

# СЕЛЕКЦИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

Известия ТСХА. выпуск 1. 2002 год

УДК 633.16:631.523

## КОРРЕЛЯЦИИ ПРОДУКТИВНОСТИ КОЛОСА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЕЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Ю. Б. КОНОВАЛОВ, С. С. БАЖЕНОВА

(Кафедра селекции и семеноводства полевых культур)

В течение 3 лет на 9 сортах ярового ячменя, экологически приспособленных к центру Нечерноземной зоны, изучали корреляционные связи продуктивности колоса с показателями, характеризующими процессы формирования продуктивности, и с элементами структуры продуктивности, урожайности и самой урожайностью. Использовали различные алгоритмы для выявления генотипических корреляций.

В 1996—1998 гг. в лаборатории селекции и семеноводства полевых культур МСХА изучали 9 сортов ярового ячменя, выведенных в разные годы. На основании полученных данных были рассчитаны коэффициенты корреляции, характеризующие взаимосвязь между показателями, определяющими продуктивность колоса, а также связь этих показателей с самой продуктивностью.

### Методика

В качестве материала исследования были взяты сор-

та двухрядного ярового ячменя: Винер, Московский 121, Надя, Носовский 9, Зазерский 85, Московский 3, Московский 2, Биос 1, Михайловский. Все они относятся к разновидности нутанс, имеют близкий по продолжительности вегетационный период и экологически приспособлены к условиям Центрального района Нечерноземной зоны. Это сорта, имевшие в свое время широкое распространение и занимавшие большие посевные площади в производстве, являющиеся харак-

терными представителями определенного периода селекции, а также несколько современных сортов.

Сорта высевали в 4 -кратной повторности на делянках площадью 5 м<sup>2</sup>. Ширина межделяночных и межъярусных дорожек 0.5 м. Посев производили сеялкой СН-10-Ц, норма высева 5 млн всхожих семян на 1 га. Размещение сортов внутри повторений рендомизированное. Краевые рядки и по 15 см с концов каждого рядка служили защиткой 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 отбирали пробы в основные фазы вегетации. В фазы начало кущения, выход в трубку, колошение случайным образом 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 пинцированных колосья от-

мечали этикетками. В фазы полного формирования зерна (ПФЗ) и полной спелости учитывали длину колоса, т. е. измеряли длину пинцированных колосьев на делянке и отбирали в пробы растения, имеющие колос такой же длины — всего 25 шт. При этом колосья растений одновременно служили контролем для определения реакции на пинцировку [3, 7] и для расчета коэффициента использования массы побега [6, 7]. 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, соломину 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 всходов. Перед уборкой выдергивали растения с

этого рядка, подсчитывали их число и число колосьев, обмолачивали их, взвешивали зерно и определяли массу 1000 зерен по ГОСТ 12042-80. Другие показатели определяли расчетным путем. 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 ( $M$ ). Более ранними исследованиями было установлено, что масса побега достигает максимума в фазу ПФЗ [3, 4], когда завершается формирование клеточной структуры эндосперма и начинается собственно налив. Эту фазу можно определить по окончанию 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 использо-

вания массы побега ( $K_{исп}$ ). Он представляет собой отношение массы зерна зрелого колоса к массе побега в фазу ПФЗ, т. е. показывает, какую массу зерна создает каждая единица массы побега, учитываемая и реутилизация, и фотосинтез во время налива зерна, и эффективность транспорта метаболитов в зерно.

Для характеристики уровня снабжения колоса метаболитами изучали реакцию на пинцировку, обеспечивающую избыточный уровень питания оставшихся колосков. Реакцию на пинцировку рассчитывали как удвоенную продуктивность пинцированного колоса, выраженную в процентах к продуктивности интактного. Чем она больше, тем хуже снабжается интактный колос метаболитами [9].

