

УДК 633.256:631.811

**НАКОПЛЕНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ПШЕНИЧНО-ПЫРЕЙНЫХ ГИБРИДОВ  
РАЗНОГО ГЕНОМНОГО СОСТАВА  
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПИТАНИЯ**

**Б. П. ПЛЕШКОВ, Н. Н. НОВИКОВ, Т. Ф. МИЛЯЕВА**  
(Кафедра агрономической и биологической химии)

Наиболее важным показателем, определяющим качество зерна пшеницы, является содержание в нем белков. В многочисленных опытах с различными сортами мягкой пшеницы было установлено, что между количеством белка и клейковины в зерне, содержанием белков и числом седиментации, а также объемным выходом хлеба существует положительная коррелятивная связь [3, 14, 17—21]. В последние годы обнаружена определенная закономерная связь между качеством зерна и компонентным составом белков [5, 8—10, 15].

Количество белка в зерне мягкой пшеницы может варьировать в зависимости от сорта и условий выращивания в довольно широких пределах. Лучшие сорта при благоприятных условиях накапливают в семенах до 15—16 % белковых веществ, однако чаще всего белковость зерна мягкой пшеницы не превышает 12—14 % [1, 2, 7, 12, 13]. Значительно больше белков (свыше 20 %) содержится в семенах диких сородичей пшеницы, таких как пырей, эгилопс, элимус и др. Их скрещивание с пшеницей позволяет расширить предел накопления белков в зерне.

С пшеницей наиболее легко скрещиваются два вида пырея — пырей сизый (*A. glaucum*) и пырей продолговатый (*A. elongatum*). При гибридизации мягкой пшеницы с пыреем сизым в процессе рас-

щепления гибридного потомства обычно появляются 42-хромосомные формы с пшеничным и пырейным типом колоса (ППГ), а также образуются 56-хромосомные пшенично-пырейные гибриды с промежуточным типом колоса (ПППГ) — амфиплоиды [6, 16].

В результате скрещивания пшеничных растений с пыреем было получено много новых интересных образцов озимой и яровой пшеницы, среди которых можно отметить ППГ 186, ППГ 56, ППГ 22850, Грекум 114 и др. Однако несмотря на то, что пшенично-пырейные гибриды сравнительно давно используются в практической селекции и внедряются в производство, их биохимические особенности исследованы очень слабо.

Нами изучалось влияние условий питания на содержание и состав белков в зерне пшенично-пырейных гибридов разного геномного состава.

### Материал и методика

В опыты были включены различные типы пшенично-пырейных гибридов.

Промежуточные пшенично-пырейные гибриды (2n=56). ПППГ 163 имеет в своем составе, кроме пшеничных, два пырейных генома — D<sub>a</sub> и X<sub>a</sub>, ПППГ 19 наследует пырейный геном X<sub>a</sub>, ПППГ 79 — пырейный геном D<sub>a</sub>.

Гибриды пшеничного типа (2n=42). ППГ 186 — известный сорт озимой мягкой пшеницы, ППГ 347 — перспективный гибрид, который по урожайности не уступает лучшим районированным сортам. Для сравнения в качестве образца обычной мягкой пшеницы был взят сорт Мироновская 808.

Растения выращивали в сосудах Митчерлиха (6 кг) на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, которая характеризовалась следующими показателями: рН — 5,0, N<sub>t</sub> — 7,6 мг-экв, S — 11,5 мг-экв на 100 г, содержание гумуса — 2,8 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в вытяжке по Кирсанову — соответственно 4,2 и 5,4 мг на 100 г. Варианты опытов: 1) контроль — без удобрений; 2) РК; 3) N<sub>1</sub>РК; 4) N<sub>2</sub>РК; 5) N<sub>2</sub>РК + некорневая азотная подкормка. Фосфор и калий вносили осенью в виде одно- и двузамещенных фосфатов калия из расчета 0,6 г P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O на сосуд,

азот — в виде аммиачной селитры, дробно — осенью 0,3 г на сосуд и весной в подкормку по 0,5 и 1,0 г на сосуд соответственно в вариантах N<sub>1</sub>РК и N<sub>2</sub>РК. Некорневую азотную подкормку проводили мочевиной из расчета 0,3 г N на сосуд в фазу начала формирования зерна. В каждом сосуде оставляли по 10 растений. Повторность опыта для учета урожая 4-кратная.

