. и находилась на уровне 0,8 т/га.

Генотипические различия только на 3,0% способствовали вариативности урожайности ячменя в целом по опыту.

Наиболее высокая средняя урожайность отмечена по результатам пяти лет испытания в двух пунктах у сортов Ача и Сигнал (1,60 т/га), наименьшая – у сор-

тов Вулкан и Соболек (1,28 и 1,22 т/га соответственно).

Имело место специфическое взаимодействие «пункт x год», которое внесло вклад в общую изменчивость урожайности 30%. Полученные результаты указывают на индивидуальную реакцию в целом выборки сортов на условия выращивания в пункте «Шира» и пункте «Бея».

Специфическое влияние изучаемых факторов на формирование урожайности можно рассмотреть и на основе индексов условий среды. По результатам расчёта по методике S.A. Eberhart et W.A. Russell наиболее благоприятные условия для произрастания сортов сложились в целом по опыту в пункте «Шира» 2003 г. ( $I_j = +1,63$ ) и 2004 г. ( $I_j = +0,58$ ) и худшие условия – 2005 г. ( $I_j = -0,89$ ) и 2008 г. ( $I_j = -0,47$ ) [5]. В пункте «Бея» – лучшие в 2005 г. ( $I_j = +0,29$ ) и худшие – 2008 г. ( $I_j = -0,74$ ) (табл. 1).

Взаимодействие между факторами достоверно и составляет 3%, что позволяет провести расчёт параметров экологической пластичности. Коэффициент линейной регрессии урожайности сортов  $b_i$  и стабильности  $\sigma d^2$  представлены в таблице 2.

Таблица 1

Урожайность ячменя в двухфакторном полевом опыте, т/га

Пункт	Год	Ача	Сигнал	Бахус	Вулкан	Соболек	$I_j$
Шира	2003	3,64	3,76	3,17	2,62	1,97	1,63
	2004	2,02	2,30	1,75	2,10	1,77	0,58
	2005	0,55	0,46	0,59	0,42	0,54	-0,89
	2006	1,92	2,02	1,91	1,84	2,04	0,54
	2008	1,07	0,94	1,27	0,59	0,78	-0,47
Бея	2003	1,29	1,56	1,26	0,92	1,56	-0,09
	2004	0,87	1,00	0,58	0,83	0,60	-0,63
	2005	2,00	1,78	1,3	1,80	1,59	0,29
	2006	1,34	1,38	1,29	1,07	0,79	-0,23
	2008	0,99	0,76	0,54	0,64	0,40	-0,74

Примечание. НСР<sub>05</sub> для частных различий – 0,15 т/га; главных эффектов – 0,05 т/га; взаимодействий – 0,11 т/га.

Таблица 2

Параметры адаптивных свойств ярового ячменя по признаку «урожайность», т/га

Сорта	Средняя урожайность, т/га	Коэффициент вариации (V)	Показатель гомеостатичности (Hom)	Параметры адаптивности	
				$b_i$	$\sigma d^2$
Ача	1,57	56,38	2,80	1,12	0,03
Сигнал	1,60	59,86	2,67	1,22	0,02
Бахус	1,37	59,90	2,38	0,98	0,05
Вулкан	1,28	58,40	2,18	0,94	0,04
Соболек	1,20	53,15	2,25	0,74	0,09
Среднее	1,40				

Наиболее отзывчивым на улучшение условий выращивания по уровню урожайности в опыте был сорт Сигнал ( $b_i = 1,22$ ).

Особый интерес представляют сорта, у которых сочетаются высокая средняя урожайность и незначительная вариабельность признака по годам. В нашем опыте наиболее низкая вариабельность отмечена по сорту Соболек ( $V = 53,15\%$ ), однако уровень средней урожайности был у него ниже, чем у большинства сортов.

Расчёт гомеостатичности у сортов ярового ячменя позволил установить, что высоким показателем этого параметра выделились сорта Ача ( $Hom = 2,8$ ) и Сигнал ( $Hom = 2,67$ ) (табл. 2).

