

УДК 633.11+321:631.527.12

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНУТРИСОРТОВОГО ОТБОРА НА БЕЛОК У ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В. С. СТРОЕВ, Н. Н. НОВИКОВ, В. А. ТОЛУБАЕВА
(Кафедра агрономической и биологической химии)

Создание высокобелковых сортов культурных злаков, не уступающих по урожайности лучшим образцам мировой селекции, сопряжено со значительными трудностями, к причинам которых, кроме общеизвестных [2, 5, 13], следует отнести также отсутствие экспериментально обоснованной методики отбора желательных форм. По установившейся практике контроль за качеством материала на ранних этапах селекции чаще всего ведут не по белковистости зерна, а по продуктивности селекционных образцов и другим показателям [3].

Такой подход в совокупности с объективными трудностями отбора на содержание белков в зерне часто приводит не только к выбраковке значительного количества ценных высокобелковых форм, но нередко вызывает сомнения в возможности совместить в одном организме эти важнейшие признаки, поскольку в ряде случаев обратная связь между продуктивностью и белковистостью селекционного материала проявлялась довольно отчетливо [3, 11, 12]. Вместе с тем накапливаются данные, которые показывают, что корреляция между продуктивностью растений и содержанием белков в зерне злаков не всегда является отрицательной [9, 10], и это, несомненно, должно стимулировать поиски лучших исходных образцов и создание на их основе сортов нужного типа. На возможную перспективность такой работы указывает и заметная внутрисортная изменчивость по некоторым количественным признакам, наблюдаемая даже у чистотельных сортов пшеницы [1, 6, 8].

Нами были проведены исследования, в которых выявлялись возможность отбора на белок и характер изменчивости этого признака в потомстве яровой пшеницы.

Материал и методика

Работа была выполнена в 1975—1977 гг. В качестве объектов исследований взяты отдельные линии и подлинии из внутрисортной популяции яровой пшенично-пырейного гибрида Грекум 114, выведенного в отделе отдаленной гибридизации ГИС АН СССР методом индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания яровой пшеницы Лютеценс 62 с пыреем сизым [7].

В 1975 г. из элитных семян сорта Грекум 114 нами были отобраны и посеяны в селекционном питомнике по 50 зерновок с мучнистым и стекловидным эндоспермом. По результатам определения содержания белков в зерне и продуктивности из выращенных растений отобраны три для дальнейших исследований. Два растения были выделены в опытном варианте, где высевали семена со стекловидным эндоспермом. Одно из них (растение № 8) характеризовалось довольно низким содержанием белков в зерне и значительной выравненностью этого

признака (12,71—13,91%), а второе (№ 11) отличалось высокой белковистостью, но концентрация белков в отдельных образцах его зерна значительно варьировала (16,25—20,75%). Третье растение было выделено в варианте, где высевали семена с мучнистым эндоспермом. У него наблюдался наиболее широкий диапазон изменчивости белковистости зерна (13,74—19,89%). Названные три растения, давшие начало трем линиям, мы в дальнейшем будем считать нулевым поколением (P_0), а последующие поколения — соответственно P_1 и P_2 .

В 1976 г. в селекционном питомнике высеяли по 50 семян от каждого из трех отобранных растений и полученное потомство исследовали на белковистость зерна. Для того чтобы уменьшить сильное модифицирующее воздействие условий внешней среды на этот показатель и таким образом сократить пределы варьирования признака, в 1977 г. растения выращивали в сосудах. В качестве

субстрата использовали перегнойную почву — 4 кг на сосуд. Из урожая 1976 г. изучали потомства 4—5 растений от каждой из трех исходных линий, выделенных в 1975 г. Причем отобранный для дальнейшего изучения материал был составлен из наиболее контрастных форм, представленных только высокобелковистыми и низкобелковистыми растениями. В каждый сосуд высевали по 20 семян и через 15 дней оставляли в них по 5 проростков. Питательные вещества вносили из расчета 0,4 г N и по 0,3 г K₂O и P₂O₅ на сосуд. Для создания наиболее благоприятных условий накопления белков в

зерне в течение вегетации провели 4 подкормки по 0,1 г азота, фосфора и калия на сосуд, из них три корневые до фазы цветения и некорневую подкормку азотом в фазу начала формирования зерна. Растения поливали по массе.

