

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ СИБИРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

С.А. Герасимов, к. с.-х. н., Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия
e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

Аннотация. Проведена оценка районированных сортов двурядного и шестирядного ячменя по влиянию элементов продуктивности на конечную урожайность в конкурсном сортоиспытании за 2009-2022 гг. (кроме 2011 и 2019 гг). Исследования проводили в условиях открытой Красноярской лесостепи. В качестве объектов исследования использованы сорта двурядного ячменя: Буян, Кедр, Биом, Оленек, Ача, Бахус, Красноярский 80, шестирядного: Агул 2 и Соболек. Регрессионный анализ показал, что урожайность в значительной степени зависела от числа зерен в колосе и массы 1000 зерен, как у двурядных, так и шестирядных сортов сибирского экотипа. Обнаружено отличие сортов красноярской ранней селекции – Красноярского 80 и Бахуса. Для них характерно более слабое влияние на урожайность всех основных элементов продуктивности.

Ключевые слова: ячмень, селекция, районированные сорта, элементы продуктивности, урожайность, корреляция.

FEATURES OF YIELDING CAPACITY DEVELOPMENT OF BARLEY CULTIVARS OF SIBERIAN SELECTION

S.A. Gerasimov, candidate of Agricultural Sciences, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: g-s-a2009@yandex.ru

Abstract. The assessment of the zoned cultivars of double-row and six-row barley in terms of influence of productivity traits on final yield in a competitive variety trials for 2009-2022 (except 2011 and 2019) was carried out. Researches were

conducted under the conditions of the open Krasnoyarsk forest-steppe. As objects of the research double-row barley varieties were used: Buyan, Kedr, Biom, Olenek, Acha, Bakhus, Krasnoyarsky 80, as well as six-row barley varieties: Agul 2 and Sobolek. The regression analysis showed that the yield substantially depended on a number of grains in an ear and a 1000-grain mass for double-row varieties as well as for six-row ones of the siberian ecotype. The difference of varieties of the krasnoyarsk early days selection – Krasnoyarsky 80 and Bakhus is revealed. Little influence of all basic productivity traits on yield is typical for them.

Keywords: barley, selection, the zoned cultivars, productivity traits, yield, correlation

Введение

Проблема изучения взаимосвязи урожая с элементами продуктивности и выбор стратегии отбора в различных условиях окружающей среды является весьма значимой в селекции. Как правило, вскрытие закономерностей между признаками позволяет отбирать формы растений с наилучшими сочетаниями элементов продуктивности для формирования максимального урожая. Однако существуют разные мнения по этому вопросу. При этом одни авторы предлагают проводить отбор в типичных по условиям районах, другие считают необходимым проводить оценку на благоприятном фоне при максимальном фенотипическом проявлении селекционных признаков. В противовес этому ряд авторов утверждают об эффективности отбора в стрессовых условиях, поскольку это дает возможность отбирать селекционеру наиболее адаптированные генотипы [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

В условиях Западной Сибири Н.И. Аниськов и П.В. Поползухин [8] в своих исследованиях пришли к выводу о том, что отбор высокопродуктивных генотипов в жестких условиях необходимо вести с учетом продуктивности главного колоса (крупность, озерненность, масса 1000 зерен), при этом в более благоприятных условиях предпочтение должно отдаваться продуктивному стеблестою и синхронности его развития.

В результате изучения обширной коллекции яровой мягкой пшеницы в условиях Кировской области показана эффективность отбора по продуктивному кущению и массы 1000 зерен в оптимальных условиях, что обеспечивает высокий потенциал и широкую норму реакции создаваемых сортов. При этом отбор по длине колоса может быть эффективен вне зависимости от условий вегетации [3].

О.В. Левакова [9] в условиях Рязанской области установила, что элементы продуктивности, обладая взаимным влиянием, способны компенсировать друг друга. Автор выявил, что в условиях острой засухи ведущая роль в формировании урожая ячменя принадлежит длине колоса ($r = +0,437$) и числу зерен в нем ($r = +0,279$). В то же время в увлажненные годы на продуктивность ячменя существенно влияли высота растений ($r = +0,890$), параметры продуктивности колоса: масса зерна с колоса ($r = +0,810$), количество зерен в нем ($r = +0,806$), длина колоса ($r = +0,774$) и масса 1000 зерен ($r = +0,640$).

