

## СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ БЕЛКОВ ЗЕРНА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ ПРИ СОЗРЕВАНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

**Б. П. ПЛЕШКОВ, А. Ф. ШУЛЫНДИН, И. П. ЕМЕЛЬЯНОВА**  
(Кафедра агрономической и биологической химии)

Качество зерна тритикале, как и других зерновых культур, определяется в основном интенсивностью накопления белков при его созревании. Особенности накопления белка в процессе созревания зерна исследовались у ряда зерновых культур, но состав белков в созревающем зерне тритикале до сих пор не изучен.

В опытах с пшеницей установлено, что при нормальных условиях созревания в зерне в начале налива накапливаются преимущественно азотистые соединения, а синтез крахмала идет менее интенсивно. В период молочная — начало восковой спелости приток углеводов в семена усиливается и значительно повышается интенсивность синтеза крахмала в семенах, а относительное содержание белков может быть ниже, чем в начале молочной спелости [3, 7]. В последние фазы приток углеводов в зерно резко ослабевает, а приток азота может продолжаться. Количество белковых веществ увеличивается за счет низкомолекулярных азотистых соединений, содержание которых в процессе созревания зерна пшеницы снижается в 2—3 раза [1]. В зерне ржи в последние фазы созревания может несколько возрасти содержание небелкового азота, что связано с прорастанием зерна на корню и гидролизом белка [8].

Имеются данные, что в зерне ржи в процессе созревания содержание общего азота изменяется очень незначительно, при этом количество белков заметно увеличивается, а небелкового азота уменьшается.

Как показали опыты с пшеницей и рожью [11], в период между 2-й и 5-й неделями после опыления абсолютное содержание белкового азота в зерне сильно возрастает. В последующий период интенсивность синтеза белков значительно снижается. В период созревания в зерне ржи белкового азота меньше, чем в зерне пшеницы.

Нами изучалось влияние условий азотного питания на содержание и состав белков тритикале отечественной селекции, а также на накопление белков в процессе созревания.

### Материал и методика

В работе использовали зерно трех гексаплоидных тритикале ( $2n=42$ ) селекции А. Ф. Шулындина — АД 201, АД 206, АД 209, а также зерно мягкой пшеницы сорта Мироновская 808 и ржи сорта Харьковская 55.

В 1978—1980 гг. на Опытной станции полеводства и льноводства Тимирязевской академии были проведены мелкоделяночные опыты по следующей схеме: 1-й вариант —

90Р90К; 2-й — 90Н90Р90К; 3-й — 140Н90Р90К; 4-й — 140Н90Р90К + некорневая подкормка 30Н.

Почва участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Ее пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями:  $pH_{с.о.д}$  — 5,8;  $N_0$  — 5,0; S — 11,5 мг-экв на 100 г; содержание гумуса — 2,1%; содержание  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в вытяжке по Кирсанову — соответственно 5,0 и 8,0 мг на 100 г.

Фосфорные и калийные удобрения вносили осенью в виде двойного суперфосфата и хлористого калия, азотные удобрения — 40 кг азота на 1 га вместе с фосфорными и калийными удобрениями осенью, 50 и 100 кг соответственно во 2-м и 3-м вариантах в качестве ранневесенней подкормки в виде аммиачной селитры. Некорневую подкормку проводили 5% раствором мочевины в начале формирования зерна.

Площадь делянки — 1 м<sup>2</sup>, учетная площадь — 0,2 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов опыта для учета урожая — 4-кратная.

Пробы отбирали в фазы формирования зерна, молочной, молочно-восковой и полной спелости. Сроки наступления фаз контролировали по влажности созревающих зерновок. Отобранный для анализа материал фиксировали жидким азотом и лиофильно высушивали.

В зерне определяли содержание общего и белкового азота, а также фракционный состав белков микрометодом Кьельдаля. Азот белков определяли после их осаждения основной солью сернистой меди по Барнштейну [4]. Количество небелкового азота рассчитывали по разности между содержанием общего и белкового азота [4, 6]. Для пересчета азота на белок использовали коэффициент 5,70 для пшеницы и тритикале и 5,83 для ржи [2]. Белковые фракции выделяли по Осборну с некоторыми изменениями [6]. Статистическую обработку данных по урожаю проводили дисперсионным методом [9].