Таким образом, в отличие от почти традиционных попыток установить связи между элементами структуры урожайности и продуктивности и самими этими интегральными показателями в работе использованы характеристики, полученные в ходе онтогенеза, и характеристики процессов, формирующих продуктивность колоса. Основное внимание сосредоточено на продуктивности колоса как важного элемента урожайности. При этом учитывали общий стеблестой как показатель кущения и как ценотипический

показатель (связи с ними также представлены в статье). Показатели, зафиксированные в ходе онтогенеза, и индексы, о которых сказано выше, сопряжены с формированием продуктивности колоса. Для расчетов коэффициентов корреляции взят учет в пробе из тех соображений, что остальные показатели, для которых рассчитаны коэффициенты корреляции, также получены на растениях проб, отобранных на тех же рядах делянок. Использование продуктивности колосьев из пробных площадок внесло бы некоторую ошибку, связанную с пестротой плодородия почвы (все остальное — число колосьев — 100 и способ отбора — случайный — одинаково). И только при расчете коэффициентов корреляции продуктивности с элементами структуры урожая и урожайностью использовали по понятной причине данные об этом показателе, полученные при анализе пробных площадок.

Расчет коэффициентов корреляции был сделан двумя способами. *Первый способ* — непосредственное вычисление генотипических, средовых и общепопуляционных коэффициентов корреляции, основанное на разложении популяционных дисперсий и коварианс на генотипические и средовые

при использовании данных по повторениям. Для расчетов использовали пакет программ AGROS. Этот способ прямо характеризует генотипические связи, но вследствие неполной адекватности программы реальным ситуациям может приводить к парадоксальным результатам: получению коэффициентов корреляции значительно больших 1 (такие данные, их было немного и все они были незначимы на уровне 0,05, исключили из таблиц) и незначимости коэффициентов, близких к 1 (коэффициент считается значимым, если значимы соответствующие ковариансы и дисперсии признаков, поэтому возможны случаи, когда близкий к 1 коэффициент окажется незначимым из-за того, что один из указанных компонентов незначим). Кроме того, в нескольких случаях генотипические коэффициенты не могли быть подсчитаны, поскольку подкоренное число (произведение дисперсий) оказалось отрицательным.

*Второй способ* состоял в использовании для корреляционного анализа средних из повторений. Можно было надеяться, что показатели связи, полученные этим путем, близки к генотипическим, поскольку средовая компонента в какой-то мере устранялась при усреднении данных по повторениям. Этот

способ позволял получать коэффициенты корреляции и в тех случаях, когда программа вычисления их первым способом не срабатывала.

Сопоставление результатов, полученных тем и другим способом, сообщало большую надежность выводам. Были рассчитаны коэффициенты корреляции между коэффициентами корреляции, полученными первым и вторым способами в течение 3 лет эксперимента. Для этого использованы все коэффициенты, кроме, разумеется, случаев, когда программа вычисления первым способом не срабатывала или давала коэффициенты, значительно превышающие 1. Коэффициент корреляции в 1996, 1997, 1998 гг. оказался равным соответственно 0,95; 0,94; 0,97 (отличие от 0 значимо на уровне 0,001). Это подтверждает возможность использования второго способа при достаточно большой повторности, что в общем проще. Аналогичные результаты получены и в [11].

Годы проведения исследования различались по погодным условиям периода вегетации. В 1996 г. наблюдался дефицит осадков в мае и июне. В 1997 г. в первой половине вегетации отмечено избыточное увлажнение, вторая половина вегетационного периода характеризовалась дефицитом осадков. От-

личительной чертой 1998 г. было избыточное увлажнение во второй половине вегетационного периода.

### Результаты

Анализ корреляционных связей продуктивности колоса целесообразно начать с показателей основных процессов, формирующих ее: накопления биомассы побега и коэффициента ее использования, а также с реакции на пинцировку колоса, которая, как указывалось выше, характеризует степень обеспеченности потенциальной продуктивности колоса метаболитами (табл. 1).

Масса побега в фазу ПФЗ обнаруживает довольно устойчивую положительную связь с продуктивностью колоса. Но в 1997 г. она слабая, очевидно из-за засухи во вторую половину вегетации, которая не позволила сортам с большой биомассой реализовать это преимущество. Коэффициент использования, напротив, был связан положительно с продуктивностью только в этот год по той же причине — важную роль сыграла способность того или иного сорта в условиях засухи использовать накопленные ресурсы.

