

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ БУРЯТИИ

B.B. Tsybenov, A.S. Biltuyev

FORMATION OF SPRING WHEAT PRODUCTIVITY IN ARID CONDITIONS OF BURYATIA

Цыбенков Б.Б. – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. отд. селекции и семеноводства полевых культур Бурятского научно-исследовательского института сельского хозяйства ФАНО России, г. Улан-Удэ. E-mail: burnish@inbox.ru

Билтуев А.С. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр., зав. отд. плодородия почв и сберегающих технологий в земледелии Бурятского научно-исследовательского института сельского хозяйства ФАНО России, г. Улан-Удэ. E-mail: burnish@inbox.ru

Tsybenov B.B. – Cand. Agr. Sci., Art., Senior Staff Scientist, Department of Selections and Seed Farming of Field Cultures, Buryat Research Institute of Agriculture of FASO of Russia, Ulan-Ude. E-mail: burnish@inbox.ru

Biltuyev A.S. – Cand. Biol. Sci., Senior Staff Scientist, Head, Department of Fertility of Soils and the Preservation Technologies in Agriculture, Buryat Research Institute of Agriculture, of FASO of Russia, Ulan-Ude. E-mail: burnish@inbox.ru

Представлены результаты изучения урожайности и ее элементов у районированных сортов и селекционных номеров яровой пшеницы, выведенных в Бурятском научно-исследовательском институте сельского хозяйства, в условиях сухой степи Бурятии. Путем проведения структурного и корреляционного анализов были определены параметры основных элементов структуры урожая и величины их вклада в формирование урожайности. Сорты испытывались в богарных условиях без применения минеральных удобрений. Изменчивость изучаемых признаков в среднем за годы исследований (2005–2013 гг.) на 55,4 % обуславливалась влиянием условий вегетации. При одновременном посеве во второй декаде мая, в среднем за период исследований, продуктивность среднеспелых сортов была выше, чем у среднеранних, на 10,7 %. Основной вклад в изменчивость урожайности вносили метеоусловия периодов вегетации (годы) – 76,4 %, а степень влияния сортовых особенностей составила лишь 10,3 %. Достаточная влагообеспеченность критических периодов роста и развития растений предопределяла высокий уровень урожайности. Ведущая роль в формировании урожайности практически у всех образцов принадлежит высоте растений, генотипическая изменчивость которой составляла 27,0%, а также массе 1000 зерен,

количеству зерен и массе зерна с колоса. Озерненность и продуктивность колоса вносят значительный вклад в изменчивость урожайности сортов Лютесценс 937, Арюна, Бурятская остистая и номера Л-952. Количество продуктивных стеблей оказывает основное влияние на формирование урожайности сортов Бурятская 79 и Бурятская 34. Показателями хорошей засухоустойчивости и продуктивности в засушливых условиях региона могут служить высота растений и количество зерен в колосе.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорт, селекция, урожайность, структура урожая, корреляция, изменчивость.

The results of productivity and its elements study at the zoned grades and selection numbers of spring wheat, derived in Buryat research institute of agriculture in the condition of dry steppe of Buryatia are presented. Variable basic element structure and size their contribution in formation yield were identified by conducting structural and correlation analysis. Varieties were tested in dry conditions without mineral fertilizers application. Variation studied traits on average for year's research (2005–2013) on 55.4 % was conditioned by the influence condition vegetation. At the same time sowing in the second decade of May, the average for the period of research productivity middle-

grades was higher than that of middle and was equal to 10.7 %. The main contribution to the yield variability was added by weather conditions of vegetation periods (years) equal to 76.4 %, and the degree of influence of the varietal characteristics accounted for only 10.3 %. Moisture content had critical periods of growth and development plant predetermined high level yield. The leading role in shaping the productivity in virtually all samples belong to plant height, genotypic variability which amounted to 27.0 %, and 1000 grain weight, the number of grains and grain weight from the ear. The number of grains per ear and productivity contribute significantly to the yield variability grades *Lutescens* 937, *Aruna*, *Buryat bristlecone* and number L-952. The number of productive stems has a major influence on the formation of yield varieties *Buryat* 79 and *Buryat* 34. Plant height and the number of grains per ear can serve as indicators of a good drought resistance and productivity in arid conditions region.

