

# СЕЛЕКЦИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

Известия ТСХА, выпуск 1. 2003 год

УДК 631.527:633.16

## РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ РЕГИОНЕ

Ю.Б. КОНОВАЛОВ, С.С. БАЖЕНОВА

(Кафедра селекции и семеноводства полевых культур)

**В течение 3 лет изучали урожайность, ее элементы и сопутствующие характеристики 9 сортов ярового ячменя разных лет селекции, которые возделывались и возделываются в Центральном регионе. Выявлены различия в указанных показателях между старыми и новыми сортами, в том числе характеризующими фотосинтетический аппарат (накопление биомассы, ее использование для формирования и налива зерна, уровень реализации потенциальной продуктивности колоса, соотношение массы разных элементов побега) на фоне различных метеорологических условий. На основании анализа полученных данных сделаны предположения о наиболее эффективных направлениях селекции ярового ячменя на урожайность.**

Ретроспективный анализ сортов ячменя и близкой к нему культуры — яровой пшеницы, приуроченных к определенному региону, выполнен рядом исследователей [3, 7, 9, 11, 12]. Задача такого анализа заключается в том, чтобы уловить тенденции изменения характеристик сортов, связанные со временем их выведения. Эти тенденции позволяют понять, за счет каких показателей возрастает хозяйственная ценность сортов (которая и

является целью селекции). Если речь идет об урожайности, то это в первую очередь элементы ее структуры. Однако большой интерес представляют и морфофизиологические показатели (например, фотосинтетического аппарата, корневой системы и т.д.), которые обеспечивают изменение указанных характеристик. Большой частью названные показатели не являлись предметом исследования при подборе пар для скрещивания и объекта

ми отбора. Их изменения произошли независимо от воли селекционера, который контролировал ограниченное число признаков, прямо связанных с урожайностью или качеством продукции (например, продуктивность колоса, массу 1000 зерен). Они произошли в силу связи с хозяйственными показателями.

Когда ретроспективный анализ проведен, его результаты могут быть использованы для составления модели сорта. Теперь уже не формальной (параметры урожайности, длина вегетационного периода и т.д.), а модели более высокого уровня, описывающей признаки, формирующие определенные хозяйственные характеристики — морфофизиологическая и может быть даже физиолого-биохимическая модель.

Далее задача селекционера состоит в том, чтобы найти тесты, позволяющие контролировать указанные выше признаки в соответствии с требованиями селекционной технологии, которые предусматривают анализ большого числа растений, участков возможно более простыми и быстрыми методами. В современной селекции это не всегда возможно, и часть рекомендаций обращена в будущее.

Нужно также считаться с тем, что экстраполяция тен-

денций на будущие сорта может не оправдываться. Это бывает связано с отрицательными корреляциями полезных свойств. Знание таких корреляций позволяет внести поправки в создаваемую модель. Данные о сортах разных лет селекции — благодарный материал для изучения корреляций свойств (как отрицательных так и положительных). Вторая причина — выход линии подъема (роста показателя) на плато по причинам физиологического характера (например, увеличение содержания какого-либо ценного вещества до уровня, когда дальнейший рост невозможен из-за вредных последствий для жизнедеятельности растений). Третья причина, запрещающая экстраполяцию, — хозяйственная целесообразность. Так, может возникнуть необходимость умышленно прервать тенденцию, если она грозит вызвать неблагоприятные хозяйственные последствия (например, излишний рост массы 1000 зерен может осложнить технологию переработки продукта или оказаться невыгодным из-за большого расхода посевного материала). Поэтому возможен случай, когда целесообразным окажется не следование обнаруженным тенденциям, а иной путь, который обеща-

ет привести к созданию новых, лучших сортов.

Целью наших исследований было определение тенденций изменения под влиянием селекции показателей, определяющих продуктивность ярового ячменя, и выявление характеристик, лимитирующих увеличение урожайности селекционным путем, а возможно, и резервов для дальнейшей работы в этом направлении.

### Методика

Опыт проведен на селекционной станции им. П.И. Лисицына в МСХА в 1996 — 1998 гг. В качестве материала использовали сорта двухрядного ярового ячменя: Винер, Московский 121, Надя, Носовский 9, Московский 2, Зазерский 85, Московский 3, Биос 1, Михайловский. Все они относятся к разновидности нутанс, имеют близкий по продолжительности вегетационный период и экологически приспособлены к условиям Центрального региона. Это сорта, имевшие в свое время широкое распространение и занимавшие большие посевные площади в производстве, являются характерными представителями определенного периода селекции. Кроме того для исследования было взято несколько современных сортов.

Сорта высевали в 4-кратной повторности на делянках площадью 5 м<sup>2</sup>. Ширина межделяночных и междярусных дорожек 0,5 м. Посев производили сеялкой СН-10Ц, норма высева 5 млн всхожих семян на 1 га. Размещение сортов внутри повторений рандомизированное. Краевые рядки и по 15 см с концов каждого рядка служили защитной для устранения влияния краевого эффекта. Второй справа рядок по ходу сеялки использовался для учета густоты стояния и анализа структуры урожая. На оставшихся рядках проводили (равномерно на всей их площади) отбор проб растений и пинцировку колосьев. Для изучения динамики накопления биомассы растениями ячменя в основные фазы вегетации отбирали пробы. В фазы начало кущения, выход в трубку, колошение, полное формирование зерна, полная спелость отбирали (выдергивали с корнем) по 25 типичных растений с делянки. В фазу цветения проводили пинцировку (удаление колосков с одной из сторон колоса) для выявления степени обеспеченности потенциальной продуктивности сортов метаболитами на 25 типичных колосьях. Для удобства пинцированные колосья отмечали этикетками. При отборе проб растений в

