

УДК 633.11+631.527.5]:631.811.1:631.816.12

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА ПОЗДНЕЙ НЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ НА СИНТЕЗ БЕЛКОВ В ЗЕРНЕ ПШЕНИЧНО-ПЫРЕЙНЫХ ГИБРИДОВ

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

Уровень обеспеченности пшеницы азотом в период созревания семян является решающим фактором повышения белковости зерна [1, 4, 8, 11, 17]. В этот период происходит активный отток пластических веществ из листьев и стеблей в созревающие зерновки и, как правило, завершается формирование качества зерна. Пшеница отличается высокой способностью к реутилизации азота из вегетативных органов, но его обычно бывает недостаточно для получения зерна с повышенным содержанием белков.

Азотные удобрения, внесенные осенью и весной, в основном используются растениями на формирование вегетативных органов, оказывая заметное действие на озерненность колоса. В дальнейшем азот удобрений в результате реутилизации азотистых веществ используется на синтез белков в созревающем зерне. Вместе с тем на малоплодородных почвах и в условиях повышенного увлажнения даже при внесении в почву высоких доз азотных удобрений часто ощущается дефицит азота во время созревания семян и белковость зерна снижается [7, 10, 15].

Заметное действие на белковистость зерна пшеницы и ее гибридов могут оказывать поздние некорневые азотные подкормки в фазы колошения, цветения и начала налива зерна, когда вегетативный рост растений завершается и внесенный азот используется растениями на синтез и отложение белков в запас [13, 14, 16, 19, 20]. В этом случае не только повышается общее количество белковых веществ в зерне, но и изменяется соотношение белковых фракций, наиболее активно азот подкормки включается во фракции клейковинных белков — глиадинов и глютелинов [2, 3, 5, 6, 9].

Нами изучалось влияние поздней некорневой азотной подкормки на содержание и состав белков в зерне пшенично-пырейных гибридов разного геномного состава с применением мочевины, меченной  $^{15}\text{N}$ .

### Материал и методика

В опыт были включены два типа пшенично-пырейных гибридов: ПППГ 79 — амфилоид, имеющий в соматических клетках, кроме пшеничных, пырейный геном  $\text{Da}$  [18], и ППГ 347 — перспективный пшенично-пырейный гибрид пшеничного типа, не уступающий по урожайности районированным сортам озимой мягкой пшеницы. Для сравнения был взят широко возделываемый сорт обычной мягкой пшеницы Мироновская 808.

Растения выращивали в сосудах Митчеллиха на 6 кг почвы. Дерново-подзолистая почва, используемая в опыте, характеризовалась следующими показателями: рН — 5,0;  $\text{H}_+$  — 7,6;  $\text{S}$  — 11,5 мг-экв на 100 г; содержание гумуса — 2,8 %; содержание

$\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{K}_2\text{O}$  (в вытяжке по Кирсанову) — соответственно 4,2 и 5,4 мг на 100 г. Фосфорные и калийные удобрения в виде одно- и двухзамещенных фосфатов калия вносили осенью из расчета по 0,8 г  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{K}_2\text{O}$  на сосуд, азотное удобрение в виде аммиачной селитры — осенью в дозе 0,4 г  $\text{N}$  на сосуд и весной 1,0 г в корневую подкормку. Для нейтрализации почвенной кислотности вносили углекислый кальций по полной гидролитической кислотности. Некорневую подкормку проводили в фазу начала формирования зерна мочевиной, меченной  $^{15}\text{N}$ , из расчета 0,3 г  $\text{N}$  на сосуд. В каждом сосуде оставляли по 10 растений.

В процессе созревания семян были ото-

браны пробы в фазы формирования зерна, молочной и молочно-восковой спелости. Сроки наступления фаз контролировали по влажности созревающих зерновок. Отобранный для анализа материал фиксировали жидким азотом и лиофильно высушивали. В зерне определяли содержание общего,

белкового и небелкового азота, а также фракционный состав белков [12]. Содержание белков находили умножением белкового азота на коэффициент 5,7. Изотопный анализ азота проводили на масс-спектрометре МИ-13-05.

