

# Возможности создания сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) с широкой изменчивостью параметров вегетационного периода

П.Н. Мальчиков, М.Г. Мясникова

Федеральное государственное научное учреждение «Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова», пос. Безенчук, Самарская область, Россия

Дифференциация по продолжительности вегетационного периода является неотъемлемым и во многом определяющим фактором целенаправленного формирования системы сортов в регионе. Это связано с тем, что нельзя создать универсальный сорт, который с одинаковой эффективностью использует ресурсы среды и однотипно реагирует на осадки в разные периоды вегетации, фоны температур и динамику суховея. Исследование направлено на поиск путей расширения варьирования параметров вегетационного периода твердой пшеницы в Среднем Поволжье. Были реализованы эксперименты по изучению эффектов генов *Vrn* (1,2) на структуру и продолжительность вегетационного периода, определены в зависимости от скороспелости генотипа основные показатели интегральных продукционных процессов в системе главных компонент Хармана, исследованы элементы формирования урожайности и параметры вегетационного периода в зависимости от уровня адаптивности сортов. В результате проведенных исследований установлено: 1) разнообразие твердой пшеницы по скороспелости в условиях Среднего Поволжья определяется значительным превалированием генетических систем, отличных от системы *Vrn* генов; 2) среднеспелые и среднепоздние генотипы имеют более высокий потенциал продуктивности, чем скороспелые, что в условиях Среднего Поволжья определяется формированием мощной листовой поверхности и фотосинтетического потенциала; 3) на продолжительность периода «всходы – колошение» значительное влияние оказывает взаимодействие «сорт – температура среды» с эффектом противоположной реакции сортов различного эколого-географического происхождения, что необходимо учитывать в селекционных программах; 4) наиболее сильная зависимость формирования элементов продуктивности от продолжительности вегетационного периода наблюдалась в группах неадаптированных генотипов; 5) расширение границ варьирования вегетационного периода твердой пшеницы в Среднем Поволжье возможно преимущественно за счет позднеспелых компонентов сортовых систем.

Ключевые слова: твердая пшеница; сорт; генетическая система; продуктивность фотосинтеза; вегетационный период; всходы – колошение; гипотетический фактор.

## Approaches to the development of durum wheat cultivars (*Triticum durum* Desf.) with wide variability of the growing season

P.N. Malchikov, M.G. Myasnikova

N.M. Tulaikov Samara Research Institute of Agriculture, Bezenchuk settlement, Samara region, Russia

Differentiation in the duration of growing period is an inherent and, in many respects, decisive factor of task-oriented formation of the cultivar pool in the region. The cause is that one cannot develop a universal cultivar that would be equally effective in utilization of environmental resources and equally responsive to precipitation at different stages of plant growth, to temperature backgrounds, and to the hot wind pattern. That is why the aim of the research is to find ways to extend the range of parameters of the durum wheat growth season in the Middle Volga region. Experiment were conducted to study effects of *Vrn* genes (1, 2) on the structure and duration of the growth season. Chief parameters of integral production processes were determined with regard to earliness of ripening. The formation of yield components and parameters of the growth season were tested in the Harman's system of principal components in the context of cultivar adaptivity. The experiments showed that (1) The diversity of durum wheat in the earliness of ripening in the Middle Volga region was determined by predominance of genetic systems other than the system of *Vrn* genes. (2) Mid-ripening and mid-late genotypes had higher productivity potentials compared to early-ripening ones. In the climatic conditions of the Middle Volga region, it was due to the production of a large foliage surface and photosynthetic potential. (3) The duration of the emergence–heading time span was greatly influenced by the cultivar–air temperature interaction. Opposite responses were recorded in varieties of different ecological and geographic origins, and this should be taken into account in breeding programs. (4) The strongest correlation of yield components and duration of the growth season was observed in groups of non-adapted genotypes. (5) The variation limits of the durum wheat growth season in the Middle Volga region can be

extended mainly owing to late-ripening components of cultivar pools.

Key words: durum wheat; cultivar; genetic system; photosynthetic productivity; growth season; emergence – heading; hypothetical factor.

#### КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ?

Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Возможности создания сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) с широкой изменчивостью параметров вегетационного периода. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015;19(2):176-184. DOI 10.18699/VJ15.022

#### HOW TO CITE THIS ARTICLE?

Malchikov P.N., Myasnikova M.G. Approaches to the development of durum wheat cultivars (*Triticum durum* Desf.) with wide variability of the growing season. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2015;19(2): 176-184. DOI 10.18699/VJ15.022

Оптимальная продолжительность вегетации позволяет наилучшим образом использовать ресурсы среды и агротехники зоны возделывания и избежать негативного влияния неблагоприятных факторов среды. Предшествующая селекция эмпирическим путем для каждой агроэкологической зоны вначале стихийно, а затем целенаправленно создала формы растений с определенными параметрами вегетационного периода.