Азот определяли микрометодом Кьельдаля в половинках семян, содержание белков рассчитывали путем умножения содержания общего азота на коэффициент 5,7. Статистический анализ материала проводили дисперсионным методом, коэффициенты корреляции рассчитывали прямым способом и по формуле Браве [4].

Результаты и обсуждение

Анализ материала 1975 г. Растения P₀ оценивали по трем показателям — продуктивности, стекловидности эндосперма и белковистости семян. В 1975 г. у большинства растений, полученных из семян как с мучнистым, так и стекловидным эндоспермом, зерно было со стекловидным эндоспермом.

Анализ даже относительно небольшого числа растений, близких по продуктивности, показал (табл. 1), что внутри сорта Грекум 114 различия в содержании белков между отдельными растениями могут превышать 5 % (от массы сухих растений), между колосьями в пределах одного растения — 4—5 %, разница между отдельными частями колоса может составлять также примерно 5 %. Полученные данные в основном согласуются с ранее опубликованными [1, 8] и отличаются от них только размахом варьирования признака.

Следует также отметить, что изучение растений нулевого поколения позволило не только обнаружить значительное варьирование у них содержания белков в зерне, но и получить определенные сведения, свидетельствующие о значимости показателя — стекловидность эндосперма, нередко используемого в качестве критерия белковистости семян при оценке селекционного материала.

При сравнении по качеству зерна растений P₀, выращенных из семян с мучнистым и стекловидным эндоспермом, было установлено, что большинство из них имело зерно со стекловидным эндоспермом и в среднем примерно с одинаковой концентрацией белков. Следовательно,

Т а б л и ц а 1

Содержание белков в зерне растений, выращенных из семян с мучнистым и стекловидным эндоспермом (% от сухой массы). Урожай 1975 г.

№ растения	Стекловидный эндосперм			№ растения	Мучнистый эндосперм		
	n	\bar{x}	пределы варьирования		n	\bar{x}	пределы варьирования
1	5	16,79	15,11—18,08	7	5	16,27	14,65—17,04
2	11	16,46	13,74—19,89	8	4	13,10	12,71—13,91
3	8	14,29	12,43—16,42	9	3	13,70	12,48—14,59
4	6	14,49	14,08—15,22	10	7	15,06	12,08—18,18
5	6	16,10	13,50—19,44	11	4	18,51	16,25—20,75
6	5	15,60	15,05—16,30	12	6	15,26	13,56—17,67
				13	2	13,79	13,05—14,54
				14	5	16,96	13,00—21,49
В среднем по варианту	41	15,64	12,43—19,89	В среднем по варианту	36	15,51	12,08—21,49

П р и м е ч а н и е. n — число проанализированных образцов; \bar{x} — среднее содержание белков в зерне.

Содержание белков в зерне растений P₁ (% на сухую массу)

№ выделенных линий	Содержание белков					Изменчивость признака	
	1975 г.	1976 г.				пределы варьирования	V%
		n	\bar{x}	s	НСР _{об}		
8	13,10	30	13,67			11,80—16,19	11,87
11	18,51	15	13,48	0,28	1,00	10,60—15,33	12,03
2	16,46	46	12,75			9,35—16,30	12,72

между консистенцией эндосперма и белковистостью семян в потомстве какой-либо заметной связи не обнаружено.

Анализ материала 1976 г. (P₁). В результате изучения потомства трех растений, отобранных в 1975 г., не было получено убедительного подтверждения генотипической обусловленности тех значительных различий белковистости семян, которые были обнаружены у исходных форм. Как видно из табл. 2, потомство этих растений в 1976 г. по содержанию белков в зерне существенно не различалось, а общий уровень белковистости семян всех линий в P₁ оказался близким к уровню данного признака у одного из исходных растений, отличавшегося в 1975 г. наиболее низкой концентрацией белков в зерне.

Такой характер проявления исследуемого признака у растений P₁, а также низкие значения коэффициентов корреляции и наследуемости содержания белков в зерне свидетельствуют о том, что в условиях нашего опыта различия по белковистости семян между растениями P₀ были в основном обусловлены внешними факторами. Однако на основании только этих данных еще нельзя утверждать, что у яровой пшеницы сорта Грекум 114 не существует наследственной базы для отбора на белок, поскольку, во-первых, исследования были выполнены на ограниченном материале и, во-вторых, условия развития растений в 1976 г. (повышенная влажность и низкие температуры) были далеко не оптимальными для реализации потенциальных возможностей изучавшихся генотипов пшеницы.