### Результаты исследований

Обработка растений мочевиной в начале формирования зерна не оказывала заметного влияния на урожай, но качество зерна при этом изменялось (табл. 1). При внесении 0,3 г N на сосуд в виде некорневой подкормки содержание азота и белков в зерне пшеницы и пшенично-пырейных гибридов повышалось (разница соответственно 0,16—0,41 и 0,8—2,2 % на сухое вещество). Наибольшее количество белков накапливалось в зерне ПППГ 79. Вследствие повышения белковистости зерна в варианте с некорневой подкормкой у всех образцов увеличился сбор белка.

Повышение в зерне концентрации белкового азота при поздней азотной подкормке сопровождалось некоторым повышением количества небелковых азотистых веществ, в результате соотношение белкового и небелкового азота сохранялось примерно на одном и том же уровне (табл. 2).

Вскоре после проведения поздней некорневой подкормки у пшеницы и пшенично-пырейных гибридов увеличивался фонд азотистых веществ, поступавших в созревающее зерно. При этом в зерновках повышалась концентрация как белкового азота, так и небелкового. Разница в их содержании в зерновках между вариантами с некорневой подкормкой и без нее наблюдалась во все фазы созревания семян.

Пшенично-пырейные гибриды заметно отличались от пшеницы Мироновской 808 динамикой накопления белковых веществ в зерне. Содержание белкового азота в их зерновках снижалось от фазы формирования зерна до молочно-восковой спелости и затем резко повышалось до фазы полной спелости. У пшеницы Мироновской 808 при корневой и некорневой подкормках этот показатель постепенно увеличивался от фазы формирования зерна до полной спелости. Концентрация небелковых азотистых веществ у всех образцов в процессе созревания семян снижалась в 3,5—4 раза.

При некорневой подкормке не только повысилась белковистость зерна пшеницы и пшенично-пырейных гибридов, но и заметно изменился

Т а б л и ц а 1

Урожайность пшеницы и пшенично-пырейных гибридов и накопление белков в зерне. Вегетационный опыт 1978—1979 гг.

Вариант опыта	Урожай зерна, г на сосуд	Общий азот, %	Содержание белков, %	Сбор белка, г на сосуд
ПППГ 79				
НРК	39,3	2,76	14,6	4,4
НРК + подкормка	39,6	3,06	16,1	4,9
ППГ 347				
НРК	48,0	2,72	14,4	5,3
НРК + подкормка	48,7	2,88	15,2	5,6
Мироновская 808				
НРК	42,7	2,57	13,4	4,4
НРК + подкормка	42,5	2,98	15,6	5,1

состав суммарных белков (табл. 3): в зерновках возросло количество глиадинов и глобулинов, а содержание глютеинов, альбуминов и легкорастворимых глобулинов снизилось.

Амфиплоид ПППГ 79 отличался от пшеницы более высоким содержанием в зерне альбуминов, глобулинов и неэкстрагируемых белков и несколько меньшим количеством клейковинных белков — глиадинов и глютеинов. Гибрид пшеничного типа ППГ 347 по концентрации в зерне отдельных белковых фракций занимал промежуточное положение. Вместе с тем, как уже отмечалось, реакция на некорневой азот у этих гибридов была такая же, как и у обычной пшеницы. Изменение фракционного состава белков под влиянием некорневой подкормки обнаруживалось вскоре после обработки растений мочевиной и сохранялось до полного созревания зерна.

Особенно существенно изменялся состав белков в процессе созревания семян. В фазу формирования зерна 40—56 % суммарных белков составляли альбумины и легкорастворимые глобулины, содержание которых в более поздний период созревания зерна снижалось до 11—15 %. К полной спелости у всех образцов уменьшалась и доля неэкстрагируемых белков — от 10—12 до 8—9 % общего количества белков (рисунок).

Количество клейковинных белков в созревающих зерновках накапливалось в основном за счет увеличения доли глиадинов, синтез глютеинов был менее интенсивным. Особенно резко возрастал уровень глиадинов в зерне по окончании фазы молочной спелости, в зрелом зерне содержание спирторастворимых белков достигало 27,1—34,8 %.