В Среднем Поволжье в начале XX в. возделывались сорта, которые в основном относились к раннеспелым и среднеранним сортам, позднеспелых сортов здесь не выращивали (Фляксбергер, 1935). Первые селекционные сорта, получившие широкое распространение, были раннеспелыми или среднеранними. Начиная с 1960-х годов преобладающим становится среднеспелый биотип. Диапазон продолжительности вегетационного периода в рамках экологической группы современных сортов, относящихся к среднеспелому биотипу, невелик: Безенчукская степная, Безенчукская 205, Безенчукская 207 и Памяти Чеховича – самые ранкоколосящиеся сорта, опережают наиболее поздний сорт Безенчукский янтарь по колошению на 5–6 дней, разница по срокам созревания еще меньше, 2–4 дня. Эти пределы вегетационного периода для условий Среднего Поволжья принято считать оптимальными (Мальчиков, 2009). Для лучшей организации производственного цикла, увеличения доли высококачественного стекловидного зерна и повышения рентабельности требуются конкурентоспособные сорта с большими различиями по вегетационному периоду (Кузьмин, 1967; Романенко и др., 2005). Значимость этого направления селекции объясняется еще и тем, что нельзя создать универсальный сорт, который с одинаковой эффективностью использует ресурсы среды и, прежде всего, запасы продуктивной влаги, как в годы с обилием весенних осадков, так и в годы с летними осадками, различным их сочетанием, фонами температур и суховея. Это связано с тем, что скорость развития растений контролируется генетическими системами, которые совершенно определенно (детерминированно) реагируют с условиями среды таким образом, что ранги сортов при значительном колебании погоды практически не меняются. В то же время известно, что параметры вегетационного периода или генетические системы, его контролирующие, взаимодействуя с условиями среды, существенно влияют на продукционный процесс, формирование урожайности и ее компонентов (Коваль, 2002). В связи с этим задача

исследований заключалась в поиске путей и возможностей расширения границ варьирования вегетационного периода для сортовой популяции твердой пшеницы в Среднем Поволжье. Необходимо было проанализировать роль известных генетических систем, контролирующих продолжительность вегетации, изучить особенности продукционных процессов разных по скороспелости сортов и оценить перспективы их селекционного улучшения на основе имеющегося исходного материала.

#### Материал и методы

В первом из трех поставленных экспериментов при использовании линии BS1E (Vrn 1), BS2E (Vrn 2) и местного среднеспелого сорта стандарта – Безенчукская 182 изучались эффекты генов *Vrn* на структуру и продолжительность вегетационного периода. Фенологические наблюдения, фиксирование органогенетических состояний растений в онтогенезе выполнены в соответствии с классификацией этапов органогенеза (Куперман и др., 1982) и с учетом международной шкалы кодовых обозначений фенофаз роста хлебных злаков (Zadoks et al., 1974). Опыт проведен в 2004, 2005 гг. в ручном посеве на делянках 0,5 м<sup>2</sup> в трех рендомизированных повторениях. Во втором многолетнем (1997 г., 1998 г., 2000 г.) эксперименте, включавшем генотипы поволжской селекции, представлявшие скороспелый, среднеспелый и среднепоздний морфотипы твердой пшеницы, исследовалась зависимость эффективности продукционного процесса (биологический урожай надземной массы за весь вегетационный период – У.биол., урожай зерна – У.хоз., площадь листьев – ПЛ, фотосинтетический потенциал – ФП, чистая продуктивность фотосинтеза – Ф.ч.пр., хозяйственная эффективность – К.хоз.), от продолжительности вегетационного периода. Морфотипы по группам спелости были представлены сортами: 1) среднеранние – к-38, 214с-94 (селекции Краснокутской СОС и НИИСХ Юго-Востока соответственно), 2) среднепоздние – Безенчукский янтарь, Гордеиформе 814, Леукурум 1690, Гордеиформе 1674 (Самарский НИИСХ). Сравнение среднепоздних сортов проводили с Безенчукской 182 – среднеспелым стандартным сортом. В среднеранней группе для сравнения с Безенчукской 182 каждый год брали признаки лучшего по продуктивности генотипа. Третий эксперимент выполнен на базе данных конкурсного и экологического сортоиспытаний. Анализировались данные за 2004–2012 гг.

В этом эксперименте элементы структуры урожая и вегетационного периода изучены в системе главных компонент Хармана (1972). Метод главных компонент предназначен для совместного анализа взаимосвязанных признаков. Он позволяет весь комплекс признаков распределить на группы путем нахождения нескоррелированных признаков. В процессе их анализа выделяются так называемые гипотетические факторы, представляющие собой сложные системы, отличающиеся глубоким внутренним взаимодействием входящих в них признаков и существенной независимостью от других выделенных систем. Системы, в которых два или более признака связаны между собой обратной зависимостью, т. е. компенсируют изменение уровней друг друга, являются автокомпенсаторными или обладающими свойством авторегуляции своей эффективности. Группы тесно связанных между собой признаков могут быть рассмотрены как один. При этом часть избыточных признаков отсеивается, что ведет к оптимизации селекционного процесса. Опыты проводились на делянках с учетной площадью 20,0 м<sup>2</sup> и рендомизированным размещением вариантов в 4–6 блока. Отбор растений во втором и третьем экспериментах, для определения параметров продукционного процесса и элементов структуры урожайности проводился в каждом полевом повторении в трех точках на площадках суммарной площадью 0,81 м<sup>2</sup>. Во втором эксперименте отбор исследуемых растений проводился в течение онтогенеза растений в фазы кущения, трубкования, колошения и созревания. В лабораторных условиях растения каждого снопа разделяли на главные и боковые побеги, подсчитывали их количество, затем в пределах главных и боковых побегов растения разделяли на листья, стебли, колосья. После высушивания в сушильных шкафах до абсолютно сухого состояния определяли биомассу. Площадь листьев вычисляли весовым методом при помощи высечек в средней части зеленой, активно фотосинтезирующей поверхности листа (Ничипорович и др., 1961). Полевые эксперименты и лабораторный анализ растений выполнены на основе рекомендованных методических пособий (Кумаков и др., 1982; Доспехов, 1985).