О наличии наследственной обусловленности отмеченного разнообразия растений P₀ и P₁ по белковистости семян может в какой-то мере свидетельствовать определенная связь между степенью варьирования данного признака у исходного растения и его потомства. При анализе растений P₁ нами было обнаружено, что диапазон изменчивости содержания белков в зерне потомства наиболее варьирующего по этому признаку растения (№ 2) оказался самым широким (9,35—16,33%), а наименее варьирующего по белковистости семян (№ 8) — более узким (11,80—16,19%). Для полного выявления такой зависимости между родителями и потомством по характеру варьирования признака оказалось необходимым продолжение опыта в более контролируемых условиях.

Анализ материала 1977 г. (P₂). Растения P₂ оценивали на продуктивность и белковистость, а также рассчитывали для них коэффициенты наследуемости и корреляции по наиболее важным показателям, часто используемым для отбора.

Несмотря на строгую выравниваемость условий питания в вегетационном опыте 1977 г., во всех вариантах были обнаружены заметные колебания по продуктивности. Наибольшее варьирование по этому показателю было обнаружено в одной из подлиний линии № 8, где он изменялся в пределах 1,10—6,30 г. Однако различия по продуктивности растений как между исходными линиями, так и внутри них оказались статистически недостоверными.

Продуктивность и белковистость семян растений P₂. Урожай 1977 г.

№ подлинии	Содержание белков в зерне, %	Белковистость семян растений P ₂ , %				Продуктивность растений, г		
		n	\bar{x}	пределы варьирования	V, %	\bar{x}	пределы варьирования	V, %
Линия № 8								
1	14,54	7	24,94	22,69—27,82	4,8	1,78	1,1—6,3	50,9
2	16,19	12	24,56	22,17—27,08	4,9	2,86	0,8—4,5	31,7
3	12,08	11	25,67	24,28—27,13	4,7	3,09	1,5—4,6	29,3
4	15,33	11	24,87	23,09—26,39	4,8	2,94	1,3—4,7	30,8
В среднем			25,00	22,17—27,82	4,8	2,78	0,8—6,3	32,6
Линия № 11								
1	15,33	11	23,28	20,86—25,48	5,6	2,51	1,3—4,0	35,6
2	11,88	12	23,10	20,92—24,57	5,7	2,05	1,2—3,2	43,6
3	12,71	5	20,93	19,38—21,95	6,3	2,96	1,3—4,1	30,2
4	10,60	10	22,51	19,38—24,57	5,8	2,55	1,4—4,5	32,6
5	14,28	9	24,78	23,83—25,54	5,3	2,10	1,5—3,1	42,6
В среднем			23,06	19,38—25,54	5,7	2,36	1,2—4,5	37,1
Линия № 2								
1	14,14	11	24,94	22,57—25,65	4,9	2,68	1,7—4,3	30,4
2	13,45	9	23,58	22,46—24,40	5,2	3,23	2,0—4,2	25,2
3	10,83	10	23,46	20,35—25,25	5,2	2,88	2,3—3,6	28,3
4	9,35	8	21,97	19,89—24,11	5,5	2,34	1,1—3,8	34,9
5	14,88	11	20,43	18,47—23,03	6,0	2,25	1,4—3,4	36,1
В среднем			22,89	18,47—25,65	5,3	2,67	1,1—4,3	30,5
В среднем по 3 линиям			23,60	18,47—27,82	5,1	2,62	0,8—6,3	36,5
НСР ₀₅			0,61	—	—	0,51	—	—