Т а б л и ц а 2

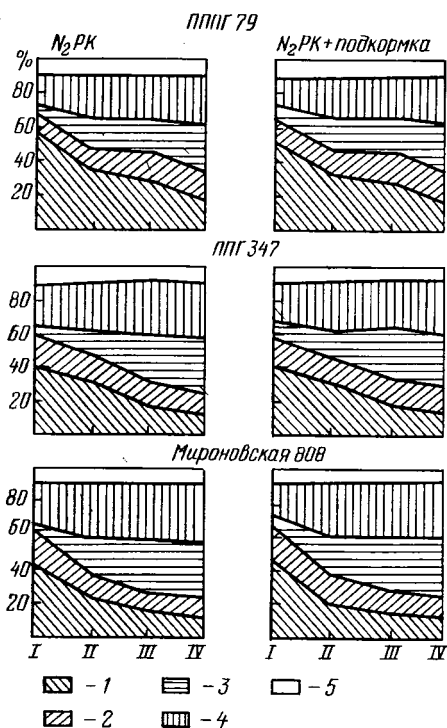
Изменение содержания белкового и небелкового азота в процессе созревания зерна (% от сухой массы)

Фаза созревания	Белковый азот		Небелковый азот	
	НРК	НРК + подкормка	НРК	НРК + подкормка
ПППГ 79				
I	2,46	2,52	0,84	0,93
II	2,14	2,43	0,53	0,57
III	2,08	2,22	0,43	0,48
IV	2,56	2,83	0,20	0,23
ППГ 347				
I	2,39	2,42	0,69	0,88
II	2,26	2,34	0,45	0,50
III	2,18	2,28	0,31	0,33
IV	2,52	2,66	0,20	0,22
Мироновская 808				
I	1,77	2,10	0,74	0,83
II	1,78	2,31	0,45	0,47
III	1,90	2,35	0,30	0,32
IV	2,36	2,74	0,21	0,24

Примечание. В этой и последующих таблицах: I — фаза формирования зерна, II — молочная спелость, III — молочно-восковая спелость, IV — полная спелость.

Т а б л и ц а 3  
Фракционный состав белков (Nфракций, % от белкового)

Вариант опыта	Альбумины и легкорастворимые глобулины	Глобулины	Глиадины	Глютеины	Остаток
ПППГ 79					
НРК	15,8	17,8	27,1	30,0	9,3
НРК + подкормка	15,1	18,6	28,4	28,2	9,7
ППГ 347					
НРК	12,7	13,5	31,0	33,7	9,1
НРК + подкормка	12,2	15,0	32,3	31,3	9,2
Мироновская 808					
НРК	11,9	12,1	33,5	34,3	8,2
НРК + подкормка	11,3	13,0	34,8	32,4	8,5



Изменение фракционного состава белков в процессе созревания семян (N фракций, % от белкового).

I — фаза формирования зерна; II — молочная спелость; III — молочно-восковая спелость; IV — полная спелость; 1 — альбумины и легко растворимые глобулины; 2 — глобулины; 3 — глиадины; 4 — глютенны; 5 — неэстрагируемые белки.

восковой спелости, однако оно, вероятно, обусловлено биологическим варьированием.

Амфиплоид отличался от ППГ 347 и обычной пшеницы более эффективным использованием азота поздней некорневой подкормки, который, как показал наш опыт, интенсивнее включался в состав азотистых веществ зерна этого гибрида. Так, к фазе полной спелости в зерно пшеницы из подкормки поступило 86,6 мг азота (в расчете на сосуд), у ППГ 347—106,5, а у ПППГ 79—126,3 мг. В соответствии с этим азот подкормки в зрелом зерне составлял 9,8; 8,8 и 13,6 % общего азота. Более интенсивное включение азота подкормки в зерно ПППГ 79 объясняется, очевидно, прежде всего меньшей потерей его при обработке растений мочевиной благодаря более мощной, чем у пшеницы, вегетативной массе. Однако ППГ 347 также заметно превосходил пшеницу по эффективности использования азота некорневой подкормки, хотя он относится к короткостебельным формам. Отсюда следует, что лучшее использование азота подкормки пшенично-пырейными гибридами, является, по-видимому, их наследственной особенностью.