фазы полного формирования зерна и полной спелости учитывали длину колоса, т.е. измеряли длину пинцированных колосьев на делянке и отбирали в пробу растения, имеющие колос такой же длины. При этом колосья растений, отобранных в фазу полной спелости, одновременно служили контролем для определения реакции на пинцировку и для расчета коэффициента использования массы побега. Пробы растений высушивали в лаборатории до достижения равновесной влажности и взвешивали на технических весах с точностью до  $0,01$  г. Биомассу главных и боковых побегов учитывали отдельно. В фазы полного формирования зерна и полной спелости главные побеги расчленили на зерно, полосу, листовые пластинки, соломинку с листовыми влагалищами и массу этих органов учитывали отдельно. Проводили измерение площади листьев главного побега, приуроченное к фенологическим фазам на  $10$  побегов из отобранной пробы. Площадь листовых пластинок вычисляли как произведение длины пластинки на ее ширину, умноженное на коэффициент  $0,67$  [1]. На втором справа по ходу сеялки рядке подсчитывали число растений, сохранившихся к моменту уборки, определяли продуктивную ку-

стистость, продуктивность колоса, число зерен в колосе, массу  $1000$  зерен (взвешиванием и подсчетом). Уборку проводили в фазу полной спелости селекционным комбайном Сампо-130. Урожай учитывали со всей площади делянки взвешиванием после достижения зерном равновесной влажности.

Помимо общепринятых, учитывали нетрадиционные показатели. Известно, что основой формирования продуктивности колоса, исходной базой для налива зерна является биомасса побега. Более ранними исследованиями было установлено, что масса побега достигает максимума в фазу полного формирования зерна — ПФЗ [5], когда завершается формирование клеточной структуры эндосперма и начинается собственно налив. Эту фазу можно определить по окончании роста зерновки в длину. Масса побега в фазу ПФЗ отражает уровень накопления биомассы растением и позволяет количественно охарактеризовать исходную базу для налива зерна.

Не менее важна для формирования продуктивности колоса способность растения эффективно использовать накопленную биомассу. Она может быть охарактеризована коэффициентом использования массы побега [5]. Он представляет собой отноше-

ние массы зерна зрелого колоса к массе побега в фазу ПФЗ, т. е. показывает, какую массу зерна создает каждая единица массы побега, учитывая и реутилизацию, и фотосинтез во время налива зерна, и эффективность транспорта метаболитов в зерно.

Потенциальную продуктивность колоса определяли как массу зерна пинцированных колосьев (поскольку оставшиеся колоски получали здесь максимально возможное питание), умноженную на  $\rho$  (поскольку удаляли половину колосков [7]). Степень реализации потенциальной продуктивности находили, выражая реальную продуктивность в процентах к потенциальной [7]. Обеспеченность потенциальной продуктивности массой побега рассчитывали как отношение потенциальной продуктивности к массе побега в фазу ПФЗ [7]. По аналогии определяли обеспеченность потенциальной продуктивности активной площадью листовых пластинок (потенциальная продуктивность колоса / активная площадь листовых пластинок).

*Особенности анализа опытных данных.* Анализ тенденций, связанных с возрастом сортов ячменя, оказался сложным из-за того, что «правильное» изменение какого-либо показателя от самого старого к самому но-

вому сорту отсутствует. Приходится удовлетвориться грубой градацией: старые сорта — новые сорта. Такая градация открывает, как оказалось, основные особенности этих групп сортов, хотя внутри группы наблюдается разнообразие. В группу старых сортов вошли Винер, Московский 121, Надя и Носовский 9~4 сорта, во вторую — остальные 5 сортов, выведенных в более позднее время. Различие между группами достаточно отчетливо. Из табл. 1 видно, что в годы, когда урожайность сортов различалась (1998 г. и отчасти 1996 г.), разности между урожаями внутри группы незначимы, а между сортами разных групп они во многих случаях доказаны на уровне значимости 0,05 (НСР<sub>05</sub> для 1996, 1997 и 1998 гг. соответственно равны 5,3; 4,2; и 5,0 ц/га). Проверка по критерию Вилкоксона [14] по данным 1998 г. также показала, что старые и новые сорта принадлежат к различным совокупностям.

Объемная информация, полученная в опыте, не может быть представлена полностью — это сделало бы статью слишком сложной для восприятия. Поэтому принята следующая схема. Данные об урожайности и элементах ее структуры представлены в полном объеме. Затем указано число случаев значимо-

## Урожайность и элементы ее структуры

Сорт, различия	Урожайность, ц/га		Число расте- ний, шт/м <sup>2</sup>		Продуктивная кустистость		Продуктив- ность колоса, г		Число зерен в колосе, шт.		Масса 1000 зерен, г							
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997						
Винер	27,4	46,1	38,4	337	326	289	1,43	1,66	2,20	0,85	0,96	0,90	17,8	19,1	20,2	47,8	50,1	44,7
Московский 121	27,8	48,8	40,3	320	306	298	1,35	1,59	2,17	0,93	0,99	0,93	19,6	19,7	21,4	47,7	49,9	43,5
Надя	24,2	49,1	42,9	306	292	304	1,45	1,67	2,38	0,87	1,02	0,89	18,3	20,3	20,4	47,6	50,6	43,9
Носовский 9	22,9	49,9	43,1	324	306	286	1,57	1,57	2,18	0,85	0,99	0,85	18,8	20,2	19,9	45,4	48,9	42,8
Московский 2	26,8	45,9	50,0	315	300	286	1,53	1,43	2,28	0,90	1,18	1,00	18,2	20,6	19,7	49,7	57,2	60,5
Зазерский 85	30,1	46,4	50,0	332	294	301	1,70	1,32	2,06	1,02	1,12	1,01	21,2	21,4	21,2	48,1	52,1	47,6
Московский 3	30,6	47,2	47,3	336	292	288	1,50	1,76	2,14	0,91	1,06	1,01	19,0	21,0	20,2	48,0	50,8	50,3
Биос 1	31,1	47,7	48,7	317	300	284	1,40	1,28	1,77	0,97	1,19	1,12	18,7	20,4	19,8	51,9	58,4	56,4
Михайловский	30,7	47,4	48,2	343	321	296	1,38	1,56	2,29	0,90	0,99	0,93	17,6	18,3	18,8	50,0	54,0	49,4
H < C	0 (0)	0	0	0	0	0	0	10	1(5)	0	0	0	1	2	3	0	0	0 (0)
C < H	8 (9)	0	18	0	0	0	0	0	0 (0)	5	12	17	3	4	1	6	17(17)	20(20)
Лучшие													Зазерский 85		Биос 1, Московский 2			
Худшие													Биос 1		Носовский 9, Винер		Носовский 9, Московский 121	