Наконец, реакция на пинцировку колоса существенной связи с продуктивностью не показала. Можно было ожидать отрицательной свя-

Т а б л и ц а 1

**Коэффициенты корреляции продуктивности колоса  
с характеристиками продукционного процесса**

Год	Масса побега в фазу ПФЗ	Коэффициент использо- вания массы побега	Реакция на пинцировку
1996	0,86*	-0,53	—
	0,75*	-0,20	0,36
1997	0,21*	0,46*	—
	0,28	0,46	-0,20
1998	0,77*	0,04	—
	0,63	0,20	-0,04

**Примечание.** Здесь, а также в других таблицах и тексте в числителе представлены коэффициенты корреляции, полученные первым способом расчета, в знаменателе — вторым. Коэффициенты, значимые на уровне 0,05 обозначены \*. Отсутствие данных при первом способе расчета связано с особенностями программы, описанными в начале статьи.

зи, поскольку, чем выше реакция на пинцировку, тем хуже обеспеченность колоса метаболитами. Но продуктивность зависит от потенциальной продуктивности и от того, как она обеспечивается. А уровень обеспеченности колоса метаболитами влияет только на вторую составляющую. Это объясняет отсутствие связи.

Оба процесса, формирующие продуктивность колоса (накопление биомассы и ее использование), равнозначны в том смысле, что для образования определенной массы зерна необходимо как накопление биомассы побега, так и ее использование в широком смысле: и путем реутилизации и в качестве источ-

ника «свежих» продуктов фотосинтеза. Но для конкретного набора сортов и конкретных условий вегетационного периода лимитирующим продуктивность колоса может быть или тот, или другой, или оба процесса вместе, что соответственно и служит причиной возникновения корреляционных связей. В связи с этим возникает вопрос о взаимоотношениях описываемых процессов: независимы ли они или как-то связаны. Соответствующие коэффициенты корреляции, полученные в 1996, 1997 и 1998 гг., выглядят следующим образом:  $-0,89^*/-0,79^*$ ,  $-0,777-0,72^*$ ,  $-0,62/-0,63$ . Получены устойчивые отрица-

тельные связи, т. е. у сортов, отличающихся интенсивным накоплением биомассы, коэффициент использования ее низкий.

Из двух продукционных процессов, формирующих продуктивность колоса, накопление биомассы может быть прослежено в динамике опять-таки с позиций влияния на конечную массу зерна в колосе. Результаты расчетов соответствующих коэффициентов корреляции приведены в табл. 2. Для полноты картины в ней повторены коэффициенты корреляции между биомассой побега в ПФЗ и продуктивностью колоса, которые уже фигурировали в табл. 1 как члены определенного ряда. Наиболее интересны связи в фазы колошения и ПФЗ, которые близки ко времени налива зерна и в то же время само зерно еще отсутствует или составляет, как в ПФЗ, незначительную часть биомассы. Связь в полную спелость может возникать в значительной мере просто потому, что доля зерна в общей биомассе побега в эту фазу очень значительна. Более ранние фазы (кущение, трубкование) могут быть связаны с продуктивностью колоса опосредованно, поскольку на их основе строится биомасса более поздних фаз.

Экспериментальные данные только отчасти подтверж-

дают приведенную выше схему. Действительно, биомасса побега в фазы колошения и ПФЗ связаны с продуктивностью колоса, особенно тесно в 1996 г. и несколько менее тесно в 1998 г. В 1997 г. эта связь касается только биомассы в ПФЗ и она слабая. Характер распределения осадков в указанные годы полностью объясняет установленные связи. В 1996 г. засуха в первую половину вегетации привела к формированию более высокой продуктивности колоса у сортов, накопление биомассы которых в этих условиях испытало меньшую депрессию. В дальнейшем, при восстановлении нормального влагообеспечения это преимущество сохранилось. В 1997 г. избыточное увлажнение в первую половину вегетации вызвало накопление большой биомассы, которая в наступивший затем засушливый период могла сыграть отрицательную роль в наливе зерна. Так, если средняя биомасса одного побега по всему набору сортов во время трубкования в 1996 и 1998 гг. равнялась 0,24 и 0,28 г, то в 1997 г. — 0,30 г; в фазу колошения — соответственно 1,1, 1,2 и 1,5 г. Это разрушило корреляцию биомассы поздних фаз — продуктивность колоса. Лишь биомасса в период ПФЗ, фазу, близкую к окончанию