В нашем опыте уже через несколько дней после некорневой подкормки 74—75 % меченого азота, поступившего в зерно, использовалось для синтеза белков и только 25—26 % азота было обнаружено в составе небелковых азотистых веществ. На последующих этапах созревания семян азот подкормки еще более интенсивно включался в белки зерна, поэтому к фазе полной спелости почти весь азот подкормки, поступив-

Гибриды существенно различались по синтезу глобулиновой фракции зерна. У пшеницы Мироновской 808 содержание глобулинов в процессе созревания семян снижалось от 17—20 до 12—13 %, у ППГ 347 — от 17—18 в фазу формирования зерна до 13—15 % в фазу полной спелости. У гибрида ПППГ 79 их количество в процессе созревания зерна возрастало. Содержание солерастворимых белков у данного гибрида увеличивалось от 11—13 % в фазу формирования зерна до 17,8—18,6 % в фазу полной спелости. Поэтому можно предположить, что у гибрида ПППГ 79 большая часть глобулинов выполняет роль запасных белков.

Изотопный анализ азота в фазу формирования зерна показал, что азот некорневой подкормки быстро включался как во фракцию небелковых азотистых веществ, так и в состав белков, причем обогащенные последними изотопом  $^{15}\text{N}$  было больше.

В последующие фазы созревания зерна вследствие поступления в зерно немеченого азота из вегетативных органов концентрация меченого азота в зерне уменьшалась. Некоторое отклонение от этой закономерности было отмечено у гибрида ПППГ 79 в фазу молочно-

Включение меченого  $^{15}\text{N}$  азота некорневой подкормки во фракции азота зерна пшеницы и пшенично-пырейных гибридов

Фаза созревания	Поступление азота подкормки в зерно			Распределение азота подкормки по фракциям, % от поступившего	
	избыток, ат. % $^{15}\text{N}$	поступило, мг на сосуд	азот подкормки, % от всего азота зерна	белковый	небелковый
ПППГ 79					
I	11,33	52,4	19,9	74,3	25,7
II	7,77	87,4	13,6	82,9	17,1
III	8,57	90,4	14,8	85,0	15,0
IV	7,74	126,3	13,6	95,4	4,6
ППГ 347					
I	9,10	42,4	16,0	74,7	25,6
II	8,57	76,9	15,1	83,7	16,3
III	6,84	93,1	12,0	90,0	10,0
IV	5,58	106,5	9,8	94,9	5,1
Мироновская 808					
I	9,01	39,8	15,8	75,1	24,9
II	7,69	66,4	13,5	86,4	13,6
III	6,29	72,7	11,0	90,0	10,0
IV	5,00	86,6	8,8	94,7	5,3

ший в зерно, был обнаружен в составе белков (в среднем 95 %) и только 5 % в небелковой фракции.

В фазу формирования зерна наибольшее количество меченого азота поступало во фракцию альбуминов и легкорастворимых глобулинов, в 2—4 раза меньше азота подкормки включалось во фракции глобулинов, глютелинов и неэкстрагируемых белков (табл. 5). На первых этапах формирования зерна менее интенсивно азот подкормки поступал в спирторастворимые белки — глиадины, особенно у амфиплоида ПППГ 79. В дальнейшем синтез глиадинов усиливался, о чем свидетельствует большее поступление в эту фракцию меченого азота как в абсолютном, так и в относительном выражении. Если в фазу формирования зерна в глиадины включалось 3—5 % азота подкормки, поступившего в зерно, то к фазе полной спелости — 28—32 %.

Синтез альбуминов и легкорастворимых глобулинов был наиболее интенсивным в ранние фазы созревания зерна: у пшенично-пырейных гибридов — до фазы молочной спелости, у пшеницы Мироновской 808 — в фазу формирования зерна; в дальнейшем поступление меченого азота в эти фракции снижалось. В фазу формирования зерна в альбумины и легкорастворимые глобулины включалось до 31—40 % азота подкормки, поступившего в зерно, а в фазу полной спелости — всего 10—13 %. На всех этапах созревания семян в большем количестве меченый азот поступал в альбумины и легкорастворимые глобулины амфиплоида. Это подтверждается результатами анализа фракционного состава белков, согласно которым в зерне амфиплоида концентрация легкорастворимых белков значительно выше, чем в зерне пшеницы и гибрида пшеничного типа.