Keywords: spring wheat, variety, selection, yielding capacity, structure of a crop, correlation, variation.

Введение. Площадь пашни под посевами яровой пшеницы, которая является ведущей зерновой культурой в Республике Бурятия, за период проведения наших исследований в среднем составляла 50,5 тыс. га. С учетом того, что более 45 % пашни в республике расположено в зоне сухой степи, значительно возрастает роль селекционной работы, которая должна решить сложную комплексную проблему по повышению урожайности и качества зерна на фоне низкого плодородия почв и жесткого гидротермического режима в период вегетации растений.

Многие исследования показывают, что урожайность яровой пшеницы в засушливых условиях Бурятии подвержена значительной изменчивости, на величину которой основное влияние оказывают агроклиматические условия. Поэтому внедрение в производство сортов с высоким генетическим потенциалом продуктивности и хорошей пластичностью является определяющим фактором в повышении ее урожайности. Также установлено, что решающее влияние на степень выраженности отдельных элементов структуры урожая оказывают факторы среды [2].

Цель исследований. Изучение взаимосвязи урожайности с основными элементами ее структуры и некоторыми хозяйственными показателями у районированных сортов и селекционных номеров яровой мягкой пшеницы в аридных условиях Бурятии.

Объекты и методика исследований. В работе представлены результаты сортоиспытания районированных в разные годы сортов яровой мягкой пшеницы селекции Бурятского НИИСХ: *Лютесценс* 937, *Арюна* (среднеранние), *Бурятская* 79, *Онохойская* 4, *Бурятская* 34, *Селенга*, *Бурятская* остистая, *Бурятская* 551 (среднеспелые) и двух перспективных номеров (Л-952, Л-1061) за 2005–2013 г. Исследования проводились в отделе селекции и семеноводства полевых культур по общепринятой методике государственного сортоиспытания. Делянки размещались стандартным методом по чистому пару, учетная площадь – 24,2 м², повторность трехкратная. Норма высева составляла 4,5 млн всхожих семян на гектар. Уборка механизированная – комбайном *Sampo-130*. Урожай приведен к стандартной влажности и 100%-й чистоте.

Почва стационара – каштановая мучнисто-карбонатная, характеризовалась очень низким содержанием гумуса (1,18±0,14%) и общего азота (0,11±0,01%), близкой к нейтральной реакцией среды (рН_{вод.} 6,9±0,1), средним содержанием подвижного Р₂О₅ (147±18 мг/кг) и повышенным содержанием обменного К₂О (145±21 мг/кг) по Чирикову.

Климат зоны резко континентальный. Метеорологические условия за период активной вегетации растений (май–август) характеризовались неравномерностью выпадения осадков и высокой вариабельностью этого показателя по годам исследований (V=40,8–62,3%), сильным проявлением весенней и раннелетней засухи, а также превышением среднемесячной температуры воздуха за эти месяца на 0,5–2,7°C среднемноголетних значений.

Результаты исследований. Основным фактором, лимитирующим продуктивность зерновых культур в зоне проведения наших исследований, является дефицит атмосферного увлажнения. Складывавшиеся метеоусловия определяли высокую степень варьирования урожайности яровой пшеницы (табл. 1). Корреляционный анализ влияния метеорологических факторов на

урожайность показал, что у всей совокупности сортов и перспективных номеров она находилась в существенной положительной зависимости от количества осадков во второй декаде июня ($r=0,80$) и в первой декаде августа ($r=0,75$). При благоприятном сочетании этих условий от продуктивность растений была наибольшей (2009 и 2012 гг.), в обратном случае, при дефиците увлажнения в эти периоды, урожайность была минимальной. Такая тесная связь с влагообеспеченностью обусловлена тем, что в эти

периоды закладывается будущая структура урожая, в частности определяется количество продуктивных стеблей, озерненность колоса, величина и масса зерновки [1, 4]. Зависимость же урожайности изучаемых сортов и номеров подекадных показателей среднесуточной температуры воздуха за время проведения настоящих исследований была слабой, за исключением периодов первой декады июня и второй декады августа.

