

УДК 633.11:631.527.5:581.134.4

СОСТАВ БЕЛКОВ И АКТИВНОСТЬ АМИЛОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ПШЕНИЧНО-ПЫРЕЙНЫХ ГИБРИДОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

Н. В. ЗАСЛАВСКАЯ, Б. П. ПЛЕШКОВ, Н. Н. НОВИКОВ, В. В. ЗАЗИМКО

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Накопление белка в зерне пшеницы и ее гибридов зависит от генетических особенностей растений, условий питания и прежде всего от внесения удобрений. Наиболее сильное влияние на этот показатель могут оказывать азотные удобрения, при высоких дозах которых не только повышается содержание белков в зерне, но и изменяется соотношение белковых фракций [2, 10].

При улучшении условий азотного питания растений в зерне значительно возрастает доля проламинов, которые характеризуются очень низким содержанием незаменимых аминокислот, в результате снижается биологическая ценность суммарного белка [5, 10]. Основной путь повышения биологической ценности белков пшеницы — создание новых сортов с улучшенным аминокислотным составом. Таким свойством обладают многие сородичи пшеницы, в частности некоторые виды пырея. Вовлечение последнего в скрещивание с пшеницей позволило расширить пределы ее биологических возможностей [9, 12, 14].

Питательная ценность и хлебопекарные качества зерна мягких пшениц тесно связаны с активностью гидролитических ферментов и прежде всего амилаз. Низкая активность амилаз во время приготовления теста ослабляет процессы брожения и осахаривания крахмала, в итоге снижается газообразующая способность теста и ухудшается структура хлебного мякиша. С увеличением активности амилолитических ферментов газообразующая способность теста возрастает. Чрезмерное повышение амилазной активности зерна также вызывает ухудшение хлебопекарных свойств муки. Их снижение часто обусловлено возрастанием активности α -амилазы [3, 6, 7, 15].

Активность амилаз в зерне пшеницы может изменяться под влиянием удобрений. При их применении возрастает активность свободных β -амилаз [1, 15]. Внесение высоких доз азотных удобрений в начале вегетации приводит к увеличению α -амилазной активности зерна, тогда как дробное внесение азота и поздние внекорневые азотные подкормки — к повышению в зрелом зерне активности β -амилаз [2, 4].

В 1980—1981 гг. нами изучались состав белков и активность амилолитических ферментов в зерне пшенично-пырейных гибридов при различных уровнях азотного питания.

Материал и методика

В опытах были использованы два типа пшенично-пырейных гибридов: ПППГ 79 — амфилоид, в составе которого имеется пырейный геном Да; ППГ 347 и ППГ 186 — пшенично-пырейные гибриды пшеничного типа. Для сравнения был взят сорт обычной мягкой пшеницы Мироновская 808.

В вегетационном опыте растения выращивали в сосудах Митчерлиха, почва дерново-подзолистая, $pH_{\text{сод}}$ — 3,5, содержание гумуса — 2,7 %, содержание P_2O_5 и K_2O в вытяжке по Кирсанову — соответственно 6,6 и 7,4 мг на 100 г. Схема опыта: 1-й вариант — РК; 2-й — NPK; 3-й — NPK — некорневая подкормка 0,3 г N на со-

суд. Фосфор и калий вносили осенью по 0,8 г P_2O_5 и K_2O на сосуд, азот — осенью 0,4 г на сосуд и весной 1 г на сосуд. Для нейтрализации почвенной кислотности использовали углекислый кальций в дозе, рассчитанной по полной гидролитической кислотности. Повторность опыта 4-кратная.

Мелкоделетачный полевой опыт был заложен на Опытной станции полеводства и льноводства Тимирязевской академии: 1-й вариант — 90P90K; 2-й — 90N90P90K; 3-й — 140N90P90K; 4-й — 140N90P90K + поздняя некорневая подкормка 30N.

Почва на опытном участке дерново-подзолистая среднесуглинистая, $pH_{\text{сод}}$ — 5,8, содержание гумуса — 2,1 %, P_2O_5 и K_2O в

вытяжке по Кирсанову — соответственно 5 и 8 мг на 100 г. Площадь делянки 1 м², повторность опыта 4-кратная. Фосфор и калий в виде суперфосфата и хлористого калия вносили осенью, азот в виде аммиачной селитры — осенью 40 кг/га и весной во 2-м варианте 50 кг/га, в 3-м — 100 кг/га. Некорневую подкормку 3 %-ым раствором мочевины проводили в фазу начала формирования зерна.

В зерне определяли содержание общего, белкового и небелкового азота микрометодом Кьельдаля, фракционный состав белков — по Осборну с некоторыми модификациями [11], содержание белка в ферментном растворе — по методу Лоури [11]. Амилазы экстрагировали водой, активность амилаз устанавливали по количеству гидролизованного крахмала в присутствии йодного реактива [11].