Таблица 2

**Коэффициенты корреляции продуктивности колоса  
и биомассы побега**

Коррелируемые признаки	Продуктивность колоса	Масса побега в фенофазы				
		кущение	трубкование	колошение	ПФЗ	
1996 г.						
Масса побега в фенофазы	кущение	$\frac{-0,15}{-0,07}$				
	трубкование	$\frac{-0,17^*}{-0,11}$	$\frac{0,92}{0,49}$			
	колошение	$\frac{1,00^*}{0,79^*}$	$\frac{-0,07}{0,00}$	$\frac{-0,28^*}{-0,20}$		
	ПФЗ	$\frac{0,86^*}{0,75^*}$	$\frac{-0,35}{-0,13}$	$\frac{-0,28^*}{-0,19}$	$\frac{1,00^*}{0,97^*}$	
	полная спелость	$\frac{0,83^*}{0,85^*}$	$\frac{-0,32}{-0,14}$	$\frac{-0,10}{-0,05}$	$\frac{1,00^*}{0,94^*}$	$\frac{1,00^*}{0,95^*}$
1997 г.						
Масса побега в фенофазы	кущение	$\frac{0,06}{0,02}$				
	трубкование	$\frac{-0,25^*}{-0,22}$	$\frac{1,00^*}{0,76^*}$			
	колошение	$\frac{-0,09}{0,02}$	$\frac{0,48^*}{0,32}$	$\frac{0,60^*}{0,47}$		
	ПФЗ	$\frac{0,21^*}{0,28}$	$\frac{0,86^*}{0,70^*}$	$\frac{-0,69^*}{0,60}$	$\frac{0,95^*}{0,83^*}$	
	полная спелость	$\frac{0,62^*}{0,70^*}$	$\frac{0,56^*}{0,40}$	$\frac{0,32^*}{0,23}$	$\frac{0,69^*}{0,64}$	$\frac{0,87^*}{0,84^*}$
1998 г.						
Масса побега в фенофазы	кущение	$\frac{-0,29}{-0,28}$				
	трубкование	$\frac{-0,52^*}{-0,47}$	$\frac{0,69^*}{0,60}$			
	колошение	$\frac{0,42^*}{0,30}$	$\frac{0,52^*}{0,48}$	$\frac{0,67^*}{0,58}$		
	ПФЗ	$\frac{0,77^*}{0,63}$	$\frac{-0,09^*}{-0,06}$	$\frac{0,34^*}{0,26}$	$\frac{0,83^*}{0,71^*}$	
	полная спелость	$\frac{0,91^*}{0,86^*}$	$\frac{-0,11^*}{-0,12}$	$\frac{-0,02^*}{-0,03}$	$\frac{0,62^*}{0,50}$	$\frac{1,00^*}{0,88^*}$



вегетации, обнаружила слабую связь. 1998 г. по наблюдавшимся связям и зависимости их от погодных условий можно считать в известной мере аналогом 1996 г. Но избыток увлажнения и связанное с ним полежание во вторую половину вегетации ослабили рассматриваемые связи.

Обращает на себя внимание отрицательная, хотя и не тесная связь: биомасса побега в фазу трубкования — продуктивность колоса, которая проявилась во все годы. Она не поддается достаточно ясной интерпретации. Могут быть сделаны попытки ее объяснения, но они слишком гипотетичны. Например, конкуренция вегетативных и генеративных процессов, отмеченная в некоторых работах [2, 13]: чрезмерно высокая биомасса свидетельствует о некотором подавлении гаметогенеза и сопряженных с ним процессов.

Связь биомассы побега в различные фазы прослеживается достаточно хорошо. При этом на поздних фазах развития она довольно тесная (колошение — ПФЗ — полная спелость). Это понятно ввиду близости этих фаз к завершению накопления биомассы. Другое дело ранние фазы. Масса побега в фазу кущения связана с его массой в трубкование и в последующие фазы, но свя-

зи на уровне средних (есть одно исключение — тесная связь с массой в трубкование в 1997 г.). Точно также масса побега в трубкование коррелирует с этим показателем в поздние фазы, но опять-таки эта связь средней силы, но есть многочисленные исключения. Данные 1996 г. не показывают положительных связей, а то и отрицательные (трубкование — колошение, ПФЗ), очевидно, из-за засухи первой половины вегетации. В 1998 г. очень слабая или отрицательная связь биомассы в кущение и трубкование с биомассой в ПФЗ и полную спелость как следствие полежания в условиях избытка влаги, причинившего большой ущерб сортам с максимальной биомассой. Наибольшая преемственность от фазы к фазе отмечена в 1997 г., с обилием осадков в первую половину вегетации и засушливой второй половиной, законсервировавшей различия между сортами.