Таблица 1

Урожайность сортов яровой пшеницы, 2005–2013 гг.

Сорт и номер	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Y _{ср.}
Среднеранняя группа										
Лютесценс 937 (ст.)	8,2	11,9	14,5	14,1	19,2	12,8	12,5	15,2	8,2	13,0
Арюна	8,7	11,4	12,6	14,0	17,7	12,9	13,8	18,0	9,9	13,2
Среднее	8,5	11,7	13,6	14,1	18,5	12,9	13,2	16,6	9,1	13,1
Среднеспелая группа										
Бурятская 79 (ст.)	9,6	13,6	14,0	14,1	15,4	13,9	14,0	18,3	8,6	13,5
Онохойская 4	10,4	14,8	14,8	14,4	15,8	17,2	17,6	18,7	10,0	14,9
Бурятская 34	10,8	14,5	15,1	18,1	16,7	15,7	16,5	18,0	10,2	15,1
Селенга	10,3	13,3	15,2	13,6	18,3	14,4	15,2	17,3	11,1	14,3
Бурятская остистая	10,7	14,8	14,1	16,3	20,1	15,2	13,9	19,0	9,3	14,8
Бурятская 551	10,0	13,9	14,0	15,9	20,4	15,0	14,4	18,7	9,5	14,7
Среднее	10,3	14,2	14,5	15,4	17,8	15,2	15,3	18,3	9,8	14,5
Перспективные номера среднеспелой группы										
Л-952	11,8	17,5	15,5	17,6	23,7	16,7	18,2	16,8	11,2	16,6
Л-1061	12,9	15,8	15,4	16,8	21,2	14,5	15,5	18,8	12,3	15,9
Среднее	12,4	16,7	15,5	17,2	22,5	15,6	16,9	17,8	11,8	16,2

Примечание. Среднеранние сорта: НСР₀₅ – 3,3 ц/га; среднеспелые сорта и номера: НСР₀₅ – 2,9 ц/га.

В среднем за период исследований продуктивность среднеспелых сортов была выше, чем у среднеранних сортов, на 10,7 %. В этой группе сортов достоверных различий по средним данным не выявлено, а в среднеспелой группе только номер Л-952 достоверно превысил по урожайности стандарт Бурятская 79. Коэффициент вариации урожайности у номера Л-952 составил 22,2 %, что было выше, чем у номера Л-1061, на 4,8 %. За период исследований основной вклад в изменчивость урожайности внесли метеоусловия периодов вегетации (годы) –

76,4 %, а степень влияния сортовых особенностей составила лишь 10,3 %.

Определение вклада отдельных элементов структуры в урожайность с помощью корреляционного анализа показало, что у всех изученных районированных сортов и селекционных линий урожайность была теснее связана с высотой растений и с массой 1000 зерен. В среднем для всей совокупности образцов коэффициенты корреляции по этим показателям были равны соответственно 0,52 и 0,38. Наряду с общими для всех сортов чертами формирования зерновой продуктивности присутствовали и сор-

товые различия. Статистически значимыми оказались лишь взаимосвязи урожайности с высотой растений у сортов Арюна ($r=0,79$) и Бурятская остистая ($r=0,73$), что согласуется с результатами ранее проведенных нами исследований [6].