Как показывают результаты сравнения по F-критерию, различия по величине показателя стабильности  $\sigma^2_d$  между сортами незначительны ( $F_f < F_{05}$ ), т.е. в данном наборе нет сортов, устойчивость урожайности которых была бы специфической, т.е. генетически обусловленной сортом, достоверно превышающей изменчивость средней всего набора. Таким образом, вся изменчивость урожайности этих сортов вызвана только влиянием условий внешней среды, а не их генетическими особенностями.

На основе дисперсионного анализа установлено, что масса 1000 зёрен определялась на 71% фактором «пункт». В годы исследования усреднённый показатель массы 1000 зёрен в пункте «Бея» отмечен в пределах 48,62 г и пункте «Шира – 43,72 г (табл. 3).

Фактор «год» влиял на проявление признака на 9%. В целом по опыту наибольшая средняя масса 1000 зёрен отмечена в 2003 и 2006 гг. и составила 48,1 и 48,2 г.

Ниже была масса 1000 зёрен в 2004 г. (44,2 г) и 2008 г. – 44,4 г.

Сортовые различия на 13% определяли формирование признака. Сравнивая усреднённые показатели массы 1000 зёрен в целом по опыту, следует выделить как более крупнозёрную форму сорт Вулкан – 48,7 г, который превосходил сорт Соболек на 6,2 г.

Взаимодействие факторов «пункт x сорт» составило всего 2,0%, но было существенно при 5%-ном уровне. Условия формирования массы 1000 зёрен в годы опыта были отличны друг от друга. Наиболее лучшие условия для формирования массы 1000 зёрен в целом по опыту отмечены в пункте «Бея» в 2003 и 2006 гг. ( $lj = +4,15$  и  $+3,53$  соответственно). Худшие условия отмечены в пункте «Шира» 2004 и 2008 гг. ( $lj = -5,77$  и  $-4,49$  соответственно).

По степени реакции на улучшение условий выращивания сорта отличались, но большого контраста по величине  $b_i$  не отмечено. Так, сорт Бахус имел  $b_i = 1,10$ , что свидетельствует о прогрессивном увеличении массы 1000 зёрен под влиянием улучшения условий выращивания. К сортам, у которых  $b_i$  находится в пределах 1, отнесены: Ача, Сигнал и Соболек. У этих сортов имеется соответствие изменения показателя массы 1000 зёрен изменению условий выращивания. Сорт Вулкан, у которого  $b_i = 0,89$ , слабее реагирует на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов (табл. 4).

Достоверных различий по F-критерию по стабильности не обнаружено между сортами.

Таблица 3

Масса 1000 зёрен в трёхфакторном полевом опыте, г

Пункт	Год	Ача	Сигнал	Бахус	Вулкан	Соболек	lj
Шира	2003	47,5	45,8	44,9	46,5	45,2	-0,21
	2004	40,9	40,1	39,8	43,0	38,3	-5,77
	2005	42,3	42,1	50,0	47,0	38,5	-2,21
	2006	47,5	48,8	45,4	48,0	43,0	0,35
	2008	42,9	42,6	38,1	47,6	37,3	-4,49
Бея	2003	50,0	50,2	48,9	53,7	48,9	4,15
	2004	49,3	49,3	46,7	52,0	43,7	2,01
	2005	48,6	48,0	48,8	48,7	45,4	1,71
	2006	51,0	47,8	52,4	53,6	43,8	3,53
	2008	48,6	48,7	48,5	47,8	41,8	0,89

Примечание.  $НCP_{05}$  для частных различий – 0,29 г; главных эффектов – 0,10 г; взаимодействий – 0,20 г.