Пробы зерна отбирали в фазы формирования зерна, молочной и молочно-восковой спелости, затем их фиксировали жидким азотом и лиофильно высушивали.

В зерне определяли содержание общего азота микрометодом Кьельдаля, белкового и небелкового азота по Барнштейну. Легкорастворимые белки экстрагировали 0,005 М фосфатным буфером (рН 7,4) и разделяли электрофорезом в полиакриламидном геле при рН 8,9 [11]. Для исследования полиморфизма белков было отобрано по 20—30 одинаковых по массе семян каждого типа пшенично-пырейных гибридов. После удаления зародышей каждую зерновку гомогенизировали в ступке с 0,6 мл охлажденного фосфатного буфера и полученный белковый раствор использовали для электрофоретического разделения.

### Результаты исследований

Продуктивность пшенично-пырейных гибридов и пшеницы при внесении полной дозы минеральных удобрений повысилась в 5—12 раз по сравнению с контролем (табл. 1). Наиболее отзывчивыми на удобрения оказались промежуточные ППГ (амфиплоиды), их урожайность в варианте N<sub>2</sub>РК была в 6—12 раз выше, чем в контроле. Продуктивность гибридов пшеничного типа и пшеницы в этом случае возросла в 4,7—5,3 раза.

Урожайность пшенично-пырейных гибридов наиболее значительно повысилась в результате внесения азота — в 4—5,5 раза по сравнению с контролем. В варианте с фосфорно-калийными удобрениями сбор зерна увеличился всего в 1,1—1,6 раза, причем гибриды разных типов по эффективности использования этих удобрений практически не различались. Реакция амфиплоидов и ППГ пшеничного типа на азотные удобрения была различной. У амфиплоидов сбор зерна в варианте

Таблица 1

Продуктивность пшенично-пырейных гибридов (г/сосуд)  
при разных условиях питания. Опыт 1978 г.

Формы	Контроль	РК	N <sub>1</sub> РК	N <sub>2</sub> РК
Амфиплоиды:				
ПППГ 163	1,8	2,8	9,9	23,2
ПППГ 19	5,6	6,6	22,4	34,6
ПППГ 79	4,2	5,7	23,6	39,3
Гибриды пшеничного типа:				
ППГ 186	9,3	12,6	37,3	48,9
ППГ 347	10,1	12,1	35,9	47,3
Пшеница Мироновская 808	9,1	9,7	32,8	46,1
НСР <sub>05</sub> = 1,5				

N<sub>1</sub>РК в 3,4—4,1 раза превышал его количество в варианте РК, у гибридов пшеничного типа в 3—3,4 раза.

Различия между промежуточными ПППГ и гибридами пшеничного типа по реакции на азот увеличились при двойной его дозе. Продуктивность амфиплоидов в варианте N<sub>2</sub>РК по сравнению с N<sub>1</sub>РК повысилась в 1,5—2,5 раза, а гибридов пшеничного типа и пшеницы — в 1,3—1,4 раза, по сравнению с вариантом РК — соответственно в 5,2—8,3 и 3,9—4,8 раза. Таким образом, амфиплоиды хотя и уступали гибридам пшеничного типа по сбору зерна во всех вариантах, но заметно превосходили их по отзывчивости на внесение азотных удобрений.