Данные исследований М. Гочевой [10], полученные в условиях Европы (Болгария) с высоким биоклиматическим потенциалом региона подтверждают максимальное положительное влияние массы зерна с колоса и продуктивного кущения на урожайность ячменя.

Исследованиями А.Г. Липшина, проведенными с использованием образцов сибирского генофонда в 2008-2012 гг в условиях Красноярской лесостепи показана возможность отбора высокопродуктивных генотипов с повышенными параметрами продуктивности главного колоса и более высокой массой зерна с растения [11].

Цель исследования – выявить ведущие элементы продуктивности районированных сортов двурядного и шестирядного ячменя сибирской селекции.

Методы исследований

Сорта ярового ячменя изучали в питомнике конкурсного сортоиспытания на опытном поле Красноярского НИИСХ. Почва чернозем

обыкновенный маломощный. Предшественник – чистый пар. Содержание гумуса (по Тюрину) варьировало от 3,8% до 9,4%, нитратного азота (N-NO₃) – 3,6-18,0 мг/кг почвы, P₂O₅ – 11,7-24,0 мг/100 г почвы, K₂O – 11,0-19,0 мг/100 г почвы, рН почвенного раствора нейтральная.

С целью выявления ведущих элементов продуктивности, оказывающих наибольшее влияние на урожайность ячменя нами проведен регрессионный анализ сибирских сортов ранней и современной селекции в конкурсном сортоиспытании в различные по условиям годы с применением программы Statistica 10.0 [12]. Для сопоставления результатов и формирования наиболее полной выборки по набору сортов были исключены 2011 и 2019 гг. Смысл исследования заключался в изучении реакции одного и того же наиболее приспособленного сорта в контрастных условиях внешней среды.

Результаты исследований

Для практической селекции нами проанализированы 10 хозяйственно-ценных признаков у сортов и селекционных линий ячменя, созданных в Сибири. Установлена различная степень варьирования признаков ячменя: слабая – вегетационный период (Cv=7,2%), длина колоса (Cv=9,5%), число зерен в колосе (Cv=9,7%), масса 1000 зерен (Cv=8,1%), средняя – высота растений (Cv=15,7%), число растений перед уборкой (Cv=13,3%), продуктивная кустистость (Cv=13,2%), продуктивный стеблестой (Cv=15,3%). В группу признаков с сильной степенью варьирования отнесены масса зерна с растения (Cv=34,4%) и урожайность как интегрированный показатель всех сортов (Cv=28,2%).

Проведенный анализ позволил установить различный вклад вегетационного периода и элементов продуктивности в зависимости от выбранного сорта (табл. 1). Очевидно, что недостаточное развитие одного из элементов может компенсироваться за счет большего проявления другого у разных сортов и в конечном итоге положительно сказываться на формировании урожая.

У сорта Буян ведущими элементами продуктивности являются число зерен в колосе – 55,96 и масса 1000 зерен – 25,08%, в то же время продуктивное кушение имело обратный эффект и оказывало незначительное влияние на урожайность – 18,96 % (табл. 1). Высокий вклад числа зерен в урожайность сорта Буян подтверждается высокой озерненностью его колоса (до 26,3 шт.) и не высоким продуктивным кушением (1,0 шт.). У сорта Кедр ранней селекции отличительная особенность в том, что отмечен средний вклад в урожай продуктивного стеблестоя – 54,23% и массы зерна с одного растения – 45,77%. У скороспелого, крупнозерного сорта Биом наблюдается среднее влияние массы 1000 зерен – 29,68 % и высокое числа зерен в колосе – 70,32%. По-нашему мнению, это связано со стабильным формированием крупного зерна в различные по условиям годы ($C_v=7,2\%$) по сравнению с большей изменчивостью числа зерен в колосе по годам ($C_v=13,6\%$) у изучаемого сорта. У адаптивного сорта Оленек также наблюдается влияние параметров продуктивности колоса на уровень урожайности. При этом достоверно высокий вклад вносит масса 1000 зерен – 58,62% и средний число зерен в колосе – 41,38 %. У сорта Ача новосибирской селекции выделены два селекционных признака: высота растений – 58,96% и масса 1000 зерен – 41,04% со средней степенью влияния на урожай.