Двухфакторный дисперсионный анализ выявил, что по показателю «высота растений» изменчивости, обусловленные как генотипическими особенностями, так и условиями вегетации, были существенными на 1%-м уровне значимости. Достоверно превышали стандарт сорта Онохойская 4, Бурятская 34 и Селенга, а также номера Л-952 и Л-1061, которые были самыми высокорослыми – 72,2 и 73,4 см соответственно. У остальных сортов, в т.ч. у сорта Бурятская остистая (65,1 см), отклонения были в пределах ошибки опыта. Варьирование данного признака у всех сортов и номеров было незначительным ($V=4,0-9,9\%$), и лишь у сорта Лютесценс 937 изменчивость была средней ($V=11,3\%$). Таким образом, высота растений может служить признаком, по которому следует вести отбор и подбирать исходный материал для переноса генов продуктивности и засухоустойчивости в селекции на адаптивность к засухе [5], что очень актуально в наших условиях. В исследованиях [3] отмечена тенденция повышения засухоустойчивости и урожайности яровой пшеницы в связи с увеличением длины верхнего колосонесущего междоузлия, а также отмечается, что с увеличением высоты растений до определенных пределов урожайность пшеницы повышается.

Озерненность колоса – ведущий признак продуктивности – определяется количеством и озерненностью колосков. Отмечая несомненную важность в селекции на урожайность количества колосков в колосе, С.Б. Лепехов [5] констатирует, что решающий вклад в варьирование этого признака вносят погодные условия (58%), и прежде всего в фазе третий лист – кущение.

В наших исследованиях наибольшее количество колосков в колосе было отмечено у сорта Онохойская 4 (9,2 шт.), а меньше всего их насчитывалось у сорта Бурятская 551 (7,6 шт.). При этом варьирование признака у последнего было максимальным среди всех образцов ($V=16,2\%$). Корреляционный анализ показал, что количество колосков в колосе у всех образцов, кроме сорта Бурятская остистая ($r=0,60$), было достоверно сопряжено с длиной колоса

($r=0,78-0,95$). Связь количества колосков и озерненности колоса в целом оказалась намного слабее ($r=0,04-0,55$), за исключением существенной данной связи у сорта Бурятская 34 (0,72).

Значительные сортовые различия наблюдались во взаимосвязи длины и озерненности колоса, как между собой, так и с урожайностью. Достоверная сильная взаимосвязь урожайности с озерненностью колоса наблюдалась только у сорта Бурятская остистая ($r=0,76$). У остальных районированных сортов она была от слабой (Бурятская 79, Онохойская 4, Селенга, Бурятская 551) до средней (Лютесценс 937, Арюна). Сорт Бурятская 34, так же как и номер Л-1061, отличался отсутствием корреляционной связи, а у номера Л-952 она была средней силы ($r=0,38$). Связь урожайности с длиной колоса для всех сортов оказалась недостоверной, слабой силы, а для сортов среднеспелой группы обратной направленности, за исключением сортов Бурятская остистая ($r=0,66$) и Арюна ($r=0,37$).

Наиболее изменчивый структурный элемент зерновой продуктивности яровой пшеницы в наших условиях – это масса зерна с колоса. Коэффициент вариации данного показателя составлял 28,3–60,3 %. Среднесортное значение признака за период исследований составило 0,43 г. Наибольшей продуктивностью колоса отличались номера Л-952 ($0,50\pm 0,16$; $V=41,7\%$) и Л-1061 ($0,51\pm 0,13$; $V=34,5\%$), а наименьшая масса зерна в колосе формировалась у сорта Бурятская остистая ($0,36\pm 0,10$; $V=37,0\%$). Дисперсионный анализ выявил достоверную прибавку только у перспективных номеров, а также подтвердил мнение [2], что величина озерненности главного колоса в значительной степени зависит от условий возделывания растений. В нашем случае изменчивость показателя продуктивности колоса была существенной на 1%-м уровне значимости и на 71,3 % обуславливалась влиянием условий вегетации (годы), а вклад генотипов в общую изменчивость данного показателя составлял лишь 4,8 %.

