



УДК 633.14: 631.52

А.В. Сумина, В.И. Полонский

**РОЛЬ ГЕНОТИПА И СРЕДЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОТНОСТИ И ПЛЕНЧАТОСТИ
ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ, ВЫРАЩЕННОГО В УСЛОВИЯХ СИБИРИ**

На образцах ярового пленчатого ячменя сибирской селекции, выращенного в трех географических точках в течение трех лет, изучено влияние генотипа и среды на значение показателя плотности и массовой доли пленок зерна. Используя метод дисперсионного анализа, показан вклад этих факторов при формировании значений пленчатости и плотности зерна ячменя. Предложено использование полученных данных в селекционном процессе этой зерновой культуры.

Ключевые слова: зерно, ячмень, генотип, пленчатость, плотность.

A.V. Sumina, V.I. Polonskiy

**THE GENOTYPE AND ENVIRONMENT ROLE IN THE DENSITY AND FILMINESS INDICATOR FORMING
OF BARLEY GRAIN GROWN UP IN THE SIBERIA CONDITIONS**

On the samples of the Siberian selection summer filmy barley that has been grown up in three geographical areas within three years, the influence the genotype and environment on the value of the grain density and film mass fraction indicator is studied. Using the dispersive analysis method, the factor contribution in forming values of barley grain filminess and density is shown. The use of the obtained data in this grain culture selection process is offered.

Key words: grain, barley, genotype, filminess, density.

Введение. Ячмень – незаменимое сырье для пивоваренной промышленности. Динамичное развитие этой пищевой отрасли и увеличение производства пива на 20–25 % в год требует выращивания высококачественного солодовенного сырья, основой которого является зерно ячменя [2]. В связи с этим стабильность урожая и качество зерна данной культуры имеет важное значение для решения вопросов, связанных как с производством пива, так и с созданием сортов, формирующих высококачественное пивоваренное сырье при различных погодных условиях. При этом для повышения результативности такой работы важны знания роли генотипа и факторов внешней среды в формировании показателей качества зерна ячменя.

Климатические условия Сибири часто не соответствуют требованиям зерновых культур в период налива и созревания семян. Резкие отклонения в температурном режиме и количестве осадков ведут к изменению показателей качества зерна [3]. Поэтому для оптимального ведения селекционной работы в ряде регионов необходимо владеть информацией о влиянии факторов окружающей среды и их взаимодействии на показатели качества зерна. Основные затруднения возникают при определении природы изменчивости признаков, так как они в большой степени подвержены модифицирующему влиянию условий среды. Доля наследуемого или генетического компонента, как и доля компонента, обусловленного средой, различна для любого изучаемого признака [7].

Взаимодействие генотип × среда определяется как доля фенотипической вариации, которая возникает из-за несоответствия генетических и негенетических эффектов. При этом, чем ниже доля генотип-средового взаимодействия, тем стабильнее показатели качества зерна [2, 19]. Наряду с этим низкий вклад взаимодействия факторов дает основание утверждать, что изучаемые факторы в значительной степени не влияют на действие друг друга [7].

Цель исследований. Выявление закономерностей генотипа и среды у различных образцов ярового ячменя, выращенного в условиях Сибири при формировании таких показателей качества зерна, как пленчатость и плотность.

Объекты и методы исследований. В качестве объекта исследований использовались 24 образца ярового пленчатого ячменя (*Hordeum vulgare* L.): А 5552, А 5554, Ача, Буян, Г 18619, Г 19589, Г 19921, Г 20487, Г 20752, КМ 564, Красноярский 80, Нутанс 4765, Омский 96, Партнер, Симон, СП 44, Бархатный, Витим, Дыгын, Медикум 4771, Паллидум 4727, Паллидум 4759, Рикотензе 4783, Соболек, относящиеся к следующим разновидностям: *nutans*, *ricotense*, *pallidum*, *parallelum*, *medicum*.