Наиболее важный вывод из корреляционного анализа биомассы побега в разные фазы и продуктивности колоса — зависимость последней от биомассы поздних фаз. Ранние фазы играют заметно меньшую роль. Здесь возможны существенные изменения в соотношении сортов по уровню накопления биомассы. Коэффициенты корреляции, рассчи-

таные вторым способом (они приведены в той же табл. 2), подтверждают сказанное выше, хотя полного совпадения (в особенности по показателю существенности), разумеется, нет.

Поскольку продуктивность колоса в конечном счете есть продукт фотосинтеза (главным образом), можно ожидать ее связи с площадью листовых пластинок (табл. 3). При этом с продуктивностью коррелирует площадь листовых пластинок поздних фаз, главным образом фазы ПФЗ. Понятно, что продукты фотосинтеза, образовавшиеся здесь, непосредственно поступают в наливающееся зерно, минуя депонирование в других органах («свежие» продукты фотосинтеза). В ранние фазы такой связи нет, более того площадь листовых пластинок в фазы кущения и трубкования отрицательно коррелирует с продуктивностью колоса. Может быть, это

объясняется более сильной энергией кущения у сортов, площадь листовых пластинок которых в эти фазы велика. Соответственно продуктивность колоса у них меньше. Коэффициенты корреляции, подсчитанные вторым способом, не противоречат проанализированным связям.

Для более подробного изучения связи биомассы побега с продуктивностью колоса пробы растений, взятые в фазы ПФЗ и полной спелости, расчленили на зерно, полосу, листовые пластинки и солому с листовыми влагалищами. В табл. 4 представлены коэффициенты корреляции между массой отдельных органов в фазу ПФЗ и продуктивностью колоса. Продуктивность колоса коррелирует с массой зерна, массой полювы и массой листовых пластинок в фазу ПФЗ. Однако, как и в случае с биомассой побега в целом, на тесноту связи в разные годы

Т а б л и ц а 3

**Коэффициенты корреляции продуктивности колоса с площадью листовых пластинок**

Год	Площадь листовых пластинок в фенофазы			
	кущение	трубкование	колошение	ПФЗ
1996	-0,41	-0,55	-0,54*	0,86*
	-0,09	-0,19	-0,33	0,69*
1997	-0,41*	-0,16*	0,60*	0,73
	-0,20	-0,11	0,50	0,52
1998	-0,98	-0,71*	0,48*	0,87*
	-0,80*	-0,64	0,44	0,75*

оказывают значительное влияние погодные условия периода вегетации, вплоть до полного разрушения связей. Опять-таки следует отметить, что наиболее тесные связи установлены для

1996 г., наименее тесные — для 1997 г. Связь между массой соломы (сюда входили, как указано выше, и листовые влагалища) и продуктивностью колоса значительно менее тесная, чем между

Т а б л и ц а 4

**Коэффициенты корреляции продуктивности колоса и отдельных частей побега в фазу ПФЗ**

Коррелируемые признаки	Продуктивность колоса	Масса зерна	Масса полосты	Масса листовых пластинок
1996 г.				
Масса зерна	<u>1,00*</u> 0,82*			
Масса полосты	<u>1,00*</u> 0,87*	<u>0,94*</u> 0,89*		
Масса лист. пластинок	<u>1,00*</u> 0,86*	<u>0,79*</u> 0,74*	<u>0,88*</u> 0,83*	
Масса соломы	<u>0,49*</u> 0,46	<u>0,16*</u> 0,20	<u>0,54*</u> 0,56	<u>0,51*</u> 0,54
1997 г.				
Масса зерна	<u>0,09</u> 0,15			
Масса полосты	<u>0,24*</u> 0,32	<u>0,09*</u> 0,12		
Масса лист. пластинок	<u>0,65*</u> 0,61	<u>-0,06</u> -0,02	<u>0,55*</u> 0,53	
Масса соломы	<u>0,08</u> 0,12	<u>-0,30*</u> -0,27	<u>0,23*</u> 0,27	<u>0,53*</u> 0,52
1998 г.				
Масса зерна	<u>0,58*</u> 0,49			
Масса полосты	<u>0,83*</u> 0,75*	<u>0,67*</u> 0,52		
Масса лист. пластинок	<u>0,67*</u> 0,53	<u>-0,12</u> -0,02	<u>0,74*</u> 0,78*	
Масса соломы	<u>0,42*</u> 0,40	<u>-0,12</u> -0,06	<u>0,54*</u> 0,59	<u>0,53*</u> 0,52

продуктивностью и массой других органов.