Из всего набора изучаемых сортов резко выделяются сорта красноярской ранней селекции – Красноярский 80 и Бахус. Для них характерно достоверное влияние на урожайность всех основных элементов продуктивности.

Сходство между указанными сортами заключается в положительном влиянии продуктивного кушения, длины колоса, числа зерен в колосе, массы 1000 зерен и отрицательном действии на урожай вегетационного периода и массы зерна с одного растения.

Таблица 1 – Регрессионный анализ влияния вегетационного периода и отдельных элементов продуктивности на урожайность сортов двурядного ячменя сибирской селекции, 2009-2022 гг.

Селекционный признак	b-коэффициент	Std. Err.	p-value
Сорт Буян			
Продуктивное кушение	-0,295775	0,113575	0,031411
Число зерен в колосе	0,873091	0,117505	0,000074
Масса 1000 зерен	0,391428	0,104901	0,005776
Сорт Кедр			
Продуктивный стеблестой	0,600507	0,182823	0,009459
Масса зерна с одного растения	0,506807	0,182823	0,021678
Сорт Биом			
Число зерен в колосе	0,951932	0,139995	0,000079
Масса 1000 зерен	0,401779	0,139995	0,018478
Сорт Оленек			
Число зерен в колосе	0,513659	0,132237	0,003706
Масса 1000 зерен	0,727581	0,132237	0,000379
Сорт Ача			
Высота растений	0,739152	0,109839	0,000086
Масса 1000 зерен	0,514542	0,109839	0,001145
Сорт Бахус			
Вегетационный период	-0,212794	0,013282	0,003873
Высота растений	-0,213040	0,039016	0,031941
Число растений перед уборкой	0,345074	0,021120	0,003725
Продуктивное кушение	0,284276	0,040996	0,020170
Продуктивный стеблестой	0,339847	0,018609	0,002985
Длина колоса	0,269861	0,022394	0,006816
Число зерен в колосе	0,724933	0,040345	0,003083
Масса 1000 зерен	0,170202	0,017874	0,010849
Масса зерна с одного растения	-0,230654	0,047830	0,040412
Сорт Красноярский 80			
Вегетационный период, дней	-0,15887	0,026093	0,008897
Высота растений, см	0,31661	0,052214	0,009001
Число растений перед уборкой	-0,55413	0,123182	0,020509
Продуктивное кушение	0,23243	0,042891	0,012327
Длина колоса	0,47999	0,093944	0,014505
Число зерен в колосе	1,10263	0,071501	0,000592
Масса 1000 зерен	0,85910	0,060212	0,000746
Масса зерна с одного растения	-1,33786	0,194158	0,006262

Вероятно, это связано со схожими механизмами компенсации в течение вегетационного периода свойственными изучаемым сортам. У сорта Бахус

наибольший относительный вклад в урожай отмечен у числа зерен в колосе – 25,98%, а у сорта Красноярский 80 кроме числа зерен в колосе – 21,87%, также массы 1000 зерен – 17,04% и массы зерна с одного растения с обратным эффектом – 26,54%.

При изучении вклада элементов урожайности у скороспелых шестирядных сортов ранней селекции Агул 2 и Соболек выявлена тенденция положительного влияния числа зерен в колосе – 54,91 и 64,80% соответственно (табл. 2). Как и в случае с двурядными сортами ячменя, указанный селекционный признак играет положительную роль в формировании продуктивности колоса с растения, а учитывая тот факт, что вследствие слабой кустистости урожай у шестирядных сортов в основном формируется за счет главного колоса, приобретает ведущую роль при отборе на повышение продуктивности. Кроме этого у сорта Агул 2 установлена положительная сопряженность урожая с числом растений перед уборкой – 45,09%, а у сорта Соболек с массой 1000 зерен – 35,20%.