Наиболее урожайным был гибрид ПППГ 186, оказавшийся более приспособленным к условиям перезимовки 1977/78 г. По урожайности он значительно превосходил пшеницу сорта Мироновская 808 при всех уровнях питания, кроме контрольного. У гибрида ПППГ 347 в вариантах РК и N<sub>1</sub>РК также получены достоверные прибавки урожая по отношению к сорту Мироновская 808. Статистический анализ показал, что повышение продуктивности пшенично-пырейных гибридов на 14 % было обусловлено влиянием генотипа и на 81 % внесением удобрений.

Увеличение дозы азота, как правило, способствовало более интенсивному накоплению в зерне белкового азота и снижению количества небелковых азотистых веществ (табл. 2). При внесении одних фосфорно-калийных удобрений (вариант РК) белковость зерна мало изменялась.

По содержанию белкового азота в зерне выделялся ПППГ 163, который наследует два пырейных генома — D<sub>a</sub> и X<sub>a</sub>. У этого гибрида при сбалансированном питании азотом, фосфором и калием в зерновках накапливалось на 1—4 % белковых веществ больше, чем у других амфиплоидов и гибридов пшеничного типа. Пшеница Мироновская 808, ПППГ 186 и ПППГ 347 по белковости зерна существенно не различались. Однако сбор белка у ПППГ 186, который характеризовался более высокой продуктивностью, был выше.

Сбор белка заметно увеличивался в вариантах с поздней некорневой азотной подкормкой. Обработка растений раствором мочевины в фазу начала формирования семян не оказывала влияния на урожайность пшенично-пырейных гибридов, но накопление в зерне белков увеличилось на 0,4—1,4 %.

Гибриды разного геномного состава различались по накоплению в зерне белкового азота при улучшении условий азотного питания. У ПППГ 163 и ПППГ 19 в варианте N<sub>2</sub>РК белковость зерна повысилась от 10—12 до 15—16 %. У гибридов пшеничного типа и амфиплоида ПППГ 79 несколько снизилась концентрация белковых веществ в зерне при внесении N<sub>1</sub>РК и резко увеличилась белковость зерна в варианте

Содержание форм азота и белков в зерне пшенично-пырейных гибридов при различных условиях питания

Вариант опыта	Азот		Содержание белков	Сбор белка, г/сосуд
	N <sub>белк</sub>	N <sub>небелк</sub>		
	% от сухой массы			
ПППГ 163				
Контроль	2,22	0,32	12,7	0,2
РК	2,21	0,28	12,6	0,3
N <sub>1</sub> РК	2,48	0,26	14,1	1,2
N <sub>2</sub> РК	2,74	0,22	15,6	3,3
N <sub>2</sub> РК + подкормка	2,85	0,25	16,2	3,4
ПППГ 19				
Контроль	1,80	0,35	10,3	0,5
РК	1,96	0,32	11,2	0,6
N <sub>1</sub> РК	2,19	0,30	12,5	2,5
N <sub>2</sub> РК	2,46	0,25	14,0	4,4
N <sub>2</sub> РК + подкормка	2,67	0,28	15,2	4,7
ПППГ 79				
Контроль	1,70	0,49	9,7	0,4
РК	2,20	0,30	12,5	0,7
N <sub>1</sub> РК	2,11	0,31	12,0	2,5
N <sub>2</sub> РК	2,20	0,26	12,5	4,4
N <sub>2</sub> РК + подкормка	2,30	0,29	13,1	4,6
ППГ 186				
Контроль	2,00	0,20	11,4	1,0
РК	1,95	0,16	11,1	1,3
N <sub>1</sub> РК	1,78	0,15	10,2	3,4
N <sub>2</sub> РК	2,48	0,13	14,1	6,2
N <sub>2</sub> РК + подкормка	2,56	0,15	14,6	6,4
ППГ 347				
Контроль	2,00	0,20	11,4	1,0
РК	2,14	0,18	12,2	1,3
N <sub>1</sub> РК	1,93	0,18	11,0	3,6
N <sub>2</sub> РК	2,30	0,15	13,1	5,6
N <sub>2</sub> РК + подкормка	2,55	0,18	14,5	6,2
Мироновская 808				
Контроль	2,12	0,18	12,1	1,0
РК	2,05	0,18	11,7	1,0
N <sub>1</sub> РК	1,76	0,18	10,0	3,0
N <sub>2</sub> РК	2,52	0,20	14,4	6,0
N <sub>2</sub> РК + подкормка	2,60	0,19	14,8	6,1