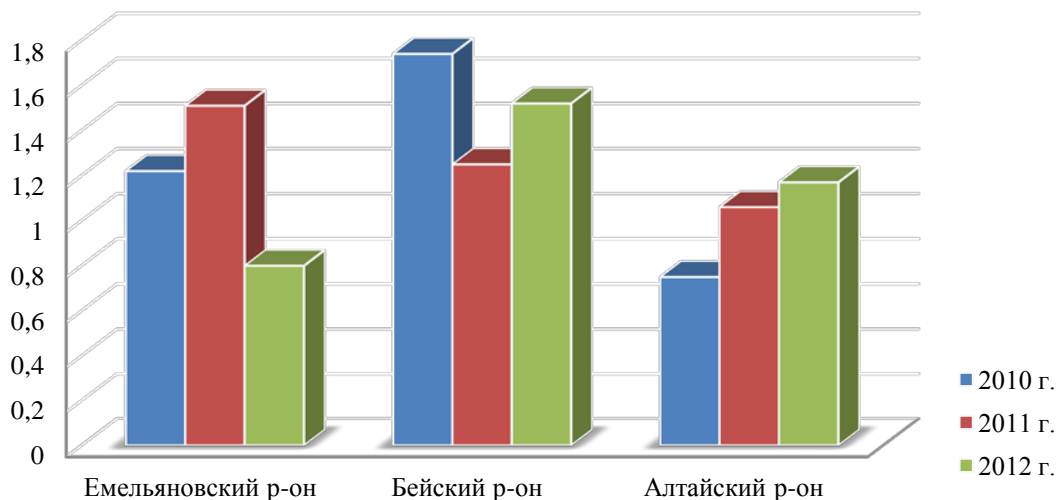
Полевые опыты проводились по паровому предшественнику в течение 3 лет с 2010 по 2012 г. в трех географических точках: Емельяновский район Красноярского края (ОПХ «Минино»), Алтайский (с. Белый Яр) и Бейский (ГСУ с. Бея) районы Республики Хакасия.

Согласно данным лабораторных исследований ГНУ Красноярского НИИСХ, почвенные условия ОПХ «Минино» (Емельяновский район) представлены обыкновенным маломощным и среднемощным черноземами с проявлением эрозионных процессов. По гранулометрическому составу тяжелосуглинистые. Содержание гумуса составляет 4,2 %, реакция почвенного раствора рН 6,2. Согласно картографическим данным, предоставленным Комитетом по земельным ресурсам и землеустройству Республики Хакасия, для участка в Алтайском районе характерны обыкновенные черноземы с низким содержанием гумуса – 2,6 % и нейтральной рН – 7,1. Почва в Бейском районе – обыкновенный чернозем, содержание гумуса – 3,8 %, рН близко к нейтральной – 7,3. Метеорологические условия пунктов исследования достоверно различались по обеспеченности осадками и режимам среднесуточных температур.

При расчете гидротермического коэффициента (ГТК), равного отношению количества осадков за вегетационный период к сумме температур выше 10°C, было установлено (рис.), что значения естественного обеспечения исследуемых участков влагой и теплом практически на всех участках можно считать удовлетворительным.

Исключение составляет вегетационный период 2010 г. в Алтайском районе и 2012 г. в Емельяновском районе, где ГТК равен соответственно 0,75 и 0,8.

Показатель пленчатости зерна ячменя определяли по методу Омарова [18]. Эта методика основана на растворении пектиновых веществ в горячем растворе щелочи. Пленчатость рассчитывали по разности массы зерна до и после отделения пленок.



Расчетные значения ГТК в исследуемых районах за период 2010–2012 гг.

Измерение плотности зерна производили путем деления массы зерна (навеска около 10 г, точность измерения 0,01 г) на его объем. Для определения объема данную навеску зерна помещали в мерную пробирку с водой (цена деления 0,2 мл, температура воды 20°C). По разнице конечного и начального объемов воды в пробирке рассчитывали объем зерна. Общая инструментальная относительная ошибка измерения этого показателя не превышала 2,1 % [16].