Таблица 2 – Регрессионный анализ влияния отдельных элементов продуктивности на урожайность сортов шестирядного ячменя, 2009-2022 гг.

Селекционный признак	b-коэффициент	Std. Err.	p-value
Сорт Агул 2			
Число растений перед уборкой	0,654801	0,243947	0,025034
Число зерен в колосе	0,797278	0,243947	0,009710
Сорт Соболек			
Число зерен в колосе	0,831938	0,151312	0,000381
Масса 1000 зерен	0,451948	0,151312	0,015278

Стоит отметить, что высокие значения линейных b-коэффициентов регрессии дополнены визуальными анализами построенных графиков и подтверждены высокими коэффициентами корреляции отдельных элементов продуктивности с урожаем. В качестве наглядного примера можно привести график зависимости урожая от числа зерен в колосе у двурядного высокоозерненного сорта Буян представленного на рисунке.

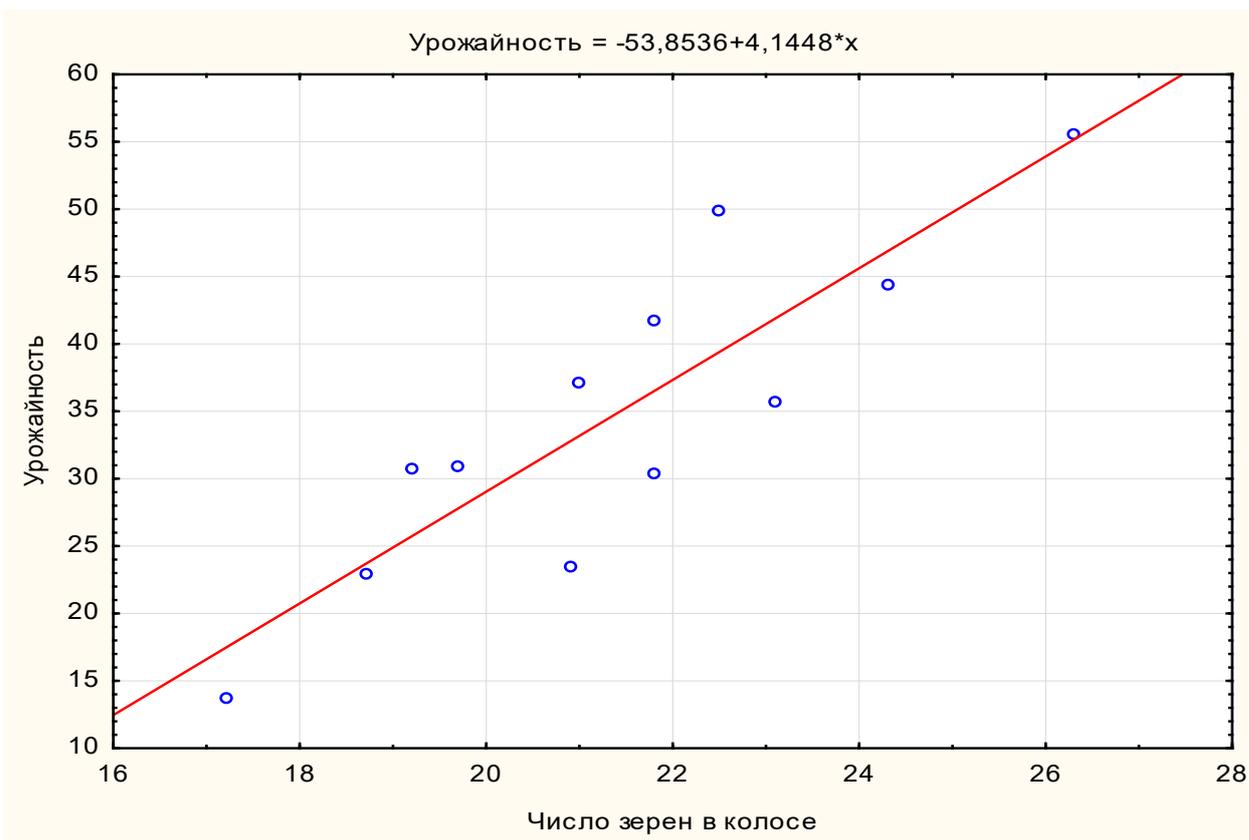


Рисунок – Зависимость урожайности сорта двурядного ячменя Буян от показателя число зерен в колосе, 2009-2022 гг.