N<sub>2</sub>РК. Но несмотря на снижение белковости зерна, сбор белка в варианте N<sub>1</sub>РК у этих гибридов был в 2,5—3 раза выше, чем в варианте РК. Последнее свидетельствует о том, что сбор белка при внесении N<sub>1</sub> у данных гибридов увеличился не за счет повышения белковости зерна, а в результате большей прибавки урожая.

Особенности накопления белков в зерне при различных условиях питания, как правило, обнаруживались в ранние фазы развития зерновки. Так, снижение белковости зерна в варианте N<sub>1</sub>РК у ПППГ 79, ППГ 186, ППГ 347 и Мироновской 808 наблюдалось уже с фазы формирования зерна (рис. 1 и 2).

Гибриды разного геномного состава также различались между собой по интенсивности накопления белков. У амфиплоида ПППГ 163 содержание белкового азота постепенно возрастало от фазы формирования зерна до полной спелости. У других пшенично-пырейных гибри-

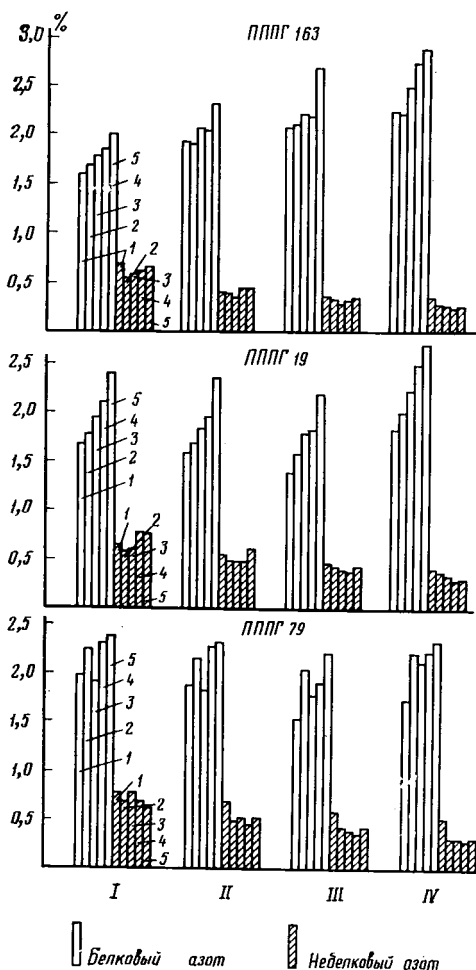


Рис. 1. Изменение содержания форм азота в процессе формирования зерна у амфи- плоидов.

1 — контроль; 2 — РК; 3 —  $N_1PK$ ; 4 —  $N_2PK$ ; 5 —  $N_2PK$  + подкормка; I — фаза формирования зерна; II — молочная спелость; III — молочно-восковая спелость; IV — полная спелость.