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2 - 7: С - старые сорта, Н - новые сорта, min - минимальный показатель, max - максимальный показатель, H < C - число случаев значимых разностей (0,05) в пользу старых сортов по сравнению с новыми, C < H - то же в пользу новых сортов. В скобках указано число случаев при других уровнях значимости (см. текст)

го (0,05) превышения старых сортов над новыми и новых над старыми. Максимально возможное число таких случаев — 20 (4 x 5 или 5 x 4). Там, где вырисовывается преимущество той или иной группы сортов в целом за все 3 года с учетом данных каждого года, число случаев их превосходства подчеркнуто. Наконец, в таблицах указаны сорта, входящие в первую тройку «лучших» (имеющих наибольшее значение признака) для всего набора сортов по каждому признаку и в первую тройку «худших». Чтобы сорт попал в первую тройку, нужно было получить такие результаты во все 3 года. Это дает известную гарантию, что та или иная отличительная особенность сорта действительно имеет место. Для всех остальных показателей ограничились тем, что представили размах колебаний признака в группе и число случаев значимых разностей.

При сравнении старых и новых сортов по числу случаев значимого превосходства тех или других возникает одна специфическая трудность. Численное значение различных признаков определяется с разной точностью. Поэтому сравнение признаков по соотношению числа случаев значимого превосходства одной группы сортов над другой встречает

определенные трудности. Нужно считаться также с агрономической существенностью. Различия (разности) могут быть доказаны на определенном уровне значимости, но могут быть настолько малы, что практического интереса не представляют.

Чтобы обойти все эти трудности хотя бы частично, поступили следующим образом. Помимо обычного расчета  $НСР_{05}$  в именованных единицах, рассчитали ее в процентах к среднему для данного признака из всех сортов в пределах года. Это позволило судить о различиях в величине  $НСР$  независимо от численного значения признака и сравнить разные признаки по этому показателю.

Все признаки разбили на группы. В одну группу вошли признаки, связанные либо выходом на один интегральный признак, либо составляющие определенную последовательность в онтогенезе, либо характеризующие формирование продуктивности колоса с определенной стороны. При разбивке на группы учитывали также величину  $НСР_{05}\%$  для каждого признака, стремясь, чтобы в пределах группы этот показатель не слишком отличался. Каждая группа составила отдельную таблицу (исключение табл. 2). Сравнение величин в пределах группы, что отвечало задачам анализа. В каждой груп-

пе выявили признаки (для каждого года отдельно), резко отклоняющиеся по  $НСР_{05\%}$  от других признаков. Таковыми считали признаки, у которых  $НСР_{05\%}$  отклонялась от средней  $НСР_{05\%}$  для всей группы более чем наполовину в ту или в другую сторону. Такой подход имеет некоторое обоснование. Средняя  $НСР_{05\%}$  по всему комплексу близка к 14 (если исключить данные по массе боковых побегов, где  $НСР_{05\%}$  необычно велика). Резкие отклонения от 14, согласно вышесказанному, в большую сторону — за пределы 21, в меньшую — за пределы 7. Эти градации (21,14 и 7), примерно, соответствуют точности опыта 7,5%, 5% и 2,5%, которые принято считать предельно допустимой, удовлетворительной и хорошей [2, 13]. Классификация эта условна [2], но, за неимением лучшего, мы ею воспользовались. Естественно, что резкие отклонения от  $НСР_{05\%}$  для каждого признака определяли по средним из его  $НСР_{05\%}$ .

Для резко отклоняющихся по точности определения признаков рассчитали  $НСР$  другого уровня значимости. При отклонении в большую сторону это был уровень 0,25, в меньшую — 0,008. Число случаев значимого превосходства одной группы сортов над другой определи-

ли, используя  $НСР$  указанных уровней значимости. Такой прием выравнивал шансы сравниваемых признаков на выявление значимых разностей. Кроме того, он переводил в разряд значимых меньшие разности, нежели для основного массива признаков, при резком отклонении  $НСР_{05\%}$  в большую сторону и большие разности при резком отклонении  $НСР_{05\%}$  в меньшую сторону. Это выравнивало значимые разности по агрономической существенности (по наибольшим значениям  $НСР — НСР_{0,25}$ ).

При коррекции уровня значимости  $НСР$  выбирали в случае резких отклонений  $НСР_{05\%}$  в большую сторону 0,25, как имеющееся значение в таблице [2, 15]. Вероятность выявить реальные случаи различий тут невелика, но еще остается довольно высокой. Для резких отклонений  $НСР_{05\%}$  в меньшую сторону уровень значимости нашли интерполяцией по табличным значениям с таким расчетом, чтобы разность критериев Стьюдента  $t_{05} — t_{25}$  была равна разности  $t_{008} — t_{05}$ .

### **Результаты опытов и их обсуждение**

В таблицах число случаев значимых разностей, рассчитанных по иным уровням значимости, указано в скобках рядом с данными, по-



лученными для общепринятого уровня (0,05). На рисунке показаны особенности погоды в годы исследований. Обсуждать их целесообразно при анализе результатов опытов.

