

Литература

1. Практикум по фотосинтезу и дыханию растений. – СПб., 1997. – 162 с.
2. Практикум по физиологии растений / общ. ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Колос, 2003. – С. 86–99.
3. Викторов Д.П. Малый практикум по физиологии растений. – М.: Высшая школа, 1983. – С. 44–50.
4. Шульгин И.А. Морфологические приспособления растений к свету (оптические свойства листьев) // Биология развития растений. – М.: Изд-во МГУ, 1963. – 73 с.
5. Строганова Л.Е. О фотосинтезе кукурузы в полевых условиях // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Академия наук СССР, 1963. – 158 с.
6. Казакова Н.И. Органогенез и продукционный процесс ультрараннего и раннеспелого гибридов в связи со сроками посева в северной лесостепи Зауралья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Пермь, 2012. – 18 с.
7. Дудко З.Г. Фотосинтез кукурузы в условиях БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Горки, 1965. – 21 с.



УДК 633.11:631.527

А.В. Сидоров, Д.Ф. Федосенко

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ЧИСЛА И СТЕПЕНИ РАЗВИТИЯ ЗАРОДЫШЕВЫХ КОРНЕЙ

В результате проведенных исследований выявлены значительные генетические различия у яровой пшеницы по числу зародышевых корней. Изучена возможность увеличения числа зародышевых корней методами селекции. Дана характеристика новых сортов и перспективного селекционного материала.

Ключевые слова: селекция, яровая пшеница, сорт, зародышевые корни.

A.V. Sidorov, D.F. Fedosenko

THE RESULTS OF THE SPRING WHEAT SELECTION ON THE INCREASE OF THE EMBRYONIC ROOT QUANTITY AND DEVELOPMENT LEVEL

As a result of the conducted research the significant genetic differences of the spring wheat in the embryonic root quantity are revealed. The possibility of the embryonic root quantity increase by the selection methods is investigated. The description of the new varieties and the perspective selection material is presented.

Key words: selection, spring wheat, variety, embryonic roots.

Введение. Значительную роль в получении высокого урожая яровой пшеницы играет как первичная, так и вторичная корневая система. Однако в сухие годы, когда узловые корни отсутствуют, или развиты слабо, урожай в основном формируется за счет зародышевых корней [1, 2, 3]. Кроме того, первичные корни остаются деятельными до полной спелости зерна, в то время как вторичные начинают отмирать на более ранних этапах [4].

В.К. Мовчан [5], изучая корневую систему яровой пшеницы в условиях Северного Казахстана, установил, что в остро засушливые годы за счет зародышевых корней формируется до 83 % уро-

жая и до 17 % за счет колеоптильных. В.В. Новохатин, И.С. Кылышбаев [6] отмечают, что в условиях сухостепного климата первичная корневая система в зависимости от типа спелости определяет 53–78 % урожая.

В случае наступления засухи в более поздний период, когда узловые корни достигли определенных размеров, зародышевые корни продолжают играть значительную роль. При достаточной продолжительности засушливого периода верхние слои почвы, в которых находится основная масса узловых корней, быстро пересыхают и снабжение растения влагой ведется в основном за счет зародышевых корней, которые проникают в почву на глубину до 1,5 м.

Значительные различия по числу зародышевых корней и довольно высокая наследуемость этого признака позволяют надеяться на возможность увеличения числа зародышевых корней селекционным путем. На наличие такой возможности указывали многие ученые, изучающие корневую систему. Они рекомендовали отбор на засухоустойчивость и продуктивность по числу зародышевых корней.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований использовали 150 образцов коллекции яровой пшеницы и собственный селекционный материал. Оценку по числу зародышевых корней проводили путем проращивания семян (фракция–сход с решета 2,2х20 мм) на фильтровальной бумаге при температуре 18–20°C. Зародышевые корни подсчитывали в фазе разрыва колеоптиле на 5–7 день после закладки образцов по 50 растений в 4-кратной повторности по каждому сорту.

При селекции на увеличение числа и степени развития зародышевых корней применялась следующая схема отбора. Из третьего поколения гибридных популяций отбирали растения, обладающие необходимым комплексом признаков. В зимний период семена их, являющиеся практически селекционными линиями, проращивали и выделяли линии, у которых обнаруживали проростки с шестью корешками. Кроме числа зародышевых корней, обращали внимание на их длину и скорость появления второй пары зародышевых корней. Проростки с пятью и шестью корешками высаживали по каждой линии отдельно и выращивали на установке УВР. Таким образом, одновременно выделяли линии, обладающие повышенным числом зародышевых корней, и проводили корректирующий отбор по этому признаку внутри линии. В дальнейшем отобранные линии размножали в поле и оценивали по числу зародышевых корней.