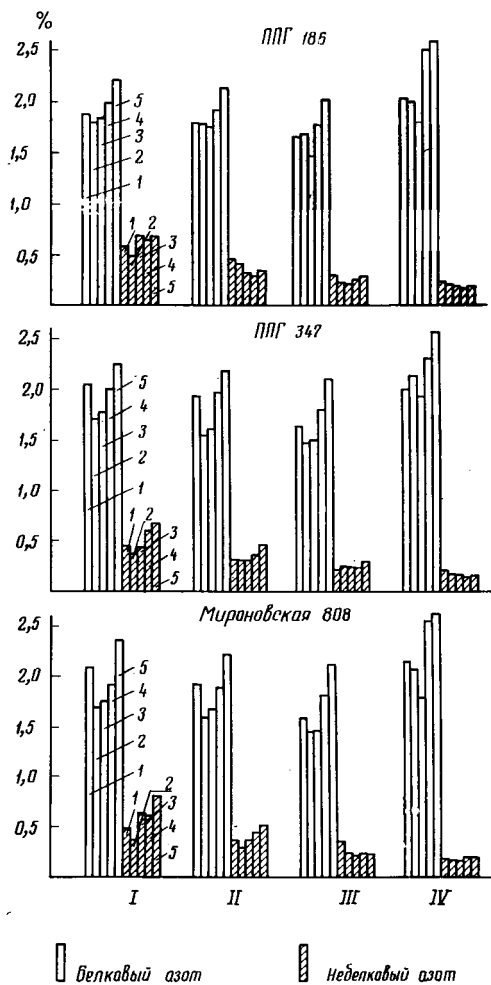


Рис. 2. Изменение содержания форм азота в процессе формирования зерна у гибридов пшеничного типа.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

дов и пшеницы концентрация белкового азота снижалась от фазы формирования зерна до молочно-восковой спелости, а затем скорость синтеза белков в зерне резко возрастала. Содержание небелковых азотистых веществ у всех гибридов постепенно уменьшалось от фазы формирования зерна и к фазе полной спелости практически не различалось по вариантам.

По концентрации белкового и небелкового азота в зерне заметно выделялся вариант с поздней некорневой азотной подкормкой. При внесении мочевины в фазу начала формирования зерна содержание в нем как белковых, так и небелковых форм азота резко возрастало. В последующие фазы развития зерновки разница между вариантами по накоплению белковых веществ сохранялась. В ранние фазы развития зерновки содержание небелковых азотистых веществ было высоким и в контроле.

В результате электрофоретических исследований установлены различия между пшенично-пырейными гибридами по составу легко раство-

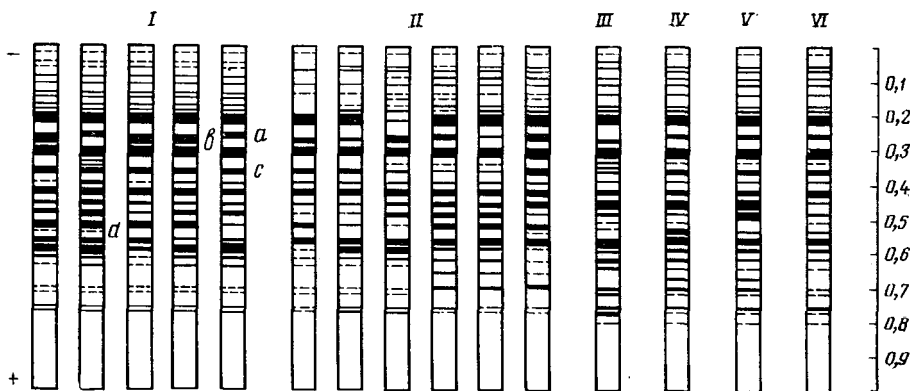


Рис. 3. Электрофоретическое разделение легкорастворимых белков семян пшенично-пырейных гибридов.

*I* и *II* — электрофореграммы белков отдельных семян ПППГ 19 и ПППГ 163; *III* — электрофореграмма ПППГ 79; *IV* — ППГ 186; *V* — ППГ 347; *VI* — пшеницы Мироновской 808. Справа дана шкала относительной электрофоретической подвижности.

римых белков. Эта белковая фракция в полиакриламидном геле разделялась на 26—29 компонентов (рис. 3). При этом белковые комплексы отдельных семян некоторых пшенично-пырейных гибридов были неоднородны по составу электрофоретических компонентов.