### Результаты и обсуждение

В настоящее время бесспорным является наличие трех генетических систем, обеспечивающих весь диапазон изменчивости по длительности вегетации: 1) отзывчивость на яровизацию (*Vrn*); 2) отзывчивость на фотопериод (*Ppd*); 3) скороспелость как таковая – *per se* (*Eps*) (Стельмах, 1987; Гончаров, 2012). В геноме мягкой пшеницы обнаружены и локализованы 4 гена, эпистатичных к процессу яровизации (*Vrn 1*, *Vrn 2*, *Vrn 3*, *Vrn 5*), и 3 гена нечувствительности к фотопериоду (*Ppd 1*, *Ppd 2*, *Ppd 3*). Кроме того, предполагается существование генетической системы отзывчивости продолжительности межфазных периодов «всходы–кущение», «всходы–колошение» и элементов продуктивности колоса на интенсивность освещения (Евтушанко, Чекуров, 2000).

В условиях Западной Сибири на изогенных линиях **Black Spring Emmer BS1E** (*Vrn 1*) и **Black Spring BS2E** (*Vrn 2*) установлено влияние этих генов на параметры вегетационного периода в тетраплоидном геноме

(AABB) (Гончаров, 2012). Они были аналогичны их эффектам в геноме мягкой пшеницы (AABBDD). Почти все изученные сорта твердой пшеницы России, Украины и Казахстана имели доминантный ген *Vrn 1*, только Ангара и Безенчукская 139 – 2 гена, один *Vrn 1*, второй, предположительно, *Vrn 2*. Высказано мнение (Гончаров, 2012) о том, что скороспелость твердой пшеницы может быть значительно изменена не только за счет иных генов *Vrn*, но и других генетических систем (гены *Ppd*, *per se*). Результаты изучения изогенных линий BS1E (*Vrn 1*) и BS2E (*Vrn 2*) в Самарском НИИСХ в 2004–2005 гг., представлены в табл. 1. В течение всего вегетационного периода стандартный сорт (Безенчукская 182) значительно опережал по скорости развития наиболее скороспелую линию BS1E (*Vrn 1*). Растения поздней линии BS2E (*Vrn 2*) в условиях 2005 г. на фоне повышенных температур воздуха в начальный период вегетации не преодолели фазы трубкования. Учитывая эпистатичность гена *Vrn 1* к гену *Vrn 2*, можно предположить, что значительное разнообразие твердой пшеницы по скороспелости (скорости развития) в условиях Среднего Поволжья определяется другими генетическими системами, отличными от системы *Vrn* генов. Действие генов *Ppd* в Среднем Поволжье в условиях длинного дня маловероятно. Очевидно, что определяющее влияние здесь вносит генетическая система скороспелости как таковой (*per se*).

Гены *per se*, могут быть связаны с разнообразными физиологическими процессами в растениях (функции роста органов, синтез и распределение гормонов по органам, фонд ассимилятов и минеральных веществ) и взаимодействовать с внешней средой (температура, влажность и др.). Поэтому в селекционных питомниках довольно часто отмечается появление ультраскороспелых и очень поздних линий, стабильно сохраняющих эти особенности при пересеве. Оценить перспективы отбора тех или иных генотипов, обосновать пределы изменчивости признака и неотъемлемые атрибуты соответствующих морфотипов – первые задачи, которые необходимо решить при реализации направлений селекции по продолжительности вегетации. Наиболее информативную в этом плане базу данных для селекционера дают исследования интегральных продукционных процессов адаптированных сортов или селекционных линий, относящихся к разным группам спелости. Такие эксперименты были проведены в конце 1990-х–начале 2000-х гг. (табл. 2).

Первая группа среднепоздних сортов, созданных одновременно с Безенчукской 182, имеет общих с ней предков в родословной. По дате колошения эти сорта на 3–4 дня запаздывают по сравнению с Безенчукской 182. Вторая среднепоздняя группа, созданная в последующий период, колосится на 5–6 дней позднее Безенчукской 182 и не имеет с ней общих предков. Тем не менее общие тенденции для обеих групп сортов довольно отчетливо видны. По урожаю общей биомассы и зерна изучавшиеся сорта не отличались от Безенчукской 182. Различия между этими группами сортов связаны с особенностями накопления биомассы и ее распределения между вегетативной частью и зерном. В первой группе не обнаружено значимых различий с Безенчукской 182 по всем исследуемым признакам, но тенденции увеличения ФП и снижения

**Таблица 1.** Продолжительность вегетации (дни) изогенных по *Vrn* генам линий BS1E и BS2E в сравнении с сортом твердой пшеницы Безенчукская 182. Безенчук, 2004–2005 гг.