Высокая обеспеченность азотом и дробное внесение питательных веществ в течение вегетации растений обусловили накопление большого количества белков в семенах. Среднее содержание белков в зерне исследуемых линий № 8, 11 и 2 (рассчитанное по общему азоту) составляло соответственно 25,00 %, 23,06 и 22,89 %, а в среднем для всей популяции P₂ — 23,60 % (табл. 3). В семенах некоторых растений линии № 8 количество белков достигало 27 % и только у четырех растений линий № 11 и 2 оно оказалось ниже 20 % (18,47—19,89 %). Хотя по концентрации белков в семенах между родительскими растениями и их потомством заметной связи, как и в предшествующие годы, не было обнаружено, различия между линиями по этому показателю оказались достоверными. Среднее содержание белков в зерне второго поколения линии № 8 было на 2 % выше, чем у двух других линий (№ 11 и 2). Последние имели близкие значения белковистости семян. Следует также отметить, что и в первом поколении линии № 8 количество белков в зерне было несколько выше, чем у других линий. Оказалась неодинаковой и степень выравнивания отдельных линий. Абсолютная величина варьирования средней белковистости большинства семян подлиний, выделенных из линии № 8, была незначительной и находилась в пределах ± 1 %. Однако внутри линий № 11 и 2 были выявлены подлинии, существенно различавшиеся между собой. Среднее содержание белков в зерне отдельных подлиний у них отклонялось от средней, рассчитанной для каждой линии в целом, на 2,0—2,5 %, тогда как наибольшая существенная разность при 5 %-ном уровне значимости была равна 1,72 % для линии № 11 и 1,55 % для линии № 2.

Так же, как и в предшествующие годы, линия № 2 оказалась наиболее лабильной в отношении белковистости семян, разница между

Среднее содержание белков в зерне исследованных линий и его варьирование в отдельные годы (% на сухую массу)

№ линии	Среднее содержание белков			Размах варьирования признака		
	1975	1976	1977	1975	1976	1977
8	13,10	13,67	25,00	1,20	4,39	5,65
11	18,51	13,48	23,06	4,50	4,73	6,16
2	16,46	12,75	22,89	6,15	6,95	7,18

максимальным и минимальным количеством белков в зерне растений этой линии составляла 7,18%, а в линии № 8 и 11 — соответственно 5,65 и 6,16 %, причем размах варьирования белковистости семян в опыте 1977 г., отличавшемся значительной выравненностью условий выращивания, у всех трех линий не уменьшился, что свидетельствует о генотипической обусловленности данного признака.

Из табл. 4 видно, что наибольшей выравненностью по содержанию белков в зерне во все годы исследований характеризовалось потомство линии № 8, которое отличалось и наибольшей белковистостью семян. Потомство линии № 2 имело наибольший размах варьирования содержания белков в зерне и пониженную белковистость.

Между продуктивностью растений и массой 1000 зерен, с одной стороны, и белковистостью семян, с другой, какой-либо сопряженности не было обнаружено (табл. 5), что не совпадает с данными ряда авторов о наличии отрицательной корреляции между этими показателями. Напротив, в линиях № 8 и 2 корреляция между продуктивностью растений и белковистостью семян имела положительную направленность, а в линии № 11 проявилась практически полная взаимная независимость данных признаков. Такое же положение выявилось и при анализе связи между массой 1000 зерен и содержанием белков, с той лишь разницей, что коэффициент корреляции между признаками был близок к нулю не у линии № 11, а у линии № 2.

Направление связи между продуктивностью растений и их белковистостью, а также массой 1000 зерен и содержанием белков в линиях № 11 и № 2, отличающихся большей вариацией по концентрации белков в семенах, по знаку не совпадает, тогда как в линии № 8, которая характеризуется большей выравненностью, оно полностью совпадало и корреляция между ними была положительной. Однако эти корреляции оказались статистически недостоверными.

Таким образом, содержание белков в зерне пшеницы представляет собой довольно лабильный признак, заметно изменяющийся в зависимости от условий выращивания. Амплитуды колебаний белковистости семян в различные годы и при изменении концентрации питательных веществ в почве находились в пределах 4—7 % (на сухую массу). При тщательной оптимизации условий питания и внесении достаточно высоких доз азота растения накапливали большое количество белков в зерне (до 25—27 % сырого протенна), тогда как при неблагоприятных условиях белковистость семян снижалась до 13—10 %. Несмотря на значительное варьирование концентрации белков в зерне, в сортовой популяции самоопылителя оказалось возможным выделить отдельные линии, различающиеся по способности к накоплению белков. Однако для выявления высокобелковых линий необходимо проводить тщательный отбор и создание хорошо выравненного агрофона, обеспечивающего наиболее благоприятные условия для накопления в зерне белковых веществ. В отличие от общего уровня содержания белков варьирование этого показателя у отдельных линий оказалось стабильным признаком, и по-