Таблица 4

Параметры адаптивных свойств ярового ячменя по признаку «масса 1000 зёрен», г

Сорта	Средняя масса 1000 зёрен, г	Коэффициент вариации (V)	Показатель гомеостатичности (Ном)	Параметры адаптивности	
				bi	σd <sup>2</sup>
Ача	46,86	7,52	623,8	1,04	1,10
Сигнал	46,34	7,59	610,0	0,99	2,11
Бахус	46,35	9,68	478,4	1,10	8,15
Вулкан	48,79	6,92	704,3	0,89	3,25
Соболёк	42,59	8,61	494,2	0,98	3,65
Среднее	46,19				

По показателю гомеостатичности выделился сорт Вулкан (Ном = 704,3). У сорта Вулкан отмечена как наиболее высокая средняя масса 1000 зёрен, так и низкое варьирование показателя. Соответственно, и у данного сорта наиболее высокая устойчивость массы 1000 зёрен в различных условиях выращивания (табл. 4).

Наиболее высокий вклад в изменчивость всхожести семян вносил фактор «пункт», влияние которого на общую изменчивость всхожести семян составило 34%. В целом по опыту всхожесть семян в пункте «Ши́ра» составила 92 и 90% – в пункте «Бея».

Фактор «год» на 7% определял общую изменчивость признака. Сравнивая усреднённые показатели по годам, отметим, что они имели значительные различия. Так, например, средняя всхожесть шести сортов в 2004-2006 гг составила около 92,0%, то 2008 г. – только 89,0%. Прямое действие фактора «сорт» на формирование всхожести семян не отмечено. Вклад фактора в общую изменчивость был несущественным.

Взаимодействие «пункт x сорт» на 10% способствовало формированию всхожести семян в опыте. Наиболее благоприятные условия для формирования всхожести семян в годы исследования складывались для

сортов Вулкан (94,3%) и Бахус (93,2%), а в пункте «Бея» – сортов Сигнал (91,7%) и Соболёк (91,2%).

Наблюдалось взаимодействие «год x сорт» в пределах 7%. Реакция на метеорологические условия года в пунктах выращивания была различной. Так, в 2003 г. имели наиболее высокую всхожесть семян сорта Бахус (92,5%) и Соболёк (92,0%), 2004 – Сигнал (95,8%), 2005 – Ача (94,2%), 2006 – Сигнал (94,5%) и Бахус (93,8%) и в 2008 г. – Вулкан (92,9%).

Взаимодействие «пункт x год» определяло всхожесть семян на 10%. Отмечена специфическая реакция культуры на метеорологические условия в пунктах выращивания. Например, в пункте «Ши́ра» наиболее высокая всхожесть была в 2006 г. и составила в среднем по опыту 95,9%, а в пункте «Бея» в данный год сформировалась, наоборот, наиболее низкая всхожесть семян – 85,8%.

Взаимодействие «пункт x год» можно проследить и по индексам среды. Лучшие условия среды складывались для формирования всхожести семян в пункте «Ши́ра» в 2006 г. (Ij = 4,72), худшие – 2008 г. (Ij = -2,28). В пункте «Бея» лучшие условия были для формирования всхожести в 2005 г. (Ij = 1,92) и худшие – 2006 г. (Ij = -5,4) (табл. 5).

Таблица 5

Всхожесть семян в трёхфакторном полевом опыте, %

Пункт	Год	Ача	Сигнал	Бахус	Вулкан	Соболёк	Ij
Ши́ра	2003	92	85	95	97	90	0,52
	2004	88	98	93	97	93	2,52
	2005	94	90	93	91	92	0,72
	2006	99	99	95	95	92	4,72
	2008	90	82	91	92	90	-2,28
Бея	2003	90	93	90	85	94	-1,68
	2004	88	94	86	93	94	-0,48
	2005	94	94	92	96	90	1,92
	2006	85	90	93	74	87	-5,4
	2008	94	92	84	94	90	-0,48

Примечание. НСР<sub>05</sub> для частных различий – 0,8%; главных эффектов – 0,3; взаимодействий – 0,6%.