В табл. 1 представлены данные об урожайности и ее структуре. Новые сорта урожайнее, но не во все годы. В 1997 г., когда был получен высокий урожай, различий между старыми и новыми сортами не наблюдали. Это находится в противоречии с распространенным мнением, основанным на изучении сортов пшеницы, о том, что современные сорта как раз в наибольшей степени выигрывают на фоне высоких урожаев [7, 11, 12, 16]. Возможно, экспериментаторы не имели дело с такими специфическими условиями погоды, как в 1997 г. Не исключен эффект взаимодействия

этих условий с сортами ячменя. В 1998 г. преимущество новых сортов очевидно, в 1996 г. оно слабо выражено, по-видимому, из-за засухи, наблюдавшейся в критический период развития. Различия в урожайности связаны с различиями в элементах ее структуры. Различий между старыми и новыми сортами по числу растений на единицу площади не отмечено. Следовательно, их нужно искать в продуктивной кустистости и средней продуктивности колоса. 1997 г. отличался обилием осадков во время выхода в трубку, что обеспечило высокую влажность почвы в критический период (выход в трубку — колошение). Но ко времени кущения осадков зыпало мало. Энергия кущения значительно отличалась от 1998 г., когда май характеризовался сильными дождями, вызвав-



Особенности метеорологических условий в годы опыта

шими обильное появление боковых побегов. Можно отметить, что старые сорта лучше переносят нехватку влаги во время кущения, чем новые. И масса боковых побегов к фазе колошения — ПФЗ — в 1997 г. у них оказалась заметно больше, чем у новых сортов (табл. 2). Хотя последние и отличались более высокой продуктивностью колоса, это не смогло изменить ситуацию в их пользу. В итоге — равная урожайность. Примерные расчеты показывают, что действительно увеличение кустистости у старых сортов в 1997 г. вполне уравновесило более высокую продуктивность колоса у новых.

В 1996 и 1998 гг. при резко различной энергии кущения (в первом случае она намного ниже) различий между старыми и новыми сортами не наблюдали (или они были невелики — в пользу старых сортов в 1998 г.). Это можно отнести за счет хорошего водоснабжения в фазу кущения и в 1996 и в 1998 г. Но в 1996 г. в этот период, кроме того, наблюдалась и более высокая температура воздуха, что способствовало ускоренному прохождению фазы и снижению числа боковых побегов. У старых сортов масса боковых побегов имеет тенденцию превышать таковую у новых сортов (табл. 2).

Новые сорта превосходят старые по продуктивности колоса, что отмечено и для яровой пшеницы [7, 9, 11, 12], особенно в 1998 г., когда наблюдалось полегание посевов, к которому вторые гораздо менее устойчивы. В 1996 г. с его выраженной засухой в период выхода в трубку и между колошением и ПФЗ превосходство новых сортов не столь значительно, как в 2 последующих года. Продуктивность колоса складывается из числа зерен в нем и их крупности. Из табл. 1 следует, что преимущество сортов нового поколения обязательно последнему элементу. При этом в 1997 г. хотя бы частично это можно отнести за счет более мелкого зерна боковых побегов, которых у старых сортов было, как отмечено, больше.

Подводя итог этой части работы, можно констатировать, что новые сорта превосходят по урожайности старые при определенных условиях погоды. Могут быть годы, когда это превосходство не проявляется, что связано с большей энергией кущения старых сортов. Преимущество новых сортов связано с большей продуктивностью колоса, которая определяется более высокой массой 1000 зерен. Крупность зерна во многом зависит от периода после цветения, но

Масса боковых и главных побегов 25 растений (г)

Различия	Начало кущения		Выход в трубку			Колошение			ПФЗ			Полная спелость			
	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998
<i>Боковые побеги</i>															
С min	0,12	0,32	0,27	1,3	3,6	4,9	3,6	18,1	17,4	3,9	23,8	15,1	8,6	15,8	29,3
С max	0,22	0,46	0,34	1,6	5,1	5,3	6,6	37,7	21,8	9,0	34,3	30,9	9,4	31,4	41,4
Н min	0,05	0,20	0,18	0,7	3,4	3,3	2,0	11,4	12,3	5,2	9,6	14,3	8,0	12,5	27,2
Н max	0,16	0,42	0,30	1,8	4,7	4,6	5,1	21,0	19,5	11,1	27,8	27,9	13,7	29,6	36,2
Н < С	9	5	6	7	0	0	5(11)	7	1	0	14	7	0	4	0
С < Н	0	0	0	0	0	0	0(0)	0	0	3	0	1	0	1	0
Лучшие	Надя		Носовский 9			Носовский 9									
Худшие	Михайловский, Московский 2		Михайловский, Московский 2			Биос 1									
<i>Главные побеги</i>															
С min	1,48	2,01	2,05	5,6	7,5	7,0	23,6	36,3	27,3	34,8	41,0	34,5	42,1	48,6	37,2
С max	1,67	2,18	2,27	6,2	7,9	7,8	28,4	39,0	30,9	39,4	45,1	37,5	46,3	52,9	43,8
Н min	1,50	1,72	1,86	4,9	5,2	5,3	25,3	35,7	28,5	35,0	37,6	35,0	42,0	48,9	37,5
Н max	1,65	2,06	2,31	6,6	8,2	8,5	34,0	44,5	34,2	46,7	48,2	44,0	49,7	56,9	47,6
Н < С	1	5	3	3	4	5	0	0	0	1	6	0	0	0	2
С < Н	1	0	1	5	0	3	8	4	6	10	3	4	6	4	5
Лучшие	Московский 2		Московский 2			Московский 2			Московский 2			Московский 2			
Худшие	Московский 3		Зазерский 85									Михайловский			

первая половина вегетации также влияет на массу 1000 зерен [5, 8]. Поэтому нельзя по полученным данным выделить период вегетации, погода в который оказывала особенно сильное влияние на различия между старыми и новыми сортами.