Сорт, линия	Всходы – кущение		Кущение – трубкование		Трубкование – колошение		Колошение – созревание	
	2004 г.	2005 г.	2004 г.	2005 г.	2004 г.	2005 г.	2004 г.	2005 г.
Безенчукская 182	12	11	18	17	17	20	40	38
BS1E ( <i>Vrn1</i> )	15	18	25	29	20	28	48	43
BS2E ( <i>Vrn2</i> )	18	22	32	41	24	–	46	–
HCP <sub>0,05</sub>	1,5	1,7	1,4	1,0	1,2	1,0	1,5	1,3

**Таблица 2.** Основные показатели продуктивности и фотосинтетической деятельности сортов яровой твердой пшеницы (в % к Безенчукской 182)

Сорт	Всходы – колошение, дни	У.биол.	У.хоз.	К.хоз.	ФП	Ф.ч.пр.
Среднепоздние сорта, созданные одновременно с Безенчукской 182 и имеющие с ней общих предков, в среднем за 1997, 1998, 2000 гг.						
Безенчукская 182	45,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Безенчукский янтарь	48,5	102,1	100,3	99,9	117,9	89,6
Гордеиформе 814	47,5	95,7	92,0	100,4	106,8	94,2
HCP <sub>0,05</sub>	1,8	Ff < Ft				
Среднепоздние сорта, созданные после Безенчукской 182 и не имеющие с ней общих предков, в среднем за 2000, 2001 гг.						
Безенчукская 182	46,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Гордеиформе 1674	52,0	111,0	101,0	90,9	133,5	83,1
Леукурум 1690	51,0	106,0	97,9	92,4	114,7	92,4
HCP <sub>0,05</sub>	1,5	Ff < Ft	Ff < Ft	7,5	13,2	8,9
Среднеранние сорта к-38 (Краснокутская СОС), 214с-94 (НИИСХ Юго-Востока), в среднем за 1997, 1998, 2000 гг.						
Безенчукская 182	45,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
214с-94, к-38	40,0	81,3	71,2	87,6	73,1	111,2
HCP <sub>0,05</sub>	1,8	10,3	10,1	12,1	13,1	11,1

У.биол. – биологический урожай надземной массы за весь вегетационный период; У.хоз. – урожай зерна; К.хоз. – хозяйственная эффективность; ФП – фотосинтетический потенциал, Ф.ч.пр. – чистая продуктивность фотосинтеза.

значений Ф.ч.пр. с ростом продолжительности вегетации отчетливо определились. Сорта второй группы достоверно превосходили Безенчукскую 182 по ФП, но уступали ей по Ф.ч.пр. и К.хоз. Значение имеет то обстоятельство, что позднеспелость сортов не повлияла отрицательно на урожай зерна.

Инорайонные сорта среднераннего биотипа (214с-94, к-38) колосились на 5–7 дней раньше Безенчукской 182, налив и созревание зерна у них также проходили в более ранние сроки. По урожайности К.хоз., ФП они значительно уступали, а по Ф.ч.пр. превосходили стандарт. Поскольку эти соотношения были стабильными по годам, можно предположить, что скороспелым сортам с очень быстрым развитием в начале вегетации и сдержанным ростом ассимиляционной поверхности даже при высоких значениях Ф.ч.пр. не удается эффективно использовать условия среды в Среднем Поволжье при формировании конку-

рентоспособной величины урожая зерна. Это объясняется низкой продуктивностью колоса.

Среднеспелые и среднепоздние генотипы имеют более высокий потенциал продуктивности, что определяется основополагающими компонентами продукционного процесса – формированием мощной листовой поверхности, фотосинтетического потенциала и продуктивного колоса. При благоприятных условиях после колошения они имеют продолжительный период налива зерна и в этих условиях оказываются самыми продуктивными. Тем не менее в геноме сортов обоих типов в процессе их селекции для компенсации несбалансированных (отклоняющихся от оптимума) циклов вегетации необходимо вводить комплекс признаков устойчивости к стрессам (засухе, болезням, полеганию). Реализация этого направления требует проведения целенаправленного поиска соответствующих источников и доноров необходимых генов.

Широкое разнообразие по вегетационному периоду было обнаружено при изучении питомника «КАСИБ» (казахстанско-сибирская программа улучшения пшеницы под эгидой СИММУТ) и коллекции современных сортов. Диапазон изменчивости признака «всходы–колошение» по двулетним результатам составил от 40 (Краснокутка 13) до 51 дня (Омский изумруд). Весь набор изученных генотипов можно разделить на три группы: среднеранние (колошение после всходов через 40–42 дня), среднеспелые (43–46 дней), среднепоздние (47–51 день). В качестве исходного материала наиболее перспективными из среднеранней группы являются Д2098, Д2099 (НИИСХ Юго-Востока) и 1671 Каргала (Актюбинская СХОС), из среднепоздних – Горд 673, Горд 573 (Алтайский НИИСХ), 113/01-горд. (Карабалыкская СХОС), Дурум 49 (Казахский НПЦ ЗХ) и Горд.00-96-8 (Омский НИИСХ). Среди среднеранних сортов наибольший интерес представляет линия НИИСХ Юго-Востока Д2098. Ее скороспелость определяется коротким периодом «трубкование–колошение», что не оказывает заметного влияния на продуктивность колоса, по урожаю зерна она не уступает среднеспелому сорту Безенчукская 182. При включении в селекционные программы самого скороспелого сорта Краснокутка 13 необходимо учитывать ярко выраженную его особенность – быстрое развитие в период «всходы–трубкование», что в отдельные годы негативно отражается на продукционном процессе. Очевидно, что генотипы, имеющие период «всходы–колошение» короче 40 дней, быстро развиваются на всех этапах этого периода и в Среднем Поволжье не будут иметь распространения. В группу среднепоздних перспективных для селекции включены сорта, колосящиеся на 2–5 дней позднее Безенчукской Нивы и достаточно стабильные по этому признаку – разница по дате колошения по годам у них не превышает двух дней.