В процессе созревания семян азот некорневой подкормки интенсивно поступал во фракцию глобулинов, но скорость синтеза этих белков у разных образцов была различной: у амфиплоида она увеличивалась от фазы формирования зерна до полной спелости, у гибрида ППГ 347 бы-

Включение меченого  $^{15}\text{N}$  азота некорневой подкормки в белковые фракции зерна пшеницы и пшенично-пырейных гибридов (в числителе — мг на сосуд, в знаменателе % от всего азота подкормки, поступившего в зерно)

Фаза созревания зерна	Альбумины и легко-растворимые глобулины	Глобулины	Глиадины	Глютенины	Неэкстрагируемые белки
ПППГ 79					
I	19,8	4,9	1,2	5,4	5,1
	40,4	10,0	2,6	10,9	10,4
II	22,8	11,3	12,3	16,6	8,4
	26,6	13,1	14,2	19,3	9,7
III	19,9	13,2	17,3	16,8	7,9
	22,5	14,9	19,6	19,1	8,9
IV	17,0	22,5	35,1	34,0	11,5
	13,5	17,9	27,9	27,0	9,1
ППГ 347					
I	12,9	5,4	2,4	6,8	3,4
	31,1	13,0	5,7	16,5	8,1
II	18,0	9,2	8,8	16,5	6,7
	25,4	13,0	12,5	23,3	9,5
III	14,0	12,8	22,7	24,2	7,6
	15,5	14,1	25,2	26,8	8,4
IV	11,1	15,4	33,4	31,2	9,6
	10,4	14,5	31,5	29,4	9,1
Мироновская 808					
I	12,0	5,6	1,7	4,9	2,8
	33,4	15,4	4,9	13,5	7,8
II	10,1	10,2	10,2	16,8	5,5
	16,5	16,6	16,6	27,6	9,1
III	8,9	9,2	18,4	18,1	6,1
	13,3	13,6	27,2	26,8	9,1
IV	9,1	11,5	28,9	28,4	7,6
	10,0	12,8	32,1	31,5	8,3

ла практически одинаковой во все фазы созревания семян. У пшеницы синтез солерастворимых белков снижался после наступления молочной спелости.

Наиболее интенсивный синтез глютеинов отмечался от фазы формирования зерна до молочной спелости и от молочно-восковой до полной спелости. К фазе полной спелости во фракцию глютеинов включалось 27—31 % азота подкормки, поступившего в зерно. Меченый азот включался во фракцию неэкстрагируемых белков менее интенсивно и с примерно одинаковой скоростью на всех этапах созревания семян.

Таким образом, к фазе полной спелости 28—32 % азота поздней некорневой подкормки обнаруживалось в составе глиадинов, 27—31 % поступившего азота затрачивалось на синтез глютеинов, 10—13 % включалось в состав альбуминов и легкорастворимых глобулинов, 12—17 % — в состав глобулинов и 8—9 % — в состав неэкстрагируемых белков. Примерно 95 % поступившего в зерно азота некорневой подкормки расходовалось растениями на синтез белков и только 5 % обнаруживалось во фракции небелкового азота. Пшенично-пырейные гибриды использовали азот поздней некорневой подкормки более эффективно, чем пшеница Мироновская 808.

## Выводы

1. Обработка растений раствором мочевины в начале формирования зерна не оказывала влияния на урожайность пшеницы и пшенично-пырейных гибридов, но способствовала накоплению в зерне белковых веществ, в результате чего существенно увеличивался общий сбор белка. Пшенично-пырейные гибриды заметно отличались от пшеницы Мироновской 808 по динамике накопления белковых веществ в зерне.

2. Под влиянием поздней некорневой азотной подкормки в зерне пшеницы и пшенично-пырейных гибридов повышалось содержание спирторастворимых белков, а также глобулинов и снижалась концентрация глютелинов, альбуминов и легкорастворимых глобулинов.

3. В процессе созревания зерна у всех образцов уменьшалась доля легкорастворимых белков и увеличивалось содержание клейковинных в основном за счет повышения доли глиадинов. У амфиплоида ПППГ 79 также возрастала концентрация глобулинов.

Азот некорневой подкормки быстро включался в белки. Примерно 95 % поступившего в зерно азота подкормки затрачивалось растениями на синтез белков и только 5 % было обнаружено во фракции небелкового азота. Пшенично-пырейные гибриды более эффективно использовали азот некорневой подкормки.