Оценку селекционного материала в конкурсном сортоиспытании проводили в соответствии с методикой ГСИ. Посев проводили в оптимальные сроки на опытных полях Красноярского НИИСХ с нормой высева 5 млн/га. Площадь деланки 30 м² в 4-кратной повторности.

Результаты исследований и их обсуждение. В лаборатории селекции пшеницы Красноярского НИИСХ работы по изучению зародышевых корней были начаты в 1981 г. В 1982 г. была проведена оценка коллекции по числу зародышевых корней. Всего было изучено 150 образцов отечественной и зарубежной селекции. Лабораторные исследования показали, что сорта значительно различаются как по среднему числу зародышевых корней на один проросток, так и по соотношению количества проростков с различным числом зародышевых корней. Среднее число зародышевых корней на один проросток колебалось по сортам от 3,72 до 4,91.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшим числом зародышевых корней отличались сорта селекционных учреждений Сибири, Поволжья, Северного Казахстана, то есть регионов, наиболее часто подверженных засухе. Сорта, созданные в условиях более влажного климата, а также короткостебельные сорта, созданные для возделывания в условиях орошения, заметно уступали по числу зародышевых корней. В целом подтвердилось мнение ряда исследователей об отрицательной зависимости между количеством зародышевых корней и длиной вегетационного периода. Однако и среди среднепоздних сортов встречались отдельные образцы с достаточно высоким числом зародышевых корней, что говорит о возможности улучшения позднеспелых сортов по этому признаку.

Изучение ряда образцов в течение пяти лет (1981–1985 гг.) показало, что количество зародышевых корней в основном связано с наследственными особенностями сорта и лишь в незначи-

тельной степени с условиями формирования зародыша. Варьирование количества зародышевых корней было невелико ($V=1,0-2,9\%$) и в количественном отношении не превышало 0,12–0,29 корня. Количество зародышевых корней повышалось в годы, когда формирование зародыша происходило в условиях повышенных температур и умеренной влажности почвы. В прохладные годы с обильными осадками количество зародышевых корней понижалось.

Особое внимание привлекали сорта, имеющие проростки с шестью зародышевыми корнями (Тулунская 10, Таежная, Маяк, Нива). Однако процент их был невелик и составлял от 2 до 4 %. Только у образца Д-4 из Казахстана число проростков с шестью зародышевыми корешками составило 11 %. В целом ни у одного сорта среднее число зародышевых корней на один проросток не превышало пяти. Была поставлена задача изучить возможность увеличения числа зародышевых корней как внутрисортным отбором, так и методом гибридизации с последующим целенаправленным отбором из гибридных популяций.

При проведении внутрисортного отбора были взяты сорта яровой пшеницы Тулунская 10, Таежная, Маяк, у которых были обнаружены проростки с шестью зародышевыми корешками и селекционный номер 3-7489, у которых максимальное число зародышевых корней не превышало пяти. У всех образцов проводился двукратный массовый отбор на максимальное количество зародышевых корней. Под воздействием двукратного внутрисортного отбора число зародышевых корней возросло на 3–6 % (табл. 1). После двух лет репродуцирования различий между отборами и исходными сортами Маяк и Таежная обнаружено не было. По сорту Тулунская 10 и селекционному образцу 3-7489 эффективность отбора подтвердилась. Очевидно, что внутрисортный отбор по числу зародышевых корней эффективен только у тех сортов, элитное растение которых в момент отбора было гетерозиготным по этому признаку. Значительного увеличения числа зародышевых корней при внутрисортных отборах добиться не удалось.

Таблица 1

Эффективность внутрисортного отбора по числу зародышевых корней, корешков/1 проросток

Сорт	1984 г.			1986 г.		
	Исходный материал	Двукратный отбор	$\pm$	Исходный материал	Двукратный отбор	$\pm$
Тулунская 10	4,94	5,08	2,8	4,98	5,14	3,2
Маяк	4,87	5,02	3,1	4,93	4,96	0,6
Таежная	4,86	5,01	3,1	4,92	4,92	0,0
3-7489	4,53	4,80	6,0	4,60	4,87	5,9

Работа по созданию гибридных популяций для селекции на увеличение числа зародышевых корней была начата в 1981 г. В качестве материнских форм для гибридизации были использованы сорта селекции Красноярского НИИСХ. Они отличались высокой продуктивностью, скороспелостью и рядом других ценных признаков. Имели большое число проростков с пятью зародышевыми корешками, но проростки с шестью корешками у них обнаружены не были. Отцовскими формами служили сорта, имеющие проростки с шестью корешками.

В результате проведенной работы произошел существенный сдвиг как по числу зародышевых корней на один проросток, так и по числу проростков с шестью корешками (табл. 2). У лучших линий число зародышевых корней на один проросток возросло на 8–10 %, а число проростков с шестью корешками в 3–4 раза в сравнении с лучшим родительским компонентом. Кроме того, у отдельных линий отмечено пока незначительное количество проростков с семью зародышевыми корешками, что позволяет надеяться на дальнейшее улучшение яровой пшеницы по этому признаку.