Условия среды в 2011–2012 гг. кроме отчетливого влияния на распределение сортов по продолжительности периода «всходы–колошение» способствовали проявлению генотипически обусловленной разнонаправленной реакции сортов на длительность периода при переходе от 2011 г. к 2012 г. Одни сорта значительно ускорили развитие, другие столь же значительно замедлили его; максимальная разница между такими вариантами – сортами Краснокутка 13 и Омский изумруд – по продолжительности периода «всходы–колошение» увеличилась в 2012 г. в сравнении с 2011 г. с 8 до 15 дней, т. е. практически в 2 раза. При этом переход от генотипов, ускоривших развитие в 2012 г. на 4,0 дня, к генотипам, замедлившим развитие на 4,0 дня, проходил плавно – с шагом в 0,5–1,0 день (табл. 3). Эффект противоположной реакции сортов на условия среды, видимо, обусловлен специфическими генотип-средовыми взаимодействиями. У некоторых сортов этот эффект был слабым или совсем отсутствовал. Значительная дифференциация вектора скорости развития генотипов может быть следствием температурных условий вегетации, степени доступности минеральных элементов питания (Климашевский, 1991) и особенностями ростовых процессов растений от всходов до трубкования (Мальчиков, 2009). Основной особенностью условий 2012 г., отличающей их от среднесредних показателей, является

значительное превышение среднесуточных температур в течение всего периода вегетации твердой пшеницы. Наиболее существенные отклонения наблюдались в период «всходы–трубкование». В связи с этим можно предположить наличие в системе «*per se*» у сортов с разной реакцией специфических «температурных генов», экспрессия которых значимо влияет на скорость развития растений. В группы сортов с нейтральной реакцией и ускорением сроков колошения на 2–4 дня вошли сорта из Поволжья (Краснокутская СОС, НИИСХ Юго-Востока, Самарский НИИСХ) и Актюбинской СХОС. В этих регионах ритм погоды не имеет определенных закономерностей в период вегетации яровых зерновых культур. Жара, суховеи могут чередоваться с обильными осадками и значительным снижением температуры, но в большинстве случаев летний период в той или иной степени засушливый (Корчагин, Горянин, 2005). Поэтому здесь сформировались сортовые биотипы с быстрым накоплением биомассы и ускоренным развитием до колошения.

В группу сортов, увеличивших на 2–4 дня продолжительность периода до колошения в 2012 г. в сравнении с 2011 г. вошли сорта Омского НИИСХ, Алтайского НИИСХ, Казахского НПЦ ЗХ (Шортанды), Карабалыкской СХОС. В этих регионах ритм погоды имеет определенную закономерность: засушливая весна с высокой частотой совпадает с обилием осадков в начале июля. В связи с этим здесь представителями одного из основных биотипов пшеницы являются сорта, задерживающие развитие в период «кущение–трубкование» (Евдокимов, 2006). Большинство сортов Самарской селекции, за исключением Безенчукской золотистой, имеют нейтральную реакцию и, видимо, «сбалансированы» по направленности ростовых процессов. Тем не менее вполне реально предположение о том, что в сортовой популяции твердой пшеницы в Среднем Поволжье и на Урале сорта сибирского типа могут занимать определенную нишу, особенно в восточных и северо-восточных районах Оренбургской и Челябинской областей, их распространение возможно в северных районах Самарской области, Пензенской и Ульяновской областях. Наряду с подбором и изучением исходного материала по вегетационному периоду, не менее важными моментами для успешной реализации селекционного проекта являются обоснование и эффективная реализация процедур отбора с учетом продуктивности селекционного материала.

При этом необходимо ориентироваться на элементы продуктивности, которые в большинстве ситуаций в Среднем Поволжье являются ведущими в системе причинно-следственных связей всего комплекса с урожаем зерна. Такими признаками являются элементы продуктивности колоса (число колосков в колосе, число зерен в колосе и колоске, масса 1000 зерен), морфофизиологические признаки (К.хоз. растения, К.хоз. колоса, длина соломины), признаки, характеризующие ценотические особенности сортов (число растений на единице площади перед уборкой, продуктивное кушение) (Мальчиков, Мясникова, 2012). Взаимосвязь этих групп признаков с периодом «всходы–колошение» на сортах различного происхождения (конкурсное испытание Самарского НИИСХ, экологический питомник, включавший сорта программы

**Таблица 3.** Продолжительность периода «всходы – колошение» (дни) сортов межстанционного сортоиспытания в зависимости от условий года. Безенчук, 2011, 2012 гг.