Нужно сказать, что результаты, полученные в нашем опыте, отличались от полученных в других исследованиях. Это могло быть связано с особенностями культуры. У яровой пшеницы в результате селекции обнаружили рост числа зерен в колосе за счет увеличения числа колосков [11] и за счет увеличения числа зерен в колоске [7]. Различия могут быть связаны также с агроклиматическими особенностями. В Чехии новые сорта ячменя выигрывали за счет густоты стеблестоя. При этом они даже уступали старым сортам по числу зерен в колосе [3].

Обратимся теперь к биомассе растения как к основе для формирования продуктивности колоса. Масса 25 побегов в 1996 и 1998 гг. после колошения выявляет преимущество новых сортов (табл. 2). Что касается более ранних фаз, то нельзя сказать, что старые сорта уступали новым.

Сказанное находится в согласии с коэффициентами корреляции: биомасса побега — продуктивность колоса,

рассчитанными по этим же данным [6]. Высокие генотипические коэффициенты корреляции были установлены именно для биомассы побега последних трех фаз.

В 1997 г. преимущество новых сортов над старыми отметить нельзя. Очевидно, сказались особенности погоды этого года: хорошая влагообеспеченность в период выхода в трубку — колошения, которая способствовала увеличению накопления биомассы старыми сортами, возможно, в большей степени, чем новыми из-за длинностебельности первых. И корреляционная связь масса побега — продуктивность колоса в 1997 г. наблюдалась только для массы побега в ПФЗ, да и то в ослабленном виде [8].

Данные о показателях, характеризующих эффективность формирования продуктивности колоса, приведены в табл. 3. Коэффициент использования массы побега, как отмечено при описании методики, характеризует эффективность налива. Возможно, в 1997 г. у новых сортов налив шел более эффективно, чем у старых. Предполагаемая причина — более мощная аттракция развивающегося зерна и, вероятно, более продолжительное или более интенсивное производство «свежих» продуктов фотосинтеза, которые тотчас же направляются на налив

**Показатели эффективности формирования продуктивности колоса**

Различия	Коэффициент использования массы побега			Потенциальная продуктивность 25 колосьев, г			Степень реализации потенциальной продуктивности, %		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998
С min	0,58	0,56	0,61	20,1	25,4	20,9	97	94	94
С max	0,63	0,64	0,63	24,4	27,7	25,1	100	99	98
Н min	0,52	0,56	0,54	22,7	25,5	23,5	93	85	92
Н max	0,64	0,69	0,65	26,5	30,7	27,1	98	95	96
Н < С	4	3	0	0	0	0	0	4	0
С < Н	0	8	0	5	7	5	0	0	0
Лучшие				Биос 1			Носовский 9		
Худшие	Московский 2, Винер			Надя			Биос 1		

зерна. Далее мы вернемся к этому вопросу на основе соответствующих данных.

Потенциальная продуктивность колоса, выявленная благодаря пинцировке, более высока у новых сортов. Стоит отметить, что различия менее значительны, чем в случае реальной продуктивности. Это находится, как показано ниже, в связи со степенью реализации потенциальной продуктивности колоса.

По степени реализации потенциальной продуктивности нельзя отдать предпочтение ни той, ни другой группе сортов. Однако, если удовлетвориться НСР<sub>25</sub>, то в пользу старых сортов можно отметить в 1996 г. 3 случая значимых разностей, в 1997 г. — 8, в 1998 г. — 3, а в

пользу новых только один (в 1996 г.). Эти данные подкрепляются аналогичными результатами ретроспективного анализа сортов яровой пшеницы, проведенного несколько раньше [7], но там различия между старыми и новыми сортами в пользу старых сортов были значительно более весомыми. Это связано с тем, что потенциальная продуктивность колоса у пшеницы включает и дополнительные зерна, развивающиеся в верхних цветках колосков, которые без увеличения питания, вызываемого пинцировкой, остаются бесплодными.

Накопление биомассы побега, от которой зависит продуктивность колоса, связано с фотосинтезом. Значитель-

ную часть продуктов фотосинтеза дают листовые пластинки. Активная площадь листовых пластинок (табл. 4) в ранние фазы у старых сортов, очевидно, больше, чем у сортов нового поколения. Однако к фазе ПФЗ положение меняется на противоположное. Это может означать только одно: у новых сортов продолжительность жизни листа больше. Последнее показано и для яровой пшеницы в Саратове [9].

С целью выяснить, от чего зависит относительно худшее снабжение колоса новых сортов метаболитами, рассчитали показатели обеспеченности потенциальной продуктивности колоса биомассой побега в фазу ПФЗ (когда она достигает наивысшего значения) и площадью активной поверхности листовых пластинок в разные фазы. Эти показатели приведены в табл. 5.

Показатель обеспеченности массой побега четких

Т а б л и ц а 4

**Активная площадь листовых пластинок  
25 главных побегов (см<sup>2</sup>)**

Различия	Начало кущения			Выход в трубку		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998
C min	11,0	15,1	15,3	30,8	46,8	54,4
C max	11,8	22,4	16,6	35,6	56,8	60,3
H min	10,2	19,6	13,1	30,2	37,7	43,1
H max	11,8	21,3	15,5	24,0	57,0	60,5
H < C	1	0	4	0	3	4
C < H	0	2	0	0	1	0
Лучшие	Московский 121					
Худшие						
	Колошение			ПФЗ		
C min	32,3	31,0	38,2	20,0	19,8	29,3
C max	38,8	49,2	47,6	25,7	27,6	42,4
H min	29,3	33,5	37,5	20,6	23,8	32,4
H max	35,3	48,1	53,1	30,3	31,2	46,3
H < C	9	8	0	1	0	0
C < H	0	3	0	7	5	4
Лучшие						
Худшие	Надя					