В фазу полной спелости повторилась практически та же картина, что и в фазу ПФЗ (табл. 5). Нужно заметить, что эти связи менее интересны, чем связи в фазу ПФЗ, поскольку в полную спелость они отражают только сопряженность результатов завершившихся процессов. Можно предположить, что соломина и влагалища

листьев в растении ячменя выполняют в значительной мере функцию несущей конструкции, и их биомасса непосредственно для налива зерна используется мало, а основное количество метаболитов поступает в колос из листовых пластинок.

Данные в табл. 4 и 5 указывают и на другие связи. Так, масса полеры в фазу ПФЗ связана с массой зерна в эту же фазу (с теми же

Т а б л и ц а 5

**Коэффициенты корреляции продуктивности колоса и массы отдельных частей побега в фазу полной спелости**

Коррелируемые признаки	Продуктивность колоса (масса зерна)	Масса полеры	Масса листовых пластинок
1996 г.			
Масса полеры	$\frac{0,93^*}{0,86^*}$		
Масса лист. пластинок	$\frac{—}{0,64}$	$\frac{—}{0,45}$	
Масса соломы	$\frac{0,05}{0,21}$	$\frac{0,29^*}{0,35}$	$\frac{—}{0,39}$
1997 г.			
Масса полеры	$\frac{0,52^*}{0,58}$		
Масса лист. пластинок	$\frac{0,56^*}{0,47}$	$\frac{0,60^*}{0,55}$	
Масса соломы	$\frac{-0,30}{0,08}$	$\frac{-0,23}{-0,10}$	$\frac{0,13^*}{0,18}$
1998 г.			
Масса полеры	$\frac{0,76^*}{0,70^*}$		
Масса лист. пластинок	$\frac{0,78^*}{0,69^*}$	$\frac{0,79^*}{0,70}$	
Масса соломы	$\frac{0,23^*}{0,26}$	$\frac{0,49^*}{0,46}$	$\frac{0,14^*}{0,17}$

различиями по годам, о которых говорилось выше). Причина понятна: оба показателя имеют общее происхождение — связаны количественно с метаболитами, участвующими в формировании колоса. То же можно отметить и для фазы полной спелости (здесь масса зерна — это и есть продуктивность колоса). Масса половы коррелирует с массой листовых пластинок. На этот раз речь идет о соответствии источника метаболитов (листных пластинок) и их акцептора, по крайней мере, в определенные фазы (полова). Но не только. Имеет значение, очевидно, и гомология органов, в частности рассматриваемых [12]. Она держит в определенных рамках упомянутую связь через общий генетический контроль, не давая ей разрушиться под влиянием других акцепторов. Подтверждение этому находим в связи масса зерна — масса листовых пластинок. Данная пара тоже акцептор и донор, причем, возможно, лучше выраженная (само зерно в отличие от чешуй колоса едва ли играет сколько-нибудь существенную роль в фотосинтезе, хотя полностью исключить эту роль нельзя [10]), но органы не гомологичны и связь прослеживается гораздо хуже, чем предыдущая. Масса со-

ломы коррелирует (связь средней силы) с массой листовых пластинок. Природа ее понятна.

Уже отмечалось (табл. 1) отсутствие связи  $K_{исп}$  с продуктивностью колоса. С отдельными частями побега связь отрицательная, но достаточно велика и статистически доказана только по отношению к соломе с листовыми влагалищами, очевидно, потому что эта часть побега имеет более значительные сортовые различия, чем полова и листовые пластинки (она превосходит их по массе в 4,9 и 3,5 раза). Коэффициенты корреляции ( $K_{исп}$ ) массы соломы с листовыми влагалищами в 1996, 1997 и 1998 гг. в фазу ПФЗ равны  $-1,00^*/-0,90^*$ ,  $-0,71^*/-0,70^*$ ,  $-0,90^*/-0,62$ , а в полную спелость — соответственно  $-1,00^*/-0,88^*$ ,  $-0,81^*/-0,75^*$ ,  $-1,00^*/-0,66$ . Для связи  $K_{исп}$  с половой и листовыми пластинками коэффициенты корреляции варьировали от  $-0,22^*/-0,18$  до  $-0,49^*/-0,46$ .