Сорт	Оригинатор	2011 г.	2012 г.	Отклонение 2012 г. от 2011 г., (+, -)	В среднем за 2011, 2012 гг.
Краснокутка 13	Краснокутская СОС	42,0	38,0	-4,0	40,0
1671 Каргала	Актюбинская СХОС	44,0	40,0	-4,0	42,0
653д-44	Самарский НИИСХ	44,0	41,0	-3,0	42,5
Д2099	НИИСХ Юго-Востока	43,0	40,0	-3,0	41,5
Безенчукская 205	Самарский НИИСХ	44,0	42,0	-2,0	43,0
Д2098	НИИСХ Юго-Востока	42,0	40,0	-2,0	41,0
Луч 25	НИИСХ Юго-Востока	44,0	42,0	-2,0	43,0
48с-08	НИИСХ Юго-Востока	45,5	43,0	-1,5	44,8
Дурум 2	Казахский НПЦ ЗХ	45,0	43,5	-1,5	44,3
1538 Каргала	Актюбинская СХОС	46,0	45,0	-1,0	45,5
1539Каргала	Актюбинская СХОС	46,0	45,0	-1,0	45,5
Линия 18485-2	Казахский НПЦ ЗиР	44,0	43,0	-1,0	43,5
Безенчукская 182	Самарский НИИСХ	45,0	44,0	-1,0	44,5
Безенчукская степная	Самарский НИИСХ	44,0	43,0	-1,0	43,5
101с-08	НИИСХ Юго-Востока	45,0	44,0	-1,0	44,5
Безенчукская 210	Самарский НИИСХ	46,0	45,5	-0,5	45,8
Безенчукская Нива	Самарский НИИСХ	45,0	45,0	0,0	45,0
Линия 17404	Казахский НПЦ ЗиР	49,0	49,0	0,0	49,0
86с-08	НИИСХ Юго-Востока	45,0	45,0	0,0	45,0
98с-08	НИИСХ Юго-Востока	45,5	46,0	+0,5	45,8
Гордеиформе 673	Алтайский НИИСХ	47,0	48,0	+1,0	47,5
113/01-горд	Карабалыкская СХОС	48,0	49,0	+1,0	48,5
Горд 573	Алтайский НИИСХ	47,0	48,0	+1,0	47,5
Дурум -49	Казахский НПЦ ЗХ	47,0	49,0	+2,0	48,0
Горд.00-96-8	Омский НИИСХ	49,0	51,0	+2,0	50,0
Корона	Казахский НПЦ ЗХ	45,0	48,0	+3,0	46,5
Омский Изумруд	Омский НИИСХ	50,0	53,0	+3,0	51,5
265/01-1 горд.	Карабалыкская СХОС	48,0	51,0	+3,0	49,5
Горд.98-42-5	Омский НИИСХ	45,0	48,5	+3,5	46,8
Горд.616	Алтайский НИИСХ	49,0	53,0	+4,0	51,0
Горд.677	Алтайский НИИСХ	47,0	51,0	+4,0	49,0
НСР <sub>0,05</sub>		1,2	1,4	-	3,3

«КАСИБ», набор современных итальянских сортов) изучена с применением статистического метода многомерного анализа (Харман, 1972). Выделены гипотетические системы, сформированные совокупностью признаков, связанных с периодом «всходы – колошение» (табл. 4). При изучении сортов конкурсного сортоиспытания наиболее часто, по 3 случая из 8, в одну систему признаков с периодом «всходы – колошение» входили «число колосков в колосе», «число растений к уборке» и «масса 1000 зерен». Средняя частота, по 2 случая из 8, наблюдалась для «числа зерен в колоске» и «К.хоз. колоса», слабая –

по 1 случаю из 8, для «продуктивного кущения», «числа зерен в колосе», «К.хоз. растения» и «длины соломины». Признаков, стабильно входивших в одну систему с периодом «всходы – колошение», не выявлено. Теоретически такая связь возможна у признака «число колосков в колосе», но, видимо, формирование сортовых различий по этому признаку, так же как и для большинства количественных признаков, зависит от эффектов генотип-средовых взаимодействий, которые могут нивелировать влияние длительности периода формирования признака на его величину. Закономерного влияния условий среды

**Таблица 4.** Результаты факторного анализа совокупности признаков, связанных с периодом «всходы – колошение», 2004–2012 гг.

Год, питомник	Гипотетическая система в связи с периодом «всходы – колошение»	Признаки, коррелировавшие с гипотетическим фактором	Фактор. нагрузки	Значим. системы, %	Кол-во систем
2004, КСИ	Морфогенез колоса	КДК ЧКК	0,50 0,72	17,8	3
2005, КСИ	Масса зерновки	КДК Масса 1000 зерен	0,84 –0,89	26,9	3
2007, КСИ	Формирование ценоза	КДК ЧР на 1 м <sup>2</sup> ПК	–0,79 –0,82 0,53	17,9	3
2008, КСИ	Морфогенез, озерненность колоса и распределение его биомассы между зерном и мякиной	КДК ЧЗК ЧКК ЧЗКК К.хоз. колоса	–0,72 –0,90 –0,87 –0,78 –0,66	34,5	3
2009, КСИ	Распределение биомассы между зерном и вегетативной сферой, сохранность растений к уборке	КДК К.хоз. растения К.хоз. колоса ЧЗКК ЧР на 1 м <sup>2</sup>	0,75 –0,95 –0,92 –0,78 –0,54	41,7	3
2010, КСИ	Морфогенез колоса	КДК ЧКК	0,95 0,87	20,4	3
2011, КСИ	Сохранность растений к сроку уборки и масса зерновки	КДК Масса 1000 зерен ЧР на 1 м <sup>2</sup>	0,58 –0,83 –0,50	22,1	3
2012, КСИ	Масса зерновки и высота растений	КДК Масса 1000 зерен Длина соломины	–0,65 –0,88 –0,71	20,7	3
2011, КАСИБ	Масса зерновки	КДК Масса 1000 зерен	–0,77 –0,69	26,3	3
2012, КАСИБ	Морфогенез колоса, высота растений, формирование продуктивных боковых побегов	КДК Длина соломины ЧКК ПК	–0,72 –0,85 –0,81 –0,58	26,4	3
2012, сорта Италии	Озерненность колоса и колоска	КДК ЧЗК ЧЗКК	–0,68 –0,89 –0,71	18,0	3