Параметры адаптивных свойств ярового ячменя по признаку «всхожесть семян, %»

Сорта	Средняя всхожесть семян, %	Коэффициент вариации (V)	Показатель гомеостатичности (Hom)	Параметры адаптивности	
				bi	$\sigma d^2$
Ача	91,40	4,41	2072,9	1,05	8,36
Сигнал	91,70	5,75	1595,6	1,19	18,52
Бахус	91,20	4,00	2278,8	0,36	13,78
Вулкан	91,40	7,74	1181,6	2,03	19,46
Соболёк	91,20	2,41	3780,6	0,37	4,25
Среднее	91,28				

В целом по двум пунктам и пяти лет испытания вариабельность всхожести семян была низкой и, соответственно, не превышала 10% при среднем показателе всхожести около 92%.

Проявление более высокой гомеостатичности отмечено у сортов Соболёк (Hom = 3780,6) и Бахус (Hom = 2278,8), что указывает на их большую стабильность признака при одних и тех же факторах изменчивости (табл. 6).

Расчёт позволил установить, что наиболее экологически пластичным по всхожести семян в наборе сортов был Вулкан (bi = 2,03%). Сорта Бахус и Соболёк наименее отзывчивы на улучшение условий выращивания (bi = 0,36 и 0,37 соответственно).

Сравнивая по F-критерию различия по величине показателя стабильности  $\sigma^2_d$  между сортами, отметим, что нет достоверных различий между сортами по всхожести семян.

### Выводы

1. Наиболее емкий вклад в формирование урожайности вносил фактор «пункт». Вклад данного фактора в изменчивость урожайности составил 39%. В пункте «Бея» средняя урожайность ячменя в целом по опыту составила 1,12 т/га, что на 0,58 т/га меньше, чем в пункте «Шира».

2. Масса 1000 зерен определялась на 71 % фактором «пункт». В годы исследования усреднённый показатель массы 1000 зёрен в пункте «Бея» отмечен в пределах 48,62 г и пункте «Шира» – 43,72 г.

3. Влияние фактора «пункт» на общую изменчивость всхожести семян ячменя составило 34%. В целом по опыту всхожесть семян в пункте «Шира» составила 92 и 90% – в пункте «Бея».

4. Наиболее отзывчивым на улучшение условий выращивания по уровню урожай-

ности был сорт Сигнал (bi = 1,22), массе 1000 зёрен – сорт Бахус (bi = 1,10) и всхожести семян – сорт Вулкан (bi = 2,03).

5. Расчёт гомеостатичности у сортов ярового ячменя позволил установить, что высоким показателем этого параметра выделились по урожайности сорта Ача (Hom = 2,8) и Сигнал (Hom = 2,67), массе 1000 зёрен – сорт Вулкан (Hom = 704,3) и всхожести семян – сорта Соболёк (Hom = 3780,6) и Бахус (Hom = 2278,8).

### Библиографический список

1. Майо О. Теоретические основы селекции растений / О. Майо. – М.: Колос, 1984. – 295 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
3. Акимов Д.Н. Программа обработки данных полевого опыта FieldExpert vl.3 Pro. – [Электронный ресурс]. – Приклад. программа (728 Кб) / Д.Н. Акимов. – ФГНУ «Государственный координационный центр информационных технологий», Отраслевой фонд алгоритмов и программ, номер ФАП 9455 от 14.11.2007 г. – 1 электрон. диск (CD-ROM). – Системные требования: MS Excel 2003 или выше; дисковод CD-ROM; – Загл. с этикетки диска.
4. Хангильдин В.В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа / В.В. Хангильдин // Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1978. – С. 111-116.
5. Eberhart S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A Russell // Jorp Sci. – 1966. – V. 6. – № 1. – P. 36-40.
6. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений / С. Бороевич; пер. с сербохор. В.В. Иноземцова; под ред. А.К. Федорова. – М.: Колос, 1984. – 344 с.