Полевая оценка созданных линий (1984–1987 гг.) показала, что они по вегетационному периоду были близки к стандарту Скала и превосходили его по продуктивности на 11,4–23,1 %, отличались более высокой стабильностью урожая по годам ($V=16,7\text{--}24,5\%$), чем Скала ($V=29,8\%$), однако обладали невысоким качеством зерна и слабой устойчивостью к полеганию.

Таблица 2

Результаты селекции на увеличение числа зародышевых корней (1983–1985 гг.)

Сорт, линия	Количество проростков (%) с числом зародышевых корней					Среднее на один проросток
	3	4	5	6	7	
Красноярская	5	8	87	-	-	4,82±0,04
Д-4	5	19	66	10	-	4,82±0,06
Нива	6	15	81	8	-	4,81±0,05
АС-71-6 (Красноярская х Д-4)	2	9	55	33	-	5,19±0,07
АС-60-26 (Красноярская х Д-4)	2	7	50	41	-	5,31±0,04
АС-54-6 (Красноярская х Нива)	2	4	67	26	1	5,20±0,08
АС-73-26 (Красноярская х Нива)	1	7	60	30	2	5,25±0,03

Основная работа по селекции на увеличение числа зародышевых корней (изучение исходного материала, проведение отборов, оценка селекционного материала) проводилась в лабораторных условиях, поэтому возникла необходимость определить, насколько лабораторная оценка будет соответствовать полевой. В этих целях в 1985–1986 гг. параллельно с лабораторной оценкой мы проводили и полевую оценку. Она заключалась в откопке проростков в период появления всходов и подсчете числа зародышевых корней. Полученные результаты (табл. 3) позволили сделать заключение о том, что число зародышевых корней при лабораторной оценке выше, чем при полевой оценке. Разница между показателями составила от 0,13 до 0,59 корешка на один проросток, но ранжирование сортов по числу зародышевых корней сохранилось.

В дальнейшем образцы с повышенным числом зародышевых корней использовали в качестве исходного материала. В результате длительной селекционной работы были созданы новые сорта яровой пшеницы и перспективный селекционный материал с повышенным числом зародышевых корней (табл. 4).

Таблица 3

Различия по числу зародышевых корней при оценке лабораторным и полевым методом, корешков/1 проросток

Сорт	1985 г.			1986 г.		
	Лабораторный метод	Полевой ме- тод	Разни- ца	Лаборатор- ный метод	Поле- вой ме- тод	Разница
Скала	4,90	4,31	0,59	4,76	4,63	0,13
Саратовская 29	4,84	4,27	0,57	4,70	4,31	0,39
АС-54-6	5,04	4,91	0,13	5,27	5,06	0,21
АС-73-26	5,19	4,95	0,24	5,26	5,06	0,20
АС-71-6	5,22	5,07	0,15	5,30	5,14	0,16
АС-60-26	5,36	5,05	0,31	5,35	5,12	0,23

По числу зародышевых корней они несколько уступают созданному ранее селекционному материалу, но заметно превосходят сорта стандарты Новосибирская 29 и Омская 33 (табл. 2). Однако при их создании удалось совместить повышенное число зародышевых корней с высокой продуктивностью, устойчивостью к болезням и полеганию, качеством зерна. Наиболее полно этим параметрам соответствует сорт Курагинская 2. Подтверждением важности изучаемого показателя для условий Сибири является и то, что сорта стандарты Новосибирская 29 и Омская 33, обладающие достаточно высоким числом зародышевых корней, широко используются в производстве и обладают высоким уровнем адаптивности к региональным природным факторам.

Сорт Курагинская 2 получен индивидуальным отбором из гибридной комбинации от скрещивания селекционного образца КС-817 и сорта Казахстанская 10. Разновидность эритроспермум. Созревает одновременно со стандартом Омская 33. За три года конкурсного сортоиспытания (2010–2012 гг.) средняя урожайность зерна у нового сорта составила 27,7 ц/га (от 24,5 до 29,4 ц/га), что на 3,8 ц/га выше стандарта. Курагинская 2 превосходит стандарт по озерненности колоса (на 2,5 шт.) и массе 1000 зерен (на 4,3 г). Сорт обладает высокой устойчивостью к полеганию.

Таблица 4

Характеристика селекционного материала яровой пшеницы (2013–2014 гг.)