Результаты исследований

В вегетационном опыте урожай зерна при внесении азотных удобрений повышался в 2,8—4,9 раза (табл. 1). Наиболее урожайным ока-

Таблица 1

Урожай зерна пшенично-пырейных гибридов и пшеницы

Вариант опыта	Вегетационный опыт, г на сосуд				Вариант опыта	Полевой опыт, г на делянку		
	ПППГ 79	ППГ 347	Мироновская 808	ППГ 186		ПППГ 79	ППГ 347	Мироновская 808
РК	5,3	9,3	8,4	8,2	90P90K	63,6	90,2	67,7
НРК	25,9	27,5	24,1	23,1	90N90P90K	70,6	117,5	71,2
НРК+подкормка	25,1	27,8	24,2	23,3	140N90P90K	103,5	129,0	103,6
НСР ₀₅	2,7				То же+30N	100,4	129,0	104,5
					НСР ₀₅	6,3		

зался ПППГ 347. Амфилоид ПППГ 79 отличался от пшеницы и гибридов пшеничного типа повышенной реакцией на азотные удобрения. Урожай зерна у этого гибрида при внесении 1,4 г N на сосуд был в 4,9 раза выше, чем в варианте без азота, тогда как у пшеницы и гибридов пшеничного типа — в 2,8—3 раза. Такая особенность амфилоида может быть использована в селекционной работе по созданию сортов пшеницы, отличающихся повышенной отзывчивостью на азотные удобрения.

В полевом опыте эффект от азотных удобрений был значительно ниже, чем в вегетационном, что обусловлено июньской засухой 1981 г. При внесении азота в норме 90 кг/га урожай пшеницы и пшенично-пырейных гибридов повысился в 1,1—1,3 раза по сравнению с вариантом РК, а при внесении 140 кг/га — в 1,4—1,6 раза. При этом гибрид амфилоидного типа уже не характеризовался повышенной реакцией на азотные удобрения, что связано с засушливыми условиями вегетации 1981 г. По урожайности в полевом опыте так же, как и в вегетационном, выделялся ПППГ 347. Поздняя некорневая азотная подкормка не оказала существенного влияния на урожайность пшенично-пырейных гибридов.

Азотные удобрения способствовали не только повышению урожайности пшеницы и пшенично-пырейных гибридов, но и улучшению качества зерна. В вегетационном опыте при внесении 1,4 г N на сосуд содержание белков в зерне было на 1,6—4,0 % выше, чем в варианте РК, а после обработки растений раствором мочевины в фазу начала формирования зерна — на 1,3—3,7 %. ПППГ 347 уступал пшенице по белковости зерна, но превосходил ее по сбору белка, поскольку урожайность его была выше. ПППГ 186 мало отличался от Мироновской 808 по урожайности, но белковости зерна у него была выше. ПППГ 79 свойственна более высокая способность к накоплению в зерне белков при дефиците азота. Содержание белков в его зерне в варианте без азота было на 1,7—2,5 % выше, чем у гибридов пшеничного типа и пшеницы (табл. 2).

В полевом опыте повышение содержания белков в зерне под действием азотных удобрений было практически таким же, как и в вегетационном опыте. При норме 140 N содержание белков в зерне по сравнению с вариантом РК увеличилось на 1,6—4,8 %, а при некорневой азотной подкормке — на 1,5—2,6 %. У ПППГ 79 в варианте РК этот показатель был на 5,6 и 6,2 % больше, чем соответственно у пшеницы и гибрида пшеничного типа, в других вариантах — на 3—5,7 %. Повышенная способность амфилоида к накоплению в зерне белков, особенно при дефиците азота, является ценным генетическим признаком и требует дальнейшего биохимического изучения.

Фракционный состав белков зерна сравнивался у образцов, максимально различающихся по содержанию белков (варианты без азота и 140N90P90K + 30N в подкормку).

Таблица 2

Содержание белков в зерне (% — числитель) и сбор белка (г на сосуд или на делянку — знаменатель)

Вариант опыта	Вегетационный опыт				Вариант опыта	Полевой опыт		
	ПППГ 79	ППГ 347	Мироновская 808	ППГ 186		ПППГ 79	ППГ 347	Мироновская 808
РК	13,0 0,7	11,3 1,0	10,5 0,8	11,3 0,8	90P90K	15,0 8,8	8,8 7,4	9,4 6,0
НРК	14,6 3,4	13,7 3,5	14,5 3,3	15,2 3,3	90N90P90K	15,7 10,3	11,9 13,0	10,5 7,0
НРК+подкормка	15,9 3,7	15,8 4,1	17,5 3,9	18,9 4,1	140N90P90K	16,6 16,0	13,6 16,3	11,3 11,0
					То же + подкормка 30N	19,2 17,9	15,1 18,1	13,5 13,1