КСИ – конкурсное испытание сортов Самарского НИИСХ; КАСИБ – сорта казахстанско-сибирской программы селекции пшеницы; КДК – количество дней от всходов до колошения; ЧКК – число колосков в колосе; ЧР на 1 м<sup>2</sup> – число растений на 1 м<sup>2</sup>; ПК – коэффициент продуктивного кущения; ЧЗК – число зерен в колосе; ЧЗКК – число зерен в колоске; К.хоз. – выход зерна из биомассы растения, колоса.

на формирование гипотетических факторов, связанных с периодом «всходы – колошение» также не обнаружено. Например, признак «число растений на 1 м<sup>2</sup>» или «выживаемость растений к уборке», связан с исследуемым признаком в годы с сильной летней засухой (2004 г.), весенне-летней засухой на фоне умеренных температур воздуха (2009 г.) и в год с очень благоприятным фоном температуры и осадков до начала налива (2011 г.). Эти результаты объясняются высоким уровнем общей адаптивности исследуемого набора генотипов конкурсного испытания и оптимальным уровнем изменчивости исследуемого признака, что позволяет формировать в зависимости от условий разнообразие системы с различным составом признаков структуры урожая. Отметим слабую взаимосвязь периода «всходы – колошение» с «К.хоз. растения» и среднюю – с «К.хоз. колоса», что необходимо

учитывать при отборе родительских компонентов для гибридизации.

Сравнение состава признаков в системах, полученных в блоках конкурсного сортоиспытания и «КАСИБ» за аналогичные годы, показывает практическое их совпадение в относительно благоприятном 2011 г., когда период «всходы – колошение» был тесно связан с массой 1000 зерен в обоих экспериментах, и значительное расхождение в 2012 г. Это объясняется наличием очень больших различий в этих опытах между крайними значениями периода «всходы – колошение» – в блоке «КАСИБ» они в 3 раза больше, чем в конкурсном испытании. В блоке «КАСИБ» формирование различий по числу колосков в колосе, продуктивному кущению, длине соломины и их распределению по факторным группам значительно сильнее определялось продолжительностью

**Таблица 5.** Характеристика селекционного материала с широкой изменчивостью периода «всходы–колошение», конкурсное испытание, 2012–2014гг.

Сорт	КДК	Урожай, т/га	Устойчивость к:				лиственным пятнистостям, тип устойчивости по шкале R, MR, MS, S	засухе, 1–9 баллов	полеганию, 1–9 баллов	Высота растений
			<i>Puccinia recondita</i> , тип/%	<i>Blumeria graminis</i> , тип/%						
Б182	44,4	1,66	2/3	4/7	MS	6,0	7,7	BP		
БС	43,0	1,72	2/5	4/10	MR	7,0	7,8	BP		
Б205	41,6	1,68	2/3	0/0	MR	7,0	9,0	CP		
1368д-18	41,5	1,82	2/3	0/0	R	7,5	9,0	CP		
1389да-1	49,8	1,95	0/0	0/0	R	7,0	9,0	BP		
1477д-4	50,5	2,04	0/0	0/0	R	7,0	9,0	CP		
1594д-3	46,7	2,06	2/3	4/5	R	7,5	8,9	BP		
НСР <sub>0,05</sub>	1,3	0,21	–	–	–	–	1,0	–		

КДК – количество дней до колошения; Б – Безенчукская; С – степная; 1368д-18 ... 1594д-3 – нумерация селекционных линий; BP – высокорослый; CP – среднерослый; R – resistance; S – sensitive; M – mean; Б182, БС и Б205 – сорта-стандарты, включенные в Реестр селекционных достижений РФ.

периода «всходы–колошение». Ведущую роль периода «всходы–колошение» в процессах формирования боковых побегов и числа колосков в колосе необходимо учитывать при работе с селекционным материалом, полученным на основе изученных сортов в годы с аналогичной реакцией на условия среды, контролируемого при отборе признака. В блоке изучения итальянских сортов озерненность колоса и колоска образовали одну систему с периодом «всходы–колошение», что объясняется хронологическим совпадением благоприятных условий среды (температура, влажность воздуха и почвы) и периода «цветение–формирование зерна» поздних сортов. Очевидно, что при работе с неадаптированным исходным материалом отбор по озерненности колоса необходимо сопоставлять с динамикой погодных условий и параметрами вегетационного периода.