Сорт, линия	Количество проростков (%) с числом зародышевых корней				Среднее на один проросток	Урожайность, ц/га	Вегетацион- ный период, дн.
	3	4	5	6			
Новосибирская 29, ст.	11	14	73	2	4,66	29,6	76
Уяровка	5	8	84	3	4,85	33,9	78
К-418-4	1	1	90	8	5,09	34,7	80
Омская 33, ст.	7	12	76	5	4,79	30,9	87
Курагинская 2	3	1	94	2	4,94	34,2	88
К-459-2	3	5	78	14	5,03	35,5	86
КВ-203	1	3	81	15	5,10	33,5	86
КВ-174	3	5	71	21	5,10	35,8	90
НСР _{0,05}	-	-	-	-	-	...2,6	-

Сорт Курагинская 2 проявил во все годы испытания умеренную устойчивость к бурой ржавчине (тип реакции 2). По этому показателю он превзошел стандарт Омская 33. По устойчивости к пыльной головне сорт уступает стандарту и относится к слабовосприимчивым сортам (поражение до 25 % на искусственном инфекционном фоне).

По технологическим качествам зерна Курагинская 2 близка к стандарту Омская 33, который относится к ценным пшеницам. Сорт превосходит стандарт по массе 1000 зерен, натуре зерна, силе муки. В то же время он несколько уступает стандарту по стекловидности, содержанию белка и клейковины при одинаковом объеме хлеба и хлебопекарной оценке.

При испытании сорта Курагинская 2 на сортоучастках юга Красноярского края по пару (2013–2014 гг.) при урожайности 33,8 ц/га средняя прибавка урожая к стандартному сорту Омская 33 составила 3,2 ц/га. По сортоучасткам она колебалась от 0,2 (Краснотуранский ГСУ) до 8,2 ц/га (Новоселовский ГСУ). Хорошие результаты сорт показал при испытании по культурам сплошного сева. При урожайности 26,3 ц/га прибавка к стандарту составила 2,5 ц/га. Прибавки получены во всех вариантах опытов по обоим предшественникам, что говорит о высокой экологической пластичности сорта.

Высокая экологическая пластичность и засухоустойчивость сорта подтвердилась на сортоучастках Республики Хакасия. Особенно ярко это проявилось в условиях 2014 г. При испытании по пару на Бейском сортоучастке Курагинская 2 сформировала урожай 61,5 ц/га, что на 8,2 ц/га выше стандарта. В условиях жесткой засухи на Боградском сортоучастке при урожайности стандарта 3,0 ц/га урожай Курагинской 2 был выше в 2,6 раза – 7,9 ц/га. Аналогичные результаты получены при испытании по культурам сплошного сева.

Хорошие результаты получены в 2013 г. на сортоучастках Западной Сибири. На всех сортоучастках Алтайского края и Новосибирской области получены положительные результаты по сравнению со стандартами Алтайская 100 и Омская 33. В Омской области Курагинская 2 уступила стандартному сорту Дуэт только на одном сортоучастке. На сортоучастках Иркутской области прибавки к стандарту Бурятская остистая составили от 2,1 до 5,3 ц/га.

С 2015 г. сорт Курагинская 2 внесен в Госреестр по 11 зоне. Он рекомендован для возделывания в южных районах Красноярского края и в Республике Хакасия.

Заключение. Количество зародышевых корней в основном связано с наследственными особенностями сорта и лишь в незначительной степени с условиями формирования зародыша. Более эффективным методом улучшения пшеницы по числу зародышевых корней является метод гибридизации с последующим отбором по этому показателю, чем внутрисортотвор. Эффективность метода подтверждена созданием сорта Курагинская 2, сочетающего высокую потенциальную продуктивность и устойчивость к недостатку влаги.

Литература

1. *Цыганков И.Г.* Степень развития первичной и вторичной корневой системы пшеницы в условиях Актюбинской области // Сб. тр. асп. и мол. ученых. – Л., 1967. – Вып. 8. – С. 22–33.
2. *Хорилов О.С., Лукинов А.Ф.* Роль зародышевых и узловых корней в формировании урожая яровой пшеницы в зависимости от климатических условий // Некоторые вопросы селекции и агротехники новых сортов зерновых культур. – Целиноград, 1981. – С. 25–28.
3. *Ведров Н.Г.* Исходный материал для селекции и основные признаки засухоустойчивого агроэкотипа яровой пшеницы для Восточной Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 1982. – № 3. – С. 19–25.
4. *Новохатин В.В.* Активность корневой системы у яровой мягкой пшеницы // Научное обеспечение АПК Тюменской области. – Новосибирск, 2003. – С. 211–226.
5. *Мовчан В.К.* Изучение особенности корневой системы у яровой пшеницы // Новое в селекции зерновых культур и трав. – Целиноград, 1979. – С. 20–27.
6. *Новохатин В.В., Кылышбаев И.С.* Экологическая изменчивость массы корневой системы яровой пшеницы в горизонте 0–40 см // Теоретические и прикладные основы ресурсосбережения в сельском хозяйстве. – Тюмень, 1999. – С. 101–102.