Коэффициент корреляции урожайности с количеством продуктивных стеблей варьировал от -0,05 до 0,57, а среднесортная его величина была равна 0,14. Положительная средней силы связь отмечена у сортов Бурятская 79 ($r=0,57$), Бурятская 34 ($r=0,43$) и у номера Л-1061 ($r=0,30$). У остальных сортов эта зависимость оказалась

слабой, при этом у сортов Арюна, Онохойская 4 и у номера Л-952 она была обратной. Среднесортное значение показателя составило 336,4 шт/м², а средний коэффициент вариации был равен 19,1 %. Дисперсионный анализ показал отсутствие достоверных различий средних между генотипами, а общая изменчивость количества продуктивных стеблей на 62,6 % была обусловлена метеорологическими условиями вегетационных периодов. Максимальный продуктивный стеблестой формировался в 2006 и 2012 гг. – 417,9 и 415,4 шт/м², а наименьшие показатели были зафиксированы в 2009 и 2005 гг. – 272,0 и 284,6 шт/м² соответственно.

Статистически достоверной корреляционной связи урожайности с массой 1000 зерен в наших исследованиях выявлено не было. Среднесортной показатель коэффициента корреляции составил 0,38. Самая тесная связь наблюдалась у сортов Арюна ($r=0,58$) и Онохойская 4 ($r=0,56$). Средней силы зависимость наблюдалась также у сортов Бурятская 551 ($r=0,50$), Бурятская 79 ($r=0,46$) и у номера Л-952 ($r=0,50$). Самая слабая взаимосвязь данных показателей

отмечена у образца Л-1061 ($r=0,17$) и у сорта Лютесценс 937 ($r=0,18$). Двухфакторный дисперсионный анализ выявил достоверные различия средних фактора «сорт». Существенными они были у сортов Бурятская остистая и Бурятская 551, а также у номера Л-1061. Изменчивость показателя также в основном была обусловлена метеорологическими условиями вегетационных периодов (60,0%), а сортовые особенности определяли только 13,4 % вариации.

Выявленные за период исследований корреляционные связи позволяют заключить, что в условиях сухой степи Бурятии характер формирования зерновой продуктивности значительно различался у изученных сортов и перспективных номеров (табл. 2). Ведущая роль в формировании урожайности у всех образцов, кроме сортов Бурятская 79 и Бурятская 551, принадлежит высоте растений. У номера Л-1061 данный признак оказался основным на фоне определенного вклада густоты продуктивного стеблестоя. У сорта Лютесценс 937, кроме высоты растений, урожайность определялась также озерненностью и продуктивностью колоса.

Таблица 2

Доля влияния элементов структуры урожая на изменчивость урожайности сортов яровой пшеницы (2005–2013 гг.), %

Сорт	H _p	ПС	L _к	КК	КЗ	m _к	m ₁₀₀₀
Среднеранняя группа							
Лютесценс 937 (ст.)	17,6	0,9	8,3	0,2	14,1	11,7	3,1
Арюна	62,4	2,6	13,4	3,1	21,1	19,3	33,5
Среднеспелая группа							
Бурятская 79 (ст.)	4,5	32,7	2,5	6,7	1,3	0,9	20,9
Онохойская 4	29,6	0,2	1,6	1,3	1,3	1,0	31,9
Бурятская 34	21,7	18,4	5,0	6,0	0,0	0,2	11,1
Селенга	32,4	1,4	2,7	33,0	1,6	1,9	3,8
Бурятская остистая	52,8	4,0	43,8	1,7	57,0	41,0	7,2
Бурятская 551	9,5	0,9	11,9	12,8	6,1	4,0	24,9
Перспективные номера среднеспелой группы							
Л-952	31,1	3,0	2,7	3,9	14,7	11,1	24,7
Л-1061	34,3	8,7	4,0	0,1	0,5	0,7	3,0

Примечание. H_p – высота растений, см; ПС – количество продуктивных стеблей, шт/м²; L_к – длина колоса, см; КК – количество колосков в колосе, шт.; КЗ – количество зерен в колосе, шт.; m_к – масса зерна с колоса, г; m₁₀₀₀ – масса 1000 зерен, г.

Эти же элементы структуры урожая вносили значительный вклад в изменчивость урожайности сортов Арюна, Бурятская остистая и номера Л-952.