Выводы и предложения

Таким образом, проведенный анализ позволил установить ведущие элементы продуктивности двурядного и шестирядного ячменя, оказывающие положительное влияние на урожайность большинства сортов сибирской селекции на дальнейшее повышение продуктивности в контрастных условиях вегетации. Для двурядных и шестирядных сортов при отборе необходимо уделять внимание параметрам продуктивности главного колоса: числу зерен в нем (вклад 21,87-70,2%) и массе 1000 зерен (вклад 6,10-58,62%), что также подтверждается предыдущими нашими исследованиями и выводами других авторов. Для сортов красноярской ранней селекции Красноярский 80 и Бахус характерно более слабое влияние на урожайность всех основных элементов продуктивности.

Библиографический список

1. Сурин, Н. А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овес) / Н. А. Сурин. – Новосибирск: ИЦ ГНУ СибНСХБ Россельхозакадемии, 2011. – 708 с. – ISBN 978-5-904424-74-9. – EDN YWLGOU.
2. Анисимова, Н. Н. Элементы структуры урожая сортов ярового ячменя и их вклад в формирование высокой продуктивности растений / Н. Н. Анисимова, Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 5. – С. 40–43. – EDN XRLIGT.
3. Волкова, Л. В. Урожайность яровой мягкой пшеницы и ее связь с элементами продуктивности в разные по метеорологическим условиям годы / Л. В. Волкова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 6 (55). – С. 9–15. – EDN WZIRLV.
4. Мартынова, С. В. Взаимосвязь морфометрических параметров ярового ячменя с урожайностью / С. В. Мартынова, В. Н. Пакуль, Д. Е. Андросов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2019. – Т. 49. – № 5. – С. 11–20. – DOI 10.26898/0370-8799-2019-5-2. – EDN MVRPIK.
5. Becker, H. C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability / H. C. Becker // Euphytica. – 1981. – Vol. 30. – P. 835–840. – DOI 10.1007/BF00038812.
6. Vazquez, J. F. Correlations, epistasis and heterosis of plant height and internode length in barley / J. F. Vazquez, E. Sanchez-Monge // Genome. – 2011. – Vol. 29. – № 4. – P. 532–536. – DOI 10.1139/g87-091.
7. Verstegen, H. The world importance of barley and challenges to further improvements / H. Verstegen, O. Köneke, V. Korzun, R. Broock // Biotechnological Approaches of Barley Improvement. – 2014. – Vol. 69. – P. 3–19. – ISBN: 978-3-662-44405-4 – DOI 10.1007/978-3-662-44406-1_1.
8. Аниськов, Н. И. Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта): монография / Н. И. Аниськов, П. В. Поползухин. – Омск: Вариант-Омск, 2010. – 388 с. – EDN QLBKRJ.
9. Левакова, О. В. Вариабельность элементов структуры урожая ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий вегетации / О. В. Левакова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – Т. 23. – № 3. – С. 327–333. – DOI 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333. – EDN BSOZZS.
10. Gocheva, M. Study of the productivity elements of spring barley using correlation and path-coefficient analysis / M. Gocheva // Turkish Journal of Agricultural and Natural Science. – 2022. – Issue 2. – P. 1638–1641.
11. Липшин, А. Г. Сибирский генофонд ячменя и его использование для селекции в Восточной Сибири: специальность 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Липшин Алексей Геннадьевич. – Красноярск, 2016. – 155 с. – EDN XWCGXT.
12. Field, A. Discovering Statistics Using R / A. Field, J. Miles, Z. Field. – London: SAGE Publications Ltd, 2012. – 992 p. – ISBN: 1446200450 – DOI 10.1111/insr.12011_21.