Рассмотрим связь продуктивности колоса с элементами структуры урожайности (табл. 6). Продуктивность колоса зависит как от массы 1000 зерен, так и от числа их в колосе, но степень важности каждого из этих двух показателей для формирования продуктивности в разные годы различна. Так, в

Таблица 6

**Коэффициенты корреляции продуктивности колоса,  
ее элементов и продуктивной кустистости**

Коррелируемые признаки	Продуктив- ность колоса	Масса 1000 зерен	Число зерен в колосе
1996 г.			
Масса 1000 зерен	<u>0,38</u> 0,47		
Число зерен в колосе	<u>0,75</u> 0,76*	<u>-0,35</u> -0,21	
Продуктивная кустистость	<u>—</u> 0,33	<u>—</u> -0,35	<u>—</u> 0,62
1997 г.			
Масса 1000 зерен	<u>0,87*</u> 0,82*		
Число зерен в колосе	<u>0,56*</u> 0,62	<u>0,07*</u> 0,08	
Продуктивная кустистость	<u>-0,97</u> -0,77*	<u>-0,77</u> -0,69*	<u>-0,65*</u> -0,34
1998 г.			
Масса 1000 зерен	<u>0,95*</u> 0,91*		
Число зерен в колосе	<u>-0,21</u> -0,03	<u>-0,52*</u> -0,43	
Продуктивная кустистость	<u>-1,00*</u> -0,76*	<u>-0,93</u> -0,64	<u>-0,34</u> -0,12

1996 г. в результате воздействия июньской засухи продуктивность колоса в большей степени зависела, по-видимому, от числа зерен. Выигрывали сорта, меньше снижающие его под воздействием недостатка влаги, поскольку именно в этот период определяется в основном число зерен в колосе. В 1997 г. продуктивность коррелировала как с числом, так

и с массой 1000 зерен. В 1998 г. при избыточном увлажнении и как следствие этого — полегании в период налива зерна в качестве показателя, лимитирующего продуктивность колоса, выступает масса 1000 зерен, число же зерен в колосе с продуктивностью не коррелирует.

Из других связей отметим отрицательную связь продуктивной кустистости с про-

дуктивностью колоса и ее элементами: числом зерен в колосе и массой 1000 зерен, что вполне понятно, так как боковые побеги имеют в колосе меньше зерен и зерно более мелкое, чем в колосе главного побега. Можно отметить также отрицательную связь число зерен — масса 1000 зерен как отражение конкуренции между двумя этими элементами продуктивности колоса [5, 8]. Правда, для 1997 г. с его обильным осадков в начале лета эти связи не проявились.

Наконец, анализ связей урожайности с продуктивностью колоса и числом колосьев на единицу площади (две составляющие урожайности) выявил решающее значение для сортовых различий интегрального и наиболее практически важного показателя — продуктивно-

сти колоса. Но, опять-таки, 1997 г. составил исключение (табл. 7), расчет коэффициентов корреляции выполнен вторым способом, программа расчета первым способом не сработала). Между элементами структуры урожайности корреляция отрицательная, но в 1996 г. эта связь не проявилась, очевидно, из-за сильной засухи в начальные фазы развития ячменя. Природа связи понятна: чем гуще стеблестой, тем меньше площадь питания (а также освещенность, а, возможно, и количество  $CO_2$ ) в расчете на один стебель. В 1996 г. засуха обусловила низкую продуктивность колоса и довольно редкий стеблестой. В этих условиях конкуренция элементов структуры урожая не проявилась. Число колосьев на  $1 м^2$  в 1996, 1997, и 1998 гг. в среднем по

Т а б л и ц а 7

**Коэффициенты корреляции урожайности с продуктивностью колоса и густотой стеблестоя**

Коррелируемые признаки	Урожайность	Продуктивность колоса
	1996 г.	
Продуктивность колоса	0,67*	
Число колосьев на $1 м^2$	0,10	0,35
	1997 г.	
Продуктивность колоса	-0,42	
Число колосьев на $1 м^2$	0,15	-0,88*
	1998 г.	
Продуктивность колоса	0,73*	
Число колосьев на $1 м^2$	-0,23	-0,65

опыту равнялось 482, 473 и 628 шт., а продуктивность колоса — соответственно 0,91; 1,06; 0,96 г.