## Показатель обеспеченности потенциальной продуктивности

Различия	Масса побега в фазу ПФЗ			Активная площадь листовых пластинок								
				выход в трубку				колошение				ПФЗ
	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998
C min	1,62	1,51	1,51	1,28	1,81	2,26	1,51	1,20	1,57	0,95	0,76	1,26
C max	1,73	1,75	1,66	1,65	2,26	2,78	1,78	1,91	2,10	1,06	1,01	1,85
H min	1,46	1,38	1,46	1,26	1,38	1,60	1,11	1,22	1,59	0,89	0,83	1,37
H max	1,9	1,76	1,80	1,54	2,14	2,49	1,57	1,57	2,14	1,20	1,09	1,85
H < C	4	10(10)	0	2	6	7	15	8	4	0	0(1)	1
C < H	3	2(1)	3	0	0	0	0	2	5	3	2(5)	4
Лучшие	Московский 2											
Худшие	Биос 1, Зазерский 85											

различий не обнаруживает. Только в 1997 г. он выше у старых сортов. Это связано с большей степенью реализации потенциальной продуктивности. Очевидно, условия 1997 г. в большей степени способствовали разрыву между возможностями побега и потенциальной продуктивностью его колоса у новых сортов. Эти условия — хорошая влагообеспеченность в фазу выхода в трубку, когда закладывается зачаточный колос, и засуха во время налива зерна, ограничивающая фотосинтетическую деятельность биомассы и, возможно, реутилизацию. Для яровой пшеницы показатель обеспеченности потенциальной продуктивности колоса массой побега был определено выше у старых сортов во все годы [7].

Обеспеченность потенциальной продуктивности колоса активной площадью листовых пластинок уменьшается от выхода в трубку к фазе ПФЗ, что связано с отмиранием части листьев и участком листа. У старых сортов этот показатель заметно выше, чем у новых, в фазы, когда листовая поверхность достигает пика (выход в трубку и колошение). Однако к фазе ПФЗ преимущество, по-видимому, переходит к новым сортам. Такая картина хорошо увязывается с относительно худшим

снабжением колоса сортов нового поколения метаболитами и с более продолжительной жизнедеятельностью их листьев (не позволяющей, однако, полностью компенсировать недостаток продуктов фотосинтеза в более ранние фазы).

В опыте пробы главных побегов, взятые в фазы ПФЗ и полной спелости, расчленили на отдельные органы, как это указано в методике. Эти данные представляют определенную ценность для оценки некоторых особенностей старых и новых сортов (табл. 6). В фазу ПФЗ масса соломы с листовыми влагалищами у старых и новых сортов в целом для групп не различалась. Тот факт, что масса зерна у новых сортов больше, интересен только с той позиции, что это преимущество проявляется у них довольно рано, но не во все годы. В 1997 г. оно не проявилось. Может быть, это связано с менее энергичным наливом зерна у новых сортов в начале периода его развития на фоне засухи 1997 г. Показано, что засуха способна вначале активизировать приток пластических веществ в зерно [4, 17]. Возможно, эта активизация сильнее у старых сортов (более раннее старение листьев и более ранняя реутилизация), что уравнивает массу зерна их с массой зерна



Масса частей 25 главных побегов (г)

Различия	Солома с листовыми влагилицами			Листовые пластинки			Полова			Зерно		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998
C min	18,9	18,8	18,6	4,57	5,39	5,30	3,60	3,47	3,41	6,5	11,9	6,2
C max	20,9	22,4	21,6	5,37	6,02	6,39	4,05	3,65	4,00	8,0	13,1	7,7
H min	16,2	17,5	17,7	4,65	5,10	6,10	4,16	3,79	3,87	8,4	10,1	6,7
H max	25,3	25,4	24,2	5,87	6,17	6,55	5,05	4,46	4,60	9,7	14,9	9,0
H < C	5	6	5	1	2	0	0	0	0	0	6	0
C < H	8	4	6	10	3	10	14	12	10	16	5	10
Лучшие	Фаза полного формирования зерна											
	Московский 2, Московский 121			Биос 1, Московский 2			Биос 1			Биос 1		
Худшие	Московский 3      Надя, Носовский 9											
	Фаза полной спелости											
C min	12,7	15,9	12,6	3,00	4,33	2,61	3,61	3,72	2,91	20,5	24,4	21,2
C max	13,3	18,8	16,0	3,56	5,04	3,11	4,05	4,07	4,14	23,4	26,1	23,0
H min	11,2	14,0	11,8	3,00	4,37	3,29	3,84	4,08	3,54	22,1	24,0	21,3
H max	15,7	20,0	16,9	3,61	5,34	3,55	4,90	5,09	4,26	24,9	28,6	25,4
H < C	4	9	7	0(1)	1	0	0	0	1	0	0	0
C < H	6	3	4	0(5)	8	13	13	11	8	5	5	6
Лучшие	Московский 2, Винер, Московский 121			Московский 2			Биос 1, Московский 2			Биос 1		
Худшие	Михайловский, Биос 1											
	Носовский 9											
	Надя											

сортов нового поколения, которая в благоприятных условиях была бы выше (сравним с 1996 и 1998 гг.). Листовые пластинки в эту фазу у новых сортов весят больше (это уже отмечалось — табл. 4). Но самое примечательное у них — это большая масса полобы.