Статистическая обработка результатов была произведена с помощью программы обработки данных полевого опыта Field Expert v1.3 Pro [1] и Microsoft Excel 2003.

Результаты исследований и их обсуждение. На сегодняшний день к пивоваренным сортам ячменя в пищевой промышленности предъявляются все более жесткие требования. Так, пивоваров уже не удовлетворяют многие из принятых ГОСТом показателей на пивоваренный ячмень, которые ограничивают содержание белка до 12 %, а крупность зерна не менее 85 % [4]. В последнее время все большее внимание уделяется процентному содержанию в пивоваренном зерне ячменя оболочек (пенчатость) [14], снижающих скорость фильтрации и параметр плотности зерна [16], с увеличением которого возрастает время процесса солодоращения, что в конечном итоге приводит к дополнительным временным и экономическим затратам.

Как известно, поверхность ячменного зерна ребристая, цветочные пленки окрашены чаще всего в различные оттенки желтого, иногда в черный или зеленый цвет [12]. У ячменя они срстаются с поверхностью зерновки и для их отделения требуются значительные усилия. В зерне ячменя масса пленок составляет от 8 до 17 % (чаще от 10 до 12 %) от общей массы [10, 13]. По значению этого показателя различают следующие ячмени: тонкокожие, содержащие 6–7 % пленок; средние, содержащие 8–9 % пленок; толстокожие, содержащие 10 % пленок и более [5].

Показатель пенчатости зависит от сорта, района и условий произрастания ячменя. В пределах каждой партии крупное и выполненное зерно имеет пенчатость ниже, чем мелкое и щуплое [11], т.е. между крупностью зерна и его пенчатостью существует обратная корреляционная зависимость [9].

Установлено, что густота посева очень слабо влияет на пенчатость зерна [8]. Значительнее воздействуют особенности агроклиматических условий выращивания и внесение удобрений [6]. В климатических зонах по мере увеличения количества осадков пенчатость зерна снижается примерно на 1,5–2,0 % в сравнении с засушливыми районами.

Некоторые авторы указывают в своих исследованиях на присутствие зависимости показателя пенчатости от сроков сева [17]. Оптимальным при этом считается ранний срок посева, когда развитие растений происходит в благоприятных по влагообеспеченности условиях, что способствует низкопенчатости зерна.

При обработке полученных данных с помощью двухфакторного дисперсионного анализа было установлено (табл. 1), что процентное содержание пленок в зерне ячменя, выращенного в 2010–2012 годах в Емельяновском районе Красноярского края, в большей степени (39,9 %) определяется генотипом, далее по степени влияния располагаются «год» и взаимодействие «год × генотип», на долю которых приходится 31,4 и 28,7 % соответственно. Из этого можно заключить, что при сопоставлении влияния факторов «генотип» и «год» на пенчатость зерна первый оказывает более значимое влияние.

Таблица 1

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по определению влияния факторов «год×генотип» на показатель пенчатости зерна ячменя

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Вклад факторов, %	F _ф	F _{0,5}
Общая	1379,5	251	-	-	-	-
Повторений	0,9	3	-	-	-	-
Год	40,7	2	20,36	31,38	50,85	3,09
Генотип	517,9	20	25,90	39,90	64,67	1,63
Год и генотип	745,5	40	18,64	28,72	46,54	1,48
Остатка (ошибки)	74,5	186	0,40	-	-	-

Следует отметить, что при использовании двухфакторного анализа для расчета влияния факторов «пункт» и «генотип» на показатель пенчатости зерна, выращенного в трех пунктах испытания в 2011 г. (табл. 2), доля влияния фактора генотип возрастает до 76,2 %.