### Выводы

Различия в продуктивности колоса сортов ячменя разных лет селекции, экологически приспособленных к условиям Центрального района Нечерноземной зоны, были обязаны биомассе побега в годы с хорошей влагообеспеченностью второй половины вегетации и коэффициенту использования массы побега (отношение массы зерна колоса к биомассе побега в момент достижения ею максимума) в год, когда хорошая влагообеспеченность первой половины вегетации сменяется засухой. Таким образом, при разработке модели сорта в отношении указанных показателей необходимо учитывать частоту лет с той или иной влагообеспеченностью указанных частей вегетационного периода.

Продуктивность колоса значительно сильнее зависела от биомассы побега в фазы колошения и полного формирования зерна (примерно, начало молочной спелости), нежели от биомассы более ранних фаз. Более того, большая биомасса в фазу выхода в трубку, по-видимому, сопряжена с уменьшением продуктивности колоса.

Продуктивность колоса сильнее зависела от массы листовых пластинок, чем от массы соломины с листовыми влагалищами в фазу полного формирования зерна.

Различия между сортами в урожайности были обязаны продуктивности колоса, а не числу колосоносных побегов на единицу площади. В год с избытком осадков в первую половину вегетации и засухой во вторую существенных связей не установлено.

Коэффициенты корреляции, полученные для средних из 4 повторений опыта, имели генотипический характер: их связь с генотипическими коэффициентами корреляции, полученными путем использования данных по повторениям и вычисления средних коэффициентов, близка к функциональной.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аникиев В. В., Кутузов Ф. Ф. Новый способ определения листовой поверхности у злаков. — Физиология растений. 1961, т. 3, с. 375-377. — 2. Иванов П. К. Яровая пшеница. М.: Колос, 1971. — 3. Коновалов Ю. Б. Реакция различных сортов яровой пшеницы на пинцировку. — Докл. ТСХА, 1971, вып. 168, с. 109-113. — 4. Коновалов Ю. Б. Формирование продуктивности колоса у яровой пшеницы и ячменя.



- М.: Колос, 1981. — 5. Коновалов Ю. Б., Власенко Н. М. О подборе пар для скрещивания у мягкой яровой пшеницы при селекции на продуктивность. — Изв. ТСХА, 1981, вып. 1, с. 40-46. — 6. Коновалов Ю. Б., Соловьева В. Б. Экспериментальная проработка обоснования нового принципа подбора пар для гибридизации. — В сб.: Генетические основы селекции с.-х. растений. М., 1995, с. 113—177. — 7. Коновалов Ю. Б., Тарарина В. В., Хунацария Т. И. Новые морфофизиологические показатели для оценки сортов яровой пшеницы. — Докл. ВАСХНИЛ, 1990, № 12, с. 2-4. — 8. Коновалов Ю. Б., Хунацария Т. И. Взаимосвязь элементов продуктивности растений у гибридов яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). — Докл. ТСХА, 1973, вып. 192, с. 127-133. — 9. Коновалов Ю. Б., Хунацария Т. М., Королева Л. И. Реакция различных сортов мягкой яровой пшеницы на пинцировку и физиологическая интерпретация связанных с ней сортовых различий. — Изв. ТСХА, 1981, вып. 2, с. 70-78. — 10. Мамонов Л. К., Полимбетова Ф. А. Некоторые особенности поступления пластических веществ в наливающийся колос пшеницы. — Вест. АН Казахской ССР, 1965, № 1, с. 12-20. — 11. Мартынов С. П. Устное сообщение. 2001. — 12. Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. М.: Наука, 1971. — 13. Mitchell I., Pavlov P. On the branching of the wheat ear. — Докл. академии с.-х. наук в Болгарии, 1969, т. 2, № 1, с. 25-30.

Статья поступила  
10 января 2002 г.

#### SUMMARY

Correlative connections of ear productivity with indices which characterize the processes of productivity formation and with elements of productivity structure, yield structure and yield itself were studied for 3 years on 9 spring barley varieties ecologically adapted to the central region of Non-chernozem zone. Different algorithms were used to find genotypic correlations.