Таким образом, период «всходы–колошение» в зависимости от условий среды, генотипического состава популяции может оказывать разнообразное влияние на формирование основных элементов структуры урожайности. Это позволяет вести комбинационную селекцию в достаточно широком диапазоне изменчивости. Тем не менее при селекции скороспелых сортов необходимо учитывать неизбежные потери потенциала продуктивности при формировании колоса и реализации его возможностей в период налива зерна. Безусловно, среднеспелые сорта имеют оптимальную структуру периода «всходы–колошение», наилучшим образом соответствующую ритму погодных условий Среднего Поволжья. Создавая сорта, значительно отклоняющиеся от параметров среднеспелого биотипа, селекционер сознательно ослабляет уровень стабильности их урожаев в обмен на усиление специфической адаптивной способности, необходимой для формирования эффективной системы сортов в регионе.

Селекция среднепоздних сортов, колосающихся на 5–6 дней позднее Безенчукской 182 должна вестись с учетом особенностей их фотосинтетической деятельности. Необходимо, прежде всего, акцентировать внимание на

показателях К.хоз. и Ф.ч.пр. Перспективны изменения комплекса признаков, включающих «редукцию высоты растений», «повышение К.хоз.», «усиление корневой системы», «повышение жаростойкости в период налива зерна», «устойчивости к листовым болезням и полеганию». Подтверждением адекватности некоторых из них являются реализованные в процессе селекции в период 2001–2012 гг. сорта: Безенчукская 209 (несет *RhtB1* – ген, снижающий высоту растений на 40,0%), включенный в реестр РФ по Средневолжскому региону; Безенчукская 210 и Безенчукская золотистая (несут *RhtAhn* – ген, снижающий высоту растений на 15,0%), признанные перспективными в Нижневолжском, Средневолжском и Уральском регионах РФ. Эти сорта предназначены для зон с неустойчивым увлажнением и в целом засушливым климатом. Безенчукская 209 и Безенчукская 210 относятся к среднепозднему морфотипу, Безенчукская золотистая – ближе к среднераннему морфотипу. Селекция на увеличение различий по продолжительности вегетации в сортовой популяции твердой пшеницы в Среднем Поволжье, проведенная в последние 12 лет, была вполне успешной (табл. 5).

Новый селекционный материал имеет значительную дифференциацию по продолжительности вегетации. Разница между крайними вариантами по дате колошения в среднем за 3 года составила 9 дней. В целом новые селекционные линии продуктивнее, более устойчивы к листовым болезням (особенно пятнистостям), полеганию, чем среднеранний (Б205) и среднеспелые (Б182, БС) стандарты, ряд линий имеют среднерослый стебель. Эти особенности позволяют генотипам, выходящим за пределы оптимальных для Среднего Поволжья значений вегетационного периода, в отдельные годы с высокой эффективностью использовать ресурсы среды. Созданный исходный материал является основой формируемой системы сортов твердой пшеницы в Среднем Поволжье с высоким уровнем дифференциации длительности вегетационного периода с эффектом повышения уровня и стабильности урожайности твердой пшеницы в регионе.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Список литературы

- Гончаров Н.П. Сравнительная генетика пшениц и их сородичей. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2012.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985.
- Евдокимов М.Г. Селекция яровой твердой пшеницы в условиях юга Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. Омск, 2006.
- Евтушенко Е.В., Чекуров В.М. Генетическое разнообразие по реакции на интенсивность света у сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Генетика. 2000;36(5):666-672.
- Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. М.: Агропромиздат, 1991.
- Коваль С.Ф. Генетические факторы, влияющие на архитектуру посева и продуктивность мягкой яровой пшеницы. Аграрная Россия. 2002;(1):18-25.
- Корчагин В.А., Горянин О.И. Основные тенденции изменения агрометеорологических показателей погодных условий в Среднем Заволжье за последние 100 лет (1904–2004 годы. Самара, 2005.
- Кузьмин В.П. Селекция зерновых культур в Казахстане. Селекция и семеноводство. 1967;(4):12-16.
- Кумаков В.А., Игошин А.П., Синяк В.М., Чернов В.К., Андреева А.Ф. Методические указания по определению некоторых физиологических показателей растений пшеницы при сортоизучении. М., 1982.
- Куперман Ф.М., Меремкулова Р.Н., Муратов В.В., Быкова М.С. Особенности морфогенеза и формирование потенциальной и реальной продуктивности пшеницы. Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур. М.: Колос, 1975 :45-53.
- Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Относительное развитие признаков продуктивности твердой пшеницы в процессе селекции. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012;16(4):987-997.
- Мальчиков П.Н.. Селекция яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: Дис. .... д-ра с.-х. наук. Безенчук, 2009.
- Ничипорович А.А., Строгонова Л.Е., Чмора С.Н., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учетов в связи с формированием урожая). М.: Изд-во АН СССР, 1961.
- Романенко А.А., Беспалова Л.А., Кудряшов И.Н., Аблова И.Б. Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой пшеницы. Краснодар, 2005.
- Стельмах А.Ф. Генетические эффекты локусов Vrn 1-3 и специфическое действие доминантного Vrn 3 аллеля у мягкой пшеницы. Цитология и генетика. 1987;24(4):278-286.
- Фляксбергер К.А. Пшеницы. М.; Л., 1935.
- Харман Г. Современный факторный анализ. М.: Статистика, 1972.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 1974;14(6):415-421.