При анализе полученных данных об изменении значения пенчатости зерна ячменя за трехлетний период выращивания в пунктах исследования с помощью трехфакторного дисперсионного анализа (табл. 3) было установлено, что на показатель пенчатости зерна ячменя, выращенного в период изучения в Алтайском и Бейском районах Республики Хакасия и Емельяновском районе Красноярского края, большое влияние оказывает фактор «год», на долю которого приходится 53,9 %, а «генотип» и «пункт» имеют более скромную и практически равную степень влияния, соответствующую значениям 13,9 и 13,6 %. Из взаимодействия факторов существенный вклад вносят «год×генотип» и «год×пункт×генотип».

Таблица 2

**Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по определению влияния факторов
«пункт×генотип» на показатель пленчатости зерна ячменя**

Дисперсия	Сумма квадрат	Степени свободы	Средний квадрат	Вклад факторов, %	Fф	F _{0,5}
Общая	1396,4	287	-	-	-	-
Повторений	2,2	3	-	-	-	-
Пункт	11,0	2	5,48	10,13	12,57	3,09
Генотип	948,7	23	41,25	76,17	94,56	1,63
Пункт и генотип	341,5	46	7,42	13,71	17,02	1,48
Остатка (ошибки)	92,9	213	0,44	-	-	-

Таблица 3

**Результаты трехфакторного дисперсионного анализа по определению влияния факторов
«год × пункт × генотип» на показатель пленчатости зерна ячменя**

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Вклад факторов, %	Fфакт.	Fтеор.
Общая	3959,46	575	-	-	-	-
Повторений	0,59	3	-	-	-	-
Год	202,59	1	202,59	53,88	394,11	3,94
Пункт	102,47	2	51,24	13,63	99,67	3,09
Генотип	1205,91	23	52,43	13,94	102,00	1,63
Год и пункт	13,49	2	6,75	1,79	13,12	3,09
Год и генотип	684,91	23	29,78	7,92	57,93	1,63
Пункт и генотип	682,59	46	14,84	3,95	28,87	1,48
Год, пункт и генотип	846,37	46	18,40	4,89	35,79	1,48
Остатка	220,52	429	0,51	-	-	-

Таким образом, на содержание пленок в зерне исследуемых образцов ячменя, выращенных в условиях Сибири, в большей степени оказывает влияние фактор «год», в частности, климатические условия вегетационного периода выращивания.

Плотность – физический показатель технологического качества зерна ячменя, который зависит от его анатомического строения и химического состава различных частей. Так, плотность крахмала составляет 1,48–1,64 г/см³, белков – 1,25–1,34, жиров – 0,89–0,99, воды – 1,0 г/см³. Наибольшую плотность имеет эндосперм, а наименьшую – оболочки зерна [13].

Показатель плотности имеет прямую зависимость с твердостью эндосперма ($r = 0,57$), его массой ($r = 0,7$) и содержанием белка в зерне ячменя ($r = 0,45$). Вместе с тем отмечается обратная зависимость параметра плотности от содержания влаги в зерне ($r = - 0,65$) [21]. В этой связи нужно отметить, что некоторыми авторами не найдена достоверная связь вышеуказанного показателя с содержанием воды и белка в зерне ячменя [15].

При использовании метода сканирующей микроскопии у трех сортов «твердого» и «мягкого» ячменя было определено, что распределение и адгезия крахмальных зерен и белка в эндосперме ячменя выступают определяющими факторами, влияющими на показатель плотности зерна [20].

Таблица 4

**Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по определению влияния факторов
«год×генотип» на показатель плотности зерна ячменя**

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Вклад факторов, %	Fф	F _{0,5}
Общая	11,4	287	-	-	-	-
Повторений	0,0	3	-	-	-	-
Год	0,2	2	0,081	45,70	2,10	3,09
Генотип	1,4	23	0,060	34,13	1,57	1,63
Год и генотип	1,6	46	0,036	20,17	0,93	1,48
Остатка (ошибки)	8,2	213	0,038	-	-	-

При обработке полученных данных с помощью двухфакторного дисперсионного анализа было выявлено, что показатель плотности зерна ячменя, выращенного в 2010–2012 гг. в Емельяновском районе Красноярского края (табл. 4), в большей степени зависит от года исследований (45,7 %), чуть менее влияют «генотип» и взаимодействие факторов «год×генотип», на долю которых приходится 34,1 и 20,2 % соответственно.