5. На первых этапах формирования зерна наблюдался интенсивный синтез альбуминов и легкорастворимых глобулинов а у гибрида амфиплоидного типа ПППГ 79 также и остальных глобулинов. В дальнейшем резко увеличивалось поступление азота подкормки во фракцию глиадинов. Синтез глютелинов был наиболее интенсивным от фазы формирования зерна до молочной спелости и от молочно-восковой до полной спелости зерна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буденный Ю. В., Кучумова Л. П., Кравец Л. П. Влияние некорневых подкормок на урожай и качество зерна озимой пшеницы Мироновской 808. — Селекция и семеноводство. Респ. межвед. темат. науч. сб., 1976, вып. 34, с. 84—88. — 2. Бураку И. Н. Влияние некорневой подкормки на азотный обмен в растениях озимой пшеницы. — Агрохимия, 1975, № 4, с. 26—34. — 3. Воллейдт Л. П. Изучение поступления и ассимиляции азота в растениях с использованием стабильного изотопа  $^{15}\text{N}$ . — Агрохимия, 1977, № 7, с. 136—142. — 4. Кириченко В. П., Зражевский М. И. Применение высоких уровней азотного питания озимой пшеницы в условиях орошения. — Агрохимия, 1975, № 6, с. 18—21. — 5. Комарова Т. Е. Влияние минеральных удобрений на формирование фракционного состава белков в зерне озимой пшеницы в процессе созревания. — Сб. науч. тр. Бел. с.-х. акад., 1975, вып. 5, с. 50—54. — 6. Минеев В. Г. Удобрение, урожай, качество. Воронеж, 1966. — 7. Минеев В. Г., Ефремова Л. И. Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы на черноземах. — Агрохимия, 1976, № 12, с. 3—8. — 8. Мосолов И. В., Карандашов П. Г. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна пшеницы. — Агрохимия, 1964, № 8, с. 138—141. — 9. Муравин Э. А., Кожемячко В. А. Использование яровой пшеницей азота мочевины и аммиачной селитры, меченных  $^{15}\text{N}$ , при поздних подкормках. — Изв. ТСХА, 1972, вып. 3, с. 67—76. — 10. Недвига Н. В., Вдовенко А. Ф. Влияние некорневой подкормки азотными удобрениями на качество зерна озимой пшеницы. — Науч. тр. Укр. с.-х. акад., 1978, № 211, с. 20—22. — 11. Павлов А. Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Наука, 1967. — 12. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. — 13. Плешков Б. П., Новиков Н. Н., Миляева Т. Ф. Содержание и состав белков в зерне пшенично-пырейных гибридов при различных условиях азотного питания. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 2, с. 57—65. — 14. Плешков Б. П., Новиков Н. Н., Миляева Т. Ф. Накопление белка в зерне пшенично-пырейных гибридов разного геномного состава при различных условиях питания. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 4, с. 81—88. — 15. Радов А. С. Использование минеральных удобрений в Поволжье. — Химия в сельск. хоз-ве, 1977, № 2, с. — 16. Расулов Д. А. Влияние сроков внесения азотных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы в богарных условиях Дагестана. — Агрохимия, 1977, № 9, с. 13—16. — 17. Хилько В. Т., Хилько Л. Ф., Рубан М. Д. Влияние азотных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы в зоне южных черноземов Волгоградской области. — Агрохимия, 1979, № 8, с. 3—8. 18. Ячевская

Г. Л. Некоторые вопросы цитогенетики пшенично-пырейных гибридов. — В сб.: Новости с.-х. науки и практики. М.: Россельхозиздат, 1971. — 19. Nelson L. X., Young C. T., Bitzer V. J. — Commun.

Soil Ssi. Plant Analysis, 1978, vol. 9, N 5, p. 415—428. — 20. Dokic D. — Agrohemija, 1979, N 3—4, s. 115—122.

*Статья поступила 5 декабря 1980 г.*

#### SUMMARY

It was shown in pot experiment that the yielding capacity of wheat and wheat-couch grass hybrids was not affected by treating the plants with the solution of urea at the initial stage of grain formation, but the accumulation of protein in grain increased by 1—2 % on the average. Wheat-couch grass hybrids differed markedly from Mironovskaja 808 wheat in the dynamics of accumulation of protein substances in grain.

At the first stages of grain formation an intensive synthesis of readily soluble proteins occurred, while later in the accumulation if gluten proteins increased sharply.