В легкорастворимых белках семян амфиплоида ПППГ 19, наследующего пырейный геном  $X_a$ , было обнаружено 5 типов электрофореграмм, различающихся по концентрации многих белковых компонентов. У одних семян в электрофоретическом спектре легкорастворимых белков обнаружен компонент *a* с относительной электрофоретической подвижностью (ОЭП) 0,25, а у других — компонент *b* с ОЭП 0,27. Белковый компонент *d* (ОЭП 0,54) у многих семян данного гибрида практически не выявлен. Электрофоретический компонент *c* (ОЭП 0,36) у некоторых семян гибрида ПППГ 19 разделялся в электрическом поле на три фракции.

У амфиплоида ПППГ 163 обнаружен еще больший полиморфизм легкорастворимых белков: нами было идентифицировано 6 типов электрофореграмм.

У промежуточного гибрида ПППГ 79 так же, как и у гибридов пшеничного типа, не установлено каких-либо заметных различий в электрофоретических спектрах белков отдельных семян. Однако данные гибриды существенно различались между собой по составу легкорастворимых белков. Наиболее заметно у них варьировало соотношение электрофоретических белковых фракций. Для каждого гибрида характерен определенный набор белковых компонентов.

Заметно выраженный полиморфизм белков у некоторых гибридов (ПППГ 19 и ПППГ 163), по-видимому, обусловлен тем, что данные гибриды унаследовали от пырея способность к перекрестному опылению, поэтому у них в результате свободной рекомбинации наследственных факторов создается значительное разнообразие генотипов. У амфиплоида ПППГ 79, у которого во всех семенах обнаружен один тип белкового спектра, вероятно, частота перекрестного опыления небольшая.

Пшеница Мироновская 808, а также ППГ 186 и ППГ 347 относятся к группе самоопыляющихся растений, поэтому их популяции в основном представлены гомозиготными организмами, которые обычно характеризуются большой выравненностью признаков, в том числе и состава белков.

В литературе имеются сведения о том, что образцы зерна, выращенного в контрастных условиях, могут значительно различаться по

составу некоторых белковых фракций. Так, соотношение белковых компонентов в электрофоретическом спектре глинадинов пшеницы изменялось при возделывании растений в условиях вертикальной зональности, а также при увеличении дозы азота свыше 120 кг/га [4, 9, 10].

В нашем вегетационном опыте даже при сравнении наиболее сильно различающихся по условиям питания вариантов (контроль и  $N_2PK$  + поздняя некорневая азотная подкормка) не было обнаружено заметных изменений в электрофоретическом спектре легкорастворимых белков пшеницы и пшенично-пырейных гибридов.

Таким образом, выявленные в процессе электрофоретических исследований особенности состава легкорастворимых белков у разных типов пшенично-пырейных гибридов четко проявляются в различных условиях питания и, следовательно, могут быть использованы в качестве генетического теста при исследовании различных биологических характеристик видов и сортов пшеницы.

### Выводы

1. Пшенично-пырейные гибриды разного геномного состава существенно различаются как по урожайности, так и по многим биохимическим показателям.

2. Промежуточные гибриды, хотя и уступают гибридам пшеничного типа по сбору зерна, отличаются повышенной способностью к накоплению в зерне белков и высокой отзывчивостью на внесение азотных удобрений.

3. При улучшении условий питания, в первую очередь азотного, резко увеличивается не только урожай, но и белковость зерна всех пшенично-пырейных гибридов.