Вместе с тем при использовании трехфакторного дисперсионного анализа было определено (табл. 5), что на показатель плотности зерна ячменя, выращенного в период исследований в Алтайском и Бейском районах Республики Хакасия и Емельяновском районе Красноярского края, наибольшее и равнозначное влияние приходится на долю факторов «год» и «пункт», чуть меньше на их взаимодействие, что составляет 24,9 %. Генотип оказывает довольно слабое влияние, равное 7,0 %.

Таблица 5

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа по определению влияния факторов «год×пункт×генотип» на показатель плотности зерна ячменя

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Вклад факторов, %	Fфакт.	Fтеор.
Общая	31,18	575	-	-	-	-
Повторений	0,22	3	-	-	-	-
Год	0,50	1	0,50	26,75	13,68	3,94
Пункт	0,99	2	0,49	26,44	13,52	3,09
Генотип	3,02	23	0,13	7,02	3,59	1,63
Год и пункт	0,93	2	0,46	24,86	12,71	3,09
Год и генотип	2,95	23	0,13	6,87	3,51	1,63
Пункт и генотип	4,14	46	0,09	4,82	2,47	1,48
Год, пункт и генотип	2,78	46	0,06	3,24	1,66	1,48
Остатка	15,66	429	0,04	-	-	-

Заключение. Таким образом, можно заключить, что изученный показатель «плечатость зерна» в большей степени определяется годом выращивания, плотность же зерна в равной степени обусловлена годом и пунктом выращивания. Причину низкой доли фактора «генотип» можно объяснить тем, что изучаемые образцы ячменя достаточно близки между собой по значению исследуемых показателей. Кроме того, можно отметить, высокую достоверность долевого участия факторов и их взаимодействия на изменчивость изучаемых показателей, о чем свидетельствуют значения ($F_{факт.} > F_{теор.}$), приведенные в таблицах.

Литература

1. *Акимов Д.Н.* Обработка экспериментальных данных полевого опыта с помощью пакета программ FieldExpert // Фестиваль исследовательских и творческих работ учащихся «Портфолио»: в 2 кн. – М.: Чистые пруды, 2007. – Кн. 2. – 719 с.
2. *Аниськов Н.И.* Технологическая адаптивность сортов голозерного и плечатого ячменя в условиях Западной Сибири // Сибир. вестн. с.-х. науки. – 2008. – № 1. – С. 36–40.
3. Некоторые причины физиологической неполноценности семян зерновых культур в Западной Сибири / *З.Н. Галачалова, В.В. Кунгурцева, Т.М. Марусина* [и др.]. – М.: Наука, 1967. – С. 49–51.
4. ГОСТ 5060–86. Ячмень пивоваренный. Технические условия. – М., 1986. – 5 с.
5. *Евстафьев С.Н.* Химия отрасли: лаб. практикум. – Иркутск: ИГТУ, 2007. – 65 с.
6. *Кадиков Р.К., Бикбатыров Ф.Е.* Научные основы выращивания зерна пивоваренного ячменя в условиях Северной лесостепи Башкортостана // Вестн. Башкир. гос. аграр. ун-та. – 2006. – № 7. – С. 2–6.
7. *Кадычegov А.Н.* Взаимодействие «генотип-среда»: учеб. пособие. – Абакан: ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 1998. – 28 с.
8. *Коданев И.М.* Агротехника и качество зерна. – М.: Колос, 1970. – 231 с.
9. *Коданев И.М.* Влияние условий возделывания на урожай и пивоваренные качества ячменя. – Горький, 1958. – 327 с.
10. *Козьмина Н.П., Гунькин В.А., Суслиянок Г.М.* Теоретические основы прогрессивных технологий (Биотехнология). Зерноведение (с основами биохимии растений). – М.: Колос, 2006. – 464 с.