Если обратиться к последовательности формирования представленных в таблице органов, то полоба (чешуи и стержень колоса) формируются позже соломы и листовых пластинок [10]. Масса этих органов «записывает» на себе условия снабжения метаболитами в период их формирования. Это было показано на примере различных элементов колоса [5]. Следовательно, пик снабжения метаболитами у новых сортов сдвинут в онтогенезе к более поздним фазам по сравнению со старыми сортами. Это находится в полном соответствии с общей тенденцией временного развития продукционных процессов у рассматриваемых групп сортов. У новых сортов более долгоживущие листовые пластинки (табл. 4), позднее наступает полная спелость. Зерно формируется еще позже, чем полоба, но преимущество новых сортов в продуктивности колоса выражено не в большей степени: действует худшая обеспеченность колоса метаболитами

относительно потенциальных возможностей колоса у новых сортов.

Масса отдельных органов главного побега в фазу полной спелости мало что добавляет к сказанному. Можно только отметить более рельефное преимущество новых сортов по массе листовых пластинок (опять-таки свидетельство более долгого их функционирования) и, напротив, менее выраженное преимущество этих сортов по продуктивности колоса; Последнее может свидетельствовать о том, что более энергичное формирование зерна у новых сортов не распространяется на последующий период — период налива. Преимущество новых сортов по продуктивности колоса в фазу полной спелости наблюдается не только в 1996 и 1998 гг., но и в 1997 г., в отличие от фазы ПФЗ. Последнее, как отмечено выше, предположительно связано с более энергичным поступлением пластического материала в зерно под влиянием засухи. Однако, как показано [4], это ускорение непродолжительно и сменяется депрессией. В результате берет верх способность новых сортов формировать более продуктивный колос. Следует отметить, что преимущество новых сортов по продуктивности колоса главного побега менее рельефно, не-

жели по среднему колосу из пробных площадок (см. табл. 1) — сказывается большее присутствие мелких колосьев, свойственных боковым побегам у сильнее кустящихся старых сортов. Однако дело не только в соотношении колосьев главных и боковых побегов: колос главного побега сам по себе более продуктивен у сортов нового поколения.

Таким образом, общие отличия новых сортов от старых вырисовываются достаточно отчетливо. Если к тому же проследить по табл. 1, какие сорта попадают в тройку лучших, а какие в тройку худших, то обнаруживается хорошее соответствие с общей характеристикой группы. В этом можно убедиться, сопоставляя случаи достаточно отчетливого преимущества той или иной группы сортов с лидирующими и, напротив, находящимися в конце ряда сортами. Например, в табл. 1 показано, что новые сорта превосходят старые по продуктивности колоса и при этом лидирующими являются новые сорта Биос 1 и Зазерский 85, а наименее продуктивными — старые сорта Носовский 9 и Винер. Общее число таких сопоставлений (т.е. число лучших и худших сортов в том случае, когда они определены для признаков с достаточно отчетливым преиму-

ществом той или другой группы — оно, как отмечалось выше, обозначено в таблицах подчеркиванием) — 40. Только в 2 случаях обнаружено несоответствие.

Вместе с тем, внутри групп сортов наблюдаются хорошо выраженные различия. Интерес представляет, конечно, группа новых сортов — именно по данным о них следует строить модель сорта. Группа эта разнородна. Из 105 случаев (число признаков  $\times$  число лет) в 81 обнаружены значимые различия между новыми сортами. Чтобы выявить конкретные различия между сортами этой группы выделили в ней лидирующие сорта и сорта, находящиеся в конце ряда. Сорт попадал в эти ряды, если во все годы по данному признаку он занимал 1-е — 2-е место в начале (лидер) или в конце (худший) ряда. В отдельных случаях (когда различия между членами ряда были очень малы) допускали, чтобы в одном из 3 лет сорт занял 3-е место. При всей неточности такого сравнения особенности некоторых сортов выявляются достаточно рельефно (табл. 7). Важно, что по урожайности различий между сортами не обнаружено. Но один и тот же уровень урожайности достигается за счет различного соотношения элементов ее структуры,

Сорта, занимавшие по тем или иным признакам крайние положения в группе новых сортов

Показатель	Лидирующие сорта	Сорта с наилучшими характеристиками
Число растений на 1м <sup>2</sup>	Михайловский	
Продуктивность колоса	Биос 1	Михайловский
Число зерен в колосе	Зазерский 85, Московский 3	Михайловский
Масса 1000 зерен	Биос 1, Московский 2	Зазерский 85, Московский 3
Масса боковых побегов	ПФЗ полная спелость	Московский 2
Масса главного побега	начало кущения	Биос 1
	выход в трубку	Московский 2
	ПФЗ полная спелость	Зазерский 85
Коэфф. использования массы побега	Московский 2 Московский 2	Михайловский Михайловский
Потенциальная продуктивность колоса	Биос 1	Московский 2
Показатель обеспеченности потенциальной продуктивности биомассой побега в фазу ПФЗ	Биос 1	Московский 2
Показатель обеспеченности потенциальной продуктивности активной площадью листовых пластинок	выход в трубку колошение	Михайловский Биос 1, Зазерский 85
	ПФЗ	Московский 2 Московский 2
Масса в фазу ПФЗ	солома	Московский 2
	с листовыми влагалищами	Михайловский
	листовые пластинки	Московский 3
	полова зерно	Московский 3 Биос 1

Показатель		Лидирующие сорта	Сорта с наилучшими характеристиками
Масса в фазу полной спелости	листовые пластинки	Московский 2	Московский 3
	полова	Биос 1	
	зерно	Биос 1, Зазерский 85	Михайловский

а также связанных с этими характеристиками показателей. Так, сорт Михайловский имеет высокий урожай за счет большего числа растений на 1 м<sup>2</sup>, в то время как по продуктивности колоса, в том числе потенциальной, и числу зерен в колосе он уступает другим сортам. В соответствии с этими особенностями он имеет и невысокую массу побега. Биос 1, напротив, отличается высокой продуктивностью колоса, обязанной высокой массе 1000 зерен. Для него характерно хорошее использование биомассы побега для формирования продуктивности колоса и, вероятно, в связи с этим невысокая обеспеченность потенциальной продуктивности листовым аппаратом. Московский 2 характеризуется высокой массой 1000 зерен и главного побега. С ними связана отличная обеспеченность потенциальной продуктивности колоса листостебельной массой. Можно указать особенности

и других сортов. Не вдаваясь в частности, приходим к выводу, что модель современного сорта ячменя для Центрального региона должна быть многовариантной.