Коэффициенты наследуемости и корреляции по наиболее важным показателям

№ линии	Наследуемость содержания белков	Наследуемость продуктивности	Коэффициенты корреляции (г)		
			продуктивность	масса 1000 зерен	родители
			белок	белок	потомки
2	0,67	0,11	+0,300	-0,40	—
8	0,06	0,16	+0,172	+0,278	—
11	0,41	0,01	-0,030	+0,098	—
По трем линиям	0,69	0,02	+0,153	+0,056	+0,21

томство растения, у которого различия в концентрации белков в зерне разных колосев и частей одного колоса были наименьшими, в течение двух последующих лет также характеризовалось относительно узкими пределами варьирования признака и, наоборот, потомство лабильного в этом отношении растения оставалось таким же и в последующие годы.

Выводы

1. Содержание белков в зерне пшеницы в зависимости от условий выращивания, а также концентрации питательных веществ в почве изменяется в довольно широких пределах. При оптимизации условий азотного питания в семенах яровой пшеницы может накапливаться свыше 20 % сырого протеина.

2. В процессе изучения отдельных линий, выделенных из внутрисортовой популяции ярового пшенично-пырейного гибрида Грекум 114, не установлено отрицательной корреляции между величиной урожая и концентрацией в нем белков, а также между крупностью и белковистостью семян.

3. Характер варьирования содержания белков в зерне пшеницы, по-видимому, является стабильным наследственным признаком, который довольно стойко передается от родительских растений их потомству.

4. Для выявления в сортовых популяциях яровой пшеницы высокобелковистых линий необходимо проведение тщательного отбора и создание выравненного агрофона, обеспечивающего наиболее благоприятные условия для накопления в зерне белков.

* * *

Авторы выражают признательность Б. П. Плешкову и Ю. Б. Коновалову за ценные конструктивные замечания при подготовке рукописи к печати.

ЛИТЕРАТУРА

- Княгиничев М. И. Биохимия пшеницы. М.—Л., Сельхозгиз, 1951.—2. Лобанов П. П. Проблемы качества зерна.— В кн.: Приемы и методы повышения качества зерна колосовых культур. Л., «Колос», 1967, с. 3.—3. Павлов А. Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М., «Наука», 1967.—4. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск, «Высшая школа», 1963.—5. Суднов П. Е. Агротехнические приемы повышения качества зерна пшеницы. М., «Колос», 1965.—6. Туманов И. И. Влияние количества питательных веществ на крупность зерна пшеницы и содержание в нем азота.—Тр. ин-та физиол. раст., 1946, т. 3, вып. 2, с. 46.—7. Цицин Н. В., Артемова А. С., Яковлев А. В. Новый сорт яровой пшеницы Грекум 114.— В кн.: Селекция отдаленных гибридов и полиплоидов. М., ГБС АН СССР, 1974, с. 14.—8. Юлиано Б. Исследование качества и количества белка в зерне риса.— В кн.: Белки семян зерновых и масличных культур. М., «Колос», 1977, с. 117.—9. Johnson V. A., Mattern P. S., Schmidt

- J. W. — Pros. Nutr. Soc. (Engl. Scot.), 1970, vol. 29, p. 20. — 10. Stuber C. W., Johnson V. A., Schmidt J. W. — Crop. Sci., 1962, vol. 2, p. 506. — 11. Leng E. R. — Crop. Sci., 1962, vol. 2, N 2, p. 183—185. — 12. Leng E. A. — Z. Pflanzenzucht, 1962, Bd 47, N 1, S. 67 — 13. Zuber M. S., Smith G. E., Gehrke C. W. — Agron. J., 1954, vol. 46, N 6, p. 287.

Статья поступила 22 мая 1979 г.

SUMMARY

The possibility of selection for protein content and the nature of variability of this character in the progeny of spring wheat was determined in the trial. It has been found after studying the lines isolated from the intravarietal population of spring wheat-couch-grass hybrid Greicum 114 that the amount of proteins in grain of this variety varies rather greatly with growing conditions as well as with concentration of nutrient substances in the soil. However, in spite of considerable variation of this character, it was possible to isolate certain lines in the varietal population of self-pollinator which differ from the others in their ability to accumulate proteins.