Таблица 3

Фракционный состав белков зерна в полевом опыте (N фракций в % от белкового N; в числителе — 90P90K, в знаменателе — 140N90P90K+3N в подкормку)

Белковые фракции	ПППГ 79	ППГ 347	Мироновская 808	Белковые фракции	ПППГ 79	ППГ 347	Мироновская 808
Альбумины и легкорастворимые глобулины	17,7	13,6	13,0	Глютенины	25,3	35,7	32,7
Глобулины, выделяемые 1 M KCl	14,4	10,2	13,2		32,3	39,3	38,4
	15,8	13,2	13,7	Остаток	12,7	10,5	12,5
	11,6	10,2	10,5		9,5	9,3	9,5
Глиадины	28,5	27,0	28,1				
	32,2	31,0	28,4				

Под влиянием азотных удобрений в зерне пшенично-пырейных гибридов снижалось содержание легкорастворимых белков — альбуминов и глобулинов, а также увеличивалась доля клейковинных белков — глиадинов и глютенинов (табл. 3).

В зерне пшеницы Мироновской 808 снижалась концентрация глобулинов, выделяемых 1 M KCl, и повышалось содержание глютенинов. У всех генотипов под действием азотных удобрений несколько уменьшилась доля неэкстрагируемых белков. Гибрид амфилоидного типа характеризовался большим содержанием легкорастворимых белков. Таким образом, повышение белковости зерна у пшенично-пырейных гиб-

ридов, вызванное внесением азотных удобрений так же, как у пшеницы, сопровождалось заметным изменением соотношения белковых фракций, которое выражалось в большем накоплении клейковинных белков.

Качество зерна пшеницы и ее гибридов зависит от активности амилитических ферментов. Известно, что для хлебопекарных изделий необходимо иметь зерно с невысокой активностью α -амилаз. Семенной материал должен содержать определенное количество β -амилазы, от которого зависит нормальная всхожесть зерна.

Азотные удобрения в зависимости от норм и способов внесения поразному влияют на активность амилаз в зрелом зерне. В вегетационном опыте при внесении азота в зрелом зерне пшеницы и пшенично-пырейных гибридов удельная активность α -амилазы повышалась, а β -амилаз у одних генотипов повышалась, а у других снижалась (табл. 4).

Однако активность β -амилаз, рассчитанная в процентах от общей амилазной активности, при внесении азота снижалась. При некорневой подкормке пшеницы и гибридов пшеничного типа раствором мочевины α -амилазная активность в зерне значительно уменьшалась, активность β -амилаз повышалась. У гибрида амфиплоидного типа при некорневой

Таблица 4

Удельная активность амилаз в зерне в вегетационном и полевом опытах

Вегетационный опыт				Полевой опыт			
вариант	общая амилазная активность, мг гидролиз. крахмала на 1 мг белка за 1 ч	α -амилаза	β -амилаза	вариант	общая амилазная активность, мг гидролиз. крахмала на 1 мг белка за 1 ч	α -амилаза	β -амилаза
		% от общей амилазной активности				% от общей амилазной активности	
ПППГ 79				ПППГ 79			
РК	24,1±0,2	17,0	83,0	90P90K	25,0±0,1	8,0	92,0
НРК	31,7±0,3	25,9	74,1	90N90P90K	28,1±0,1	4,3	95,7
НРК+подкормка	28,1±0,2	23,1	76,9	140N90P90K	29,3±0,1	11,6	88,4
				То же+30N	31,4±0,1	4,8	95,2
ППГ 347				ППГ 347			
РК	23,6±0,2	12,7	87,3	90P90K	23,2±0,3	4,7	95,3
НРК	26,1±0,1	14,6	85,4	90N90P90K	22,7±0,2	2,2	97,8
НРК+подкормка	27,0±0,3	4,5	95,5	140N90P90K	27,8±0,3	6,5	93,5
				То же+30N	24,3±0,5	3,3	96,7
Мироновская 808				Мироновская 808			
РК	25,8±0,1	21,6	78,4	90P90K	21,6±0,3	5,1	94,9
НРК	25,6±0,2	32,0	68,0	90N90P90K	24,1±0,2	7,5	92,5
НРК+подкормка	30,8±0,5	14,9	85,1	140N90P90K	21,9±0,2	15,5	84,5
				То же+30N	25,0±0,1	4,8	95,2

азотной подкормке α -амилазная активность практически не снижалась, хотя соотношение между активностью α - и β -амилаз изменялось в сторону уменьшения первой. Такие отклонения у гибрида амфиплоидного типа, очевидно, связаны с влиянием пырейного генома Да.