В формировании урожайности ведущую роль, наряду с высотой растений, играла масса 1000 зерен. Незначительным ее вклад в изменчивость продуктивности оказался у сортов Лю-

тесценс 937, Селенга, Бурятская остистая и у номера Л-1061. Наибольшее влияние густоты продуктивного стеблестоя на изменчивость урожайности было отмечено лишь у сортов Бурятская 79 (32,7%) и Бурятская 34 (18,4%). У сорта Бурятская остистая одним из ведущих элементов продуктивности была длина колоса (43,8%). Она также играла большую роль в формировании урожайности сортов Арюна и Бурятская 551.

Выводы. Величина вклада отдельных элементов структуры урожайности в ее общую изменчивость определяется сортовыми особенностями. Ведущая роль в формировании урожайности практически у всех образцов принадлежит высоте растений и массе 1000 зерен. Озерненность и продуктивность колоса вносят значительный вклад в изменчивость урожайности сортов Лютесценс 937, Арюна, Бурятская остистая и номера Л-952. Количество продуктивных стеблей оказывает основное влияние на формирование урожайности сортов Бурятская 79 и Бурятская 34.

В засушливых условиях высота растений и озерненность колоса могут служить маркерными признаками при отборе на засухоустойчивость и продуктивность.

Литература

1. Билтуев А.С., Гаркушева Н.М., Хутакова С.Н. [и др.]. Моделирование продуктивности пшеницы по климатическим ресурсам сухой степи Бурятии на основе длительного полевого опыта // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1619–1626.
2. Ведров Н.Г. Влияние экологических условий на формирование урожая и его качество // Яровая пшеница в Восточной Сибири. – Красноярск, 1998. – С. 170–199.
3. Ведров Н.Г., Халипский А.Н. Изменение элементов структуры урожая и хозяйственно-биологических показателей в результате сортосмены яровой пшеницы в Красноярском крае // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 4. – С. 89–93.

4. Дабаева М.Д., Цыбенков Б.Б., Билтуев А.С. Влияние климатических факторов на продуктивность яровой пшеницы в условиях сухой степи Бурятии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 11. – С. 17–24.
5. Лепехов С.Б. Некоторые принципы селекции яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость и урожайность в Алтайском крае / Алтайский НИИСХ. – Барнаул, 2015. – 149 с.
6. Цыбенков Б.Б. Влияние агротехнических приемов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в сухой степи Западного Забайкалья: дис. ... канд. с.-х. наук. – Улан-Удэ, 2012. – 191 с.

Literatura

1. Biltuev A.S., Garkusheva N.M., Hutakova S.N. [i dr.]. Modelirovanie produktivnosti pshenicy po klimaticheskim resursam suhoj stepi Burjatii na osnove dlitel'nogo polevogo opyta // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2014. – № 6. – S. 1619–1626.
2. Vedrov N.G. Vlijanie jekologicheskikh uslovij na formirovanie urozhaja i ego kachestvo // Jarovaja pshenica v Vostochnoj Sibiri. – Krasnojarsk, 1998. – S. 170–199.
3. Vedrov N.G., Halipskij A.N. Izmenenie jelementov struktury urozhaja i hozjajstvenno-biologicheskikh pokazatelej v rezul'tate sortosmeny jarovoj pshenicy v Krasnojarskom krae // Vestnik KrasGAU. – 2012. – № 4. – S. 89–93.
4. Dabaeva M.D., Cybenov B.B., Biltuev A.S. Vlijanie klimaticheskikh faktorov na produktivnost' jarovoj pshenicy v uslovijah suhoj stepi Burjatii // Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki. – 2010. – № 11. – S. 17–24.
5. Lepehov S.B. Nekotorye principy selekcii jarovoj mjagkoj pshenicy na zasuhoustojchivost' i urozhajnost' v Altajskom krae / Altajskij NIISH. – Barnaul, 2015. – 149 s.
6. Cybenov B.B. Vlijanie agrotehnicheskikh priemov na urozhajnost' i kachestvo zerna jarovoj pshenicy v suhoj stepi Zapadnogo Zabajkal'ja: dis. ... kand. s.-h. nauk. – Ulan-Udje, 2012. – 191 s.