### Заключение

В результате ретроспективного анализа сортов ячменя, возделывавшихся и возделываемых в Центральном регионе, можно констатировать, что новые сорта урожайнее, особенно в годы, когда наблюдается полегание посевов, к которому они более устойчивы. В отдельные годы, когда в период кущения наблюдается недостаток влаги, различий в урожайности старых и новых сортов не наблюдали, это связано с тем, что у первых меньше снижается энергия кущения. Превосходство по урожайности новых сортов связано с преимуществом по продуктивности колоса, а последнее — с массой 1000 зерен. У новых сортов дольше сохраняется активность листо-

вых пластинок, а значит, налив зерна больше обеспечивается «свежими» продуктами фотосинтеза. Новые сорта значительно превосходят старые по потенциальной продуктивности колоса, но не могут полностью реализовать это преимущество из-за относительно более низкого накопления биомассы (худшего соотношения: потенциальная продуктивность колоса — биомасса побега и площадь листовых пластинок).

Примерно одинакового уровня урожайности современные сорта достигают при заметно различном соотношении ее элементов и связанных с ними показателей. Очевидно, модель сорта ячменя для Центрального региона многовариантна. Тенденция к повышению продуктивности колоса, очевидно, может сохраниться. Однако разрыв между реальной и потенциальной продуктивностью колоса, худшая (по сравнению со старыми сортами) обеспеченность потенциальной продуктивности колоса может возрасть, что ограничит рост массы зерна с колоса. Препятствовать этой тенденции можно только путем улучшения фотосинтетических показателей. Вместе с тем целесообразно обратить внимание на ценотический компонент:

выживаемость растений и их продуктивную кустистость, несмотря на то, что различия между старыми и новыми сортами тут не обнаружены, или они в пользу старых сортов (энергия кущения). Внутри группы новых сортов есть различия по этим показателям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Аникиев В.В., Кутузов Ф.Ф.* Новый способ определения листовой поверхности у злаков. — Физиол. растений, 1961, т. 8, вып. 3, с. 375-377. — 2. *Доспехов Б.А.* Методика опытного дела. М.: Агропромиздат, 1985. — 3. *Зенищева Л.С.* Влияние селекции на изменение архитектуры растения и стеблестоя в связи с ростом продуктивности ярового ячменя. — Tag. — Ber./ Akad. Landvirttsch. — Wiss DDR Berlin. 1990;Т/ 288. — S. 209-215. — 4. *Коновалов Ю.Б.* Влияние недостатка влаги в почве на налив зерна у яровой пшеницы. — Физиол. растений, 1959, т. 6, вып. 2, с. 184-189. — 5. *Коновалов Ю.Б.* Формирование продуктивности колоса яровой пшеницы и ячменя. М.: Колос, 1981. — 6. *Коновалов Ю.Б., Баженова С.С.* Корреляции продуктивности колоса ярового ячменя и определяющих ее показателей. — Изв. ТСХА,

2002, вып. 1, с. 108-124. — 7. *Коновалов Ю.Б., Тарарина В.В.* Потенциальные и реальные показатели продуктивности колоса у яровой пшеницы различных лет селекции. — Изв. ТСХА, 1989, вып. 2, с. 42-49. — 8. *Кулешов Н.Н.* Формирование, налив и созревание зерна яровой пшеницы. — Зап. Харьковского СХИ, 1951, т. 7, с. 51-139. — 9. *Кулаков В.А.* Эволюция фотосинтеза яровой пшеницы в процессе селекции на Юго-Востоке. — Вест. с.-х. науки, 1970, № 6, с. 32-36. — 10. *Куперман Ф.М.* Основные этапы формирования органов плодоношения ячменя — Этапы формирования органов плодоношения злаков. М.: 1955, с. 87-156. — 11. *Неттевич Э.Д., Давыдова Н.В., и др.* О совершенствовании

сортов яровой пшеницы, возделываемых в Центральном регионе России. — Селекция и семеноводство, 2000, № 4, с. 9-14. — 12. *Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И.* Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна. — Вестн. с.-х. науки, 1985, № 1, с. 66-73. — 13. *Саранин К.И.* Основы методики опытного дела в полеводстве. — Опытное дело в полеводстве. М.: Россельхозиздат, 1982. — 14. *Урбах В.Ю.* Биометрические методы. М.: Наука, 1964. — 15. *Янко П.* Математико-статистические таблицы. М.: Госстатиздат ЦСУ СССР, 1961. — 16. *Schachl R.* — Kulturpflanze, 1981, Н. 29. — 17. *Wardlaw I.F.* — Austral. J. biol. Sci., 1971 — vol. 24, 6, p. 1047-1055.

*Статья поступила*

*28 января 2003 г.*

## SUMMARY

For 3 years 9 varieties of spring barley which were cultivated and are cultivated in Central region were studied. New varieties were characterized by much higher yield in a year with enough moisture and well seen lodging and fully or partly lost their advantage in years with not enough moisture at the beginning of vegetation because of higher decrease of tillering energy. New varieties had higher spike productivity due to higher mass of 1000 grains. Mass of their sprouts in usually higher than in old varieties. The area of leaf blades after flowering in new varieties was also higher. Provision of potential spike productivity (it was determined by removing half of spikelets in the spike and calculating productivity of the remained part) by vegetative mass of the sprout was higher in old varieties for the larger part of vegetative period. Apparently, further increase of yield in barley strains may be achieved by higher photosynthetic activity of sprout and higher density of plant stand.