В полевом опыте общий уровень амилазной активности был примерно такой же, как и в вегетационном опыте, однако доля α -амилазной активности была значительно ниже (табл. 4). Следует отметить, что при внесении 90N активность α -амилаз не повышалась, их активность увеличивалась лишь при внесении 140N. Некорневая азотная подкормка вызывала снижение активности α -амилаз и увеличение β -амилазной активности. Амфиплоид в засушливых условиях полевого опыта по активности амилаз в зерне не отличался от пшеницы и гибрида пшеничного типа.

Таким образом, для получения зерна пшеницы с низкой α -амилаз-

ной активностью необходимо строго контролировать нормы азотных удобрений, при высоких их нормах необходимо применять позднюю некорневую азотную подкормку.

Выводы

1. Пшенично-пырейные гибриды разного геномного состава различались по сбору зерна. При улучшении условий азотного питания растений урожай зерна и сбор белков с единицы площади увеличились. Гибрид амфиплоидного типа при дефиците азота отличался повышенной способностью к накоплению белков в зерне.

2. Поздняя некорневая азотная подкормка не оказывала существенного влияния на урожайность пшенично-пырейных гибридов, но содержание белков в зерне при этом повысилось на 1,3—3,7 %.

3. Под влиянием азотных удобрений в зерне пшенично-пырейных гибридов снижалось содержание альбуминов и глобулинов и возрастала концентрация клейковинных белков — глиадинов и глютеинов.

4. При высоких нормах азотных удобрений повышалась удельная активность α -амилаз, что может отрицательно сказаться на хлебопекарных качествах зерна. Поздняя некорневая азотная подкормка вызывала снижение активности α -амилаз и повышение β -амилазной активности.

Для получения зерна пшеницы с низкой α -амилазной активностью необходимо строго контролировать нормы азотных удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асмаева А. П. Активность амилазы зерна озимой пшеницы в условиях ежегодного применения удобрений. — В сб. науч. тр. МСХ АрмССР, НИИ земледелия, 1968, с. 97—103.
2. Дарканбаев Т. Б., Заиров С. З. Белковистость и хлебопекарные качества зерна пшеницы под влиянием азотных удобрений. — С.-х. биология, 1970, т. 5, № 3, с. 331—336.
3. Дарканбаев Т. Б., Фурсов О. В. Амилазная активность как один из показателей качества зерна злаковых. — В кн.: Повышение продуктивности и устойчивости зерновых культур. Алма-Ата, 1979, с. 12—17.
4. Зражевский М. Н., Виткаленко Л. П. Влияние внекорневых подкормок мочевиной на белки пшеницы и серосодержащие вещества. — Физиол. и биохим. культурных растений, 1972, т. 4, вып. 1, с. 28—34.
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. Кретович В. Л. Биохим. растений. — М.: Высшая школа, 1980.
7. Крюк И. Ф. Биохим. и товаровед. семян зернобобовых культур и продуктов их переработки. Мин. высш. и средн. спец. образован. БССР, 1961.
8. Лазарева Л. В. Состав зерна озимой ржи и ячменя и активность амилазы при различных условиях питания растений. — Автореф. канд. дис. М., 1975.
9. Новиков Н. Н., Плешков Б. А., Милыева Т. Ф. Использование азота поздней некорневой подкормки на синтез белков в зерне пшенично-пырейных гибридов. — Изв. ТСХА, 1981, вып. 4, с. 69—75.
10. Павлов А. Н., Минеев В. Г. Состояние и перспективы изучения действия удобрений на качество зерна. — Агротехника, 1982, № 1, с. 134—140.
11. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. — М.: Колос, 1976.
12. Плешков Б. П., Лалченко Г. Д., Новиков Н. Н. Биохимическая характеристика белков зерна пшенично-пырейных гибридов. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 5, с. 97—103.
13. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. — Минск: Высшая школа, 1967.
14. Цицин Н. В. Отдаленная гибридизация растений. — М.: Наука, 1978.
15. Шлавицкая З. И. Влияние удобрений на активность β -амилазы пшеничного зерна. — Докл. Каз. академии с.-х. наук, 1959, вып. 2, с. 20—26.

Статья поступила 19 ноября 1982 г.

SUMMARY

Influence of different levels of nitrogen nutrition on grain quality of wheat-quackgrass hybrids was studied. Better conditions of nitrogen nutrition resulted in higher grain yield and amount of proteins per unit of area. In late top-dressing variant the protein content in grain was 1.3—3 per cent higher, α -amylase activity decreased and β -amylase activity increased. With the application of high rates of nitrogen fertilizers specific activity of α -amylases increases which may adversely affect baking qualities of grain. The influence of nitrogen fertilizers reduces albumin and globulin content and raises gluten proteins concentration in the grain of wheat-quackgrass hybrids.