11. Товароведение зерна и продуктов его переработки /А.В. Мясников, Ю.С. Ралль, Л.А. Трисвятский; под ред. Л.А. Трисвятского. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1978. – 392 с.
12. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения: пер. с нем. А. Куреленкова. – СПб.: Профессия, 2007. – 640 с.
13. Нилова Л.П. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров: учебник. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 416 с.
14. Полонский В.И., Сумина А.В. Актуальные проблемы селекции ячменя // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы Междунар. заоч. науч. конф. – Красноярск, 2011. – С. 53–56.
15. Полонский В.И., Сумина А.В. Зависимость поглощения воды зерном ячменя от его физических и химических параметров // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 6. – С. 52–56.
16. Полонский В.И., Сумина А.В. Поглощение воды зерном ячменя связано с его плотностью // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 9. – С. 67–72.
17. Поспелова Л.В. Влияние погодных условий и расчетных доз удобрений на урожайность и качество зерна ячменя в условиях Среднего Урала: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Пермь, 2004. – 20 с.
18. Степльчева Н.В. Введение в технологию продуктов питания: лаб. практикум. – Иваново, 2007. – 48 с.
19. Light intensity and quality as factors determining plant stand formation and yield under controlled artificial illumination /G.M. Lisovsky, F.Ya. Sid'ko, V.I. Polonskiy [et al.] // Plant Physiology. – 1987. – Vol. 34. – P. 636.
20. Nair S., Knoblauch M., Ullrich S. Microstructure of hard and soft kernels of barley // Journal of Cereal Science. – 2011. – Vol. 54. – № 3. – P. 354–362.
21. Walker C.K., Panozzo J.F. Development of a small scale method to determine volume and density of individual barley kernels, and the relationship between grain density and endosperm hardness // Journal of Cereal Science. – 2011. – Vol. 54. – № 3. – P. 311–316.



УДК 633.111.1:631.526.31

А.В. Сидоров, Л.В. Плеханова

ВЛИЯНИЕ ОКРАСКИ КОЛОСА НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

На основе созданных аналогов сортов Красноярская и Ветлужанка изучено влияние окраски колоса на урожай и качество зерна яровой пшеницы. Отмечено, что различия по продуктивности между аналогами с белой и красной окраской колоса недостоверны. Выявлено положительное влияние красной окраски колоса на содержание белка, объем хлеба, силу муки и всхожесть семян.

Ключевые слова: пшеница, сорт, качество зерна, разновидность, аналоги, всхожесть.

A.V. Sidorov, L.V. Plekhanova

THE INFLUENCE OF THE EAR COLOUR ON THE SPRING WHEAT YIELD AND GRAIN QUALITY

The influence of the ear colour on the spring wheat yield and grain quality is studied on the basis of the developed sort analogues Krasnoyarskaya and Vetluzhanka. It is noted that the difference in productivity between analogues with the ear white and red colour is unreliable. The positive influence of the ear red color on the protein content, bread volume, flour strength and seed germination is revealed.

Key words: wheat, sort, grain quality, variety, analogues, germination.

Введение. В работах многих ученых большое значение уделяется выявлению роли отдельных морфологических признаков. Интерес к данной проблеме объясняется тем, что морфологические признаки поддаются простой визуальной оценке, что облегчает проведение отборов.

Систематические признаки используются не только для классификации видов и идентификации сортов. Они имеют определенное экологическое, хозяйственное и физиологическое значение [1]. Кроме того, на величину урожая или его качество могут влиять гены, сцепленные с генами, определяющими тот или иной признак [2].