4. Каждый гибрид характеризуется определенным составом легкорастворимых белков зерна, который не меняется при различных условиях питания. У некоторых пшенично-пырейных гибридов обнаружен внутривидовой полиморфизм по составу легкорастворимых белков.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Барташевич В. И. Содержание белка в зерне сортов озимой пшеницы мировой коллекции ВИР. — Тез. докл. 1-й республик. конф. молодых ученых Белоруссии по вопросам повышения эффективности земледелия. Жодино, 1970. — 2. Басова К. И. Об изменчивости продуктивности растений озимой мягкой пшеницы и содержания белка в зерне. — Тр. Донского НИИ сельск. хоз-ва, 1973, т. 6, с. 21—23. — 3. Вакар А. Б. Клейковина — решающий фактор качества сильных пшениц. — С.-х. биол., 1966, т. 1, № 3, с. 329—337. — 4. Вертий С. А. и др. Влияние уровня азотного питания на компонентный состав глинадина озимой пшеницы в связи с ее хлебопекарными свойствами. — Докл. ВАСХНИЛ, 1972, № 4, с. 8—9. — 5. Дроздов В. В., Покровская Н. Ф. Электрофоретическое исследование спиртоизвлекаемых белков зерна мягких и твердых пшениц. — Бюл. ВИР, 1973, вып. 31, с. 36—42. — 6. Лапченко Г. Д. Селекция озимой пшеницы методом отдаленной гибридизации. — В. сб.: Новости с.-х. науки и практики. М.: Россельхозиздат, 1971, с. 3—5. — 7. Майстренко О. И. и др. О перспективах селекции пшеницы на высокое содержание белка и клейковины. — Селекция и семеноводство, 1969, № 8, с. 27—31. — 8. Новиков Н. Н., Плешков
- Б. П. Электрофоретические исследования легкорастворимых белков семян ржи в связи с отбором на белковость. — Физиол. и биохим. культурных растений, 1978, т. 10, № 6, с. 577—583. — 9. Перуанский Ю. В. и др. Качество зерна озимой пшеницы, выращенной в условиях вертикальной зональности. — Докл. ВАСХНИЛ, 1974, № 7, с. 12—14. — 10. Печура А. А., Буракаева Б. Х. Характеристика клейковины и глинадина пшениц в связи с условиями выращивания и качеством клейковины. — В сб.: III Всесоюз. биохим. съезд. Рефер. и науч. сообщ. Рига, 1974, т. 2, с. 249. — 11. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. — 12. Покровская Н. Ф. Исследование химического состава зерна видов и сортов рода *Triticum* L. в связи с селекцией на качество. — Автореф. докт. дис. Л., 1974. — 13. Самсонов М. М. Сильные и твердые пшеницы СССР. М.: Колос, 1967. — 14. Созинов А. А., Попереля Ф. А. Фракционный состав белка, белковость муки пшеницы и ее хлебопекарные свойства. — Науч. техн. бюл. ВСГИ, 1972, вып. 18, с. 34—40. — 15. Созинов А. А., Попереля Ф. А., Стаканова А. И. Использование электрофореза глинадина в селекции пшеницы на качество. — Вестник с.-х. науки, 1974, № 7, с. 99—108. —

16. Цицин Н. В., Любимова В. Ф. К вопросу о формировании 56-хромосомных пшениц. В кн.: Гибриды отдаленных скрещиваний и полиплоиды. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 49—59. — 17. Шарман S. R., McNeal F. H. — Crop Sci., 1970, vol. 10, N 1, p. 45—46. — 18. Finney R. T., Fryer H. C. — Agronomy J., 1958, vol. 50, N 1, p. 149. — 19. Orth R., Bushuk W. — Cereal Chem., 1972, vol. 49, N 3, p. 268—275. — 20. Sosulski F. W., Lin D. M., Paul E. A. — Canad. J. P. Sci. today, 1966, vol. 11, N 7, p. 306—309.

*Статья поступила 28 марта 1980 г.*

#### SUMMARY

The amount and composition of proteins in the grain of wheat-couch grass hybrids of different genome structure under different feeding conditions were studied.

It is found that though amphiploids are inferior to hybrids of wheat type in collecting grain, they are characterized by higher ability to accumulate proteins in the grain and are very responsive to nitrogenous fertilizers. Better nutrition, especially nitrogenous nutritron, resulted in sharp increase not only in yield, but in the protein content in grain of all wheat-couch grass hybrids. It is shown by electrophoretic analysis that each hybrid is characterized by a definite composition of readily soluble grain proteins which does not vary with nutrition. In some wheat-couch hybrids an intraspecific polymorphism in the composition of readily soluble proteins is found.