### Результаты и их обсуждение

По урожайности все амфидиплоиды не уступали пшенице, а в 1980 г. урожай АД 206 в 4-м варианте был выше, чем пшеницы (таблица).

Под действием азотных удобрений урожайность всех трех культур заметно возрастала. При некорневой подкормке раствором мочевины увеличивался сбор зерна или же его белковость.

Урожай и его качество во многом зависели от погодных условий. Зима 1978/79 г. была неблагоприятной для пшеницы и три-

**Продуктивность зерновых культур при различных уровнях азотного питания  
(в числителе — 1978—1979 гг., в знаменателе — 1979—1980 гг.)**

Вариант опыта	Урожайность*, г на делянку	Содержание белка, % от сухой массы	Сбор белка, г на делянку	Урожайность*, г на делянку	Содержание белка, % от сухой массы	Сбор белка, г на делянку
Тритикале						
АД 201						
1	47,4	12,5	5,7	54,1	10,8	5,7
	66,7	10,2	6,3	56,8	10,0	5,3
2	76,0	13,8	10,1	84,0	12,5	10,0
	87,2	10,4	8,3	84,4	10,9	8,5
3	98,8	13,8	13,1	105,2	12,9	13,1
	94,4	9,7	8,5	103,6	11,4	10,9
4	99,8	14,3	13,6	104,4	13,9	13,8
	105,4	10,3	10,1	102,1	12,0	11,3
АД 206						
1	47,1	12,0	5,4	61,8	9,7	5,8
	47,4	10,4	4,0	47,6	9,3	4,4
2	75,5	13,5	9,8	86,2	11,4	9,4
	86,8	10,3	8,2	53,7	9,6	4,8
3	101,1	13,7	13,2	100,2	11,9	11,4
	108,2	11,5	11,5	65,3	10,4	6,3
4	104,1	14,5	14,5	115,8	12,6	14,1
	118,4	10,7	11,5	73,1	9,7	7,0
АД 209						
1	48,0	13,1	6,0			
	52,3	12,1	5,1			
2	72,4	13,7	9,5			
	77,3	11,3	8,1			
3	100,8	14,4	14,2			
	97,4	11,6	10,7			
4	99,7	14,8	14,2			
	102,1	11,6	10,7			

\* В опыте 1978—1979 гг. НСР<sub>05</sub> по влиянию удобрений — 2,2 г, по генотипу — 2,0 г, в опыте 1979—1980 гг. — соответственно 4,3 и 3,8 г.

тикале, что отрицательно сказалось на их урожайности.

Годы проведения опытов различались по количеству осадков и температуре воздуха в период вегетации. Лето 1979 г. оказалось засушливым, а лето 1980 г. характеризовалось низкими температурами и обилием осадков в течение всего вегетационного периода и особенно в поздние фазы развития растений. Вследствие этого содержание белков в зерне всех трех культур во влажный год в среднем было на 2—4% меньше, чем в засушливый.

В 1979 г. под действием азотных удобрений содержание белков в зерне тритикале, пшеницы и ржи увеличилось на 1,7—3,1%, в 1980 г. азот удобрений не всегда способствовал повышению содержания белков, а в основном использовался на создание дополнительной прибавки урожая.

По содержанию общего азота в зерне амфидиплоиды превосходили пшеницу и рожь во все фазы созревания (рис. 1).

Содержание белкового азота в фазу формирования зерна у АД 201 было ниже, чем

у пшеницы, в дальнейшем в зерне этого амфидиплоида количество белка было более высоким, АД 206 и АД 209 во все фазы созревания зерна по белковости превосходили рожь и пшеницу.

При созревании зерна постепенно увеличилось содержание как общего, так и белкового азота у всех трех культур почти во всех вариантах, за исключением пшеницы Мироновской 808 в 3-м и 4-м вариантах, АД 201 — в 3-м и АД 206 — в 4-м варианте, в которых относительное содержание общего азота снижалось от фазы формирования зерна до молочной спелости и от фазы молочной до молочно-восковой спелости за счет более быстрого накопления крахмала.

Как известно, в начале развития зерно богато небелковым азотом, который главным образом представлен свободными аминокислотами и амидами, из которых в дальнейшем синтезируются белки. Наибольшее количество небелкового азота в фазу формирования зерна было характерно для ржи и АД 201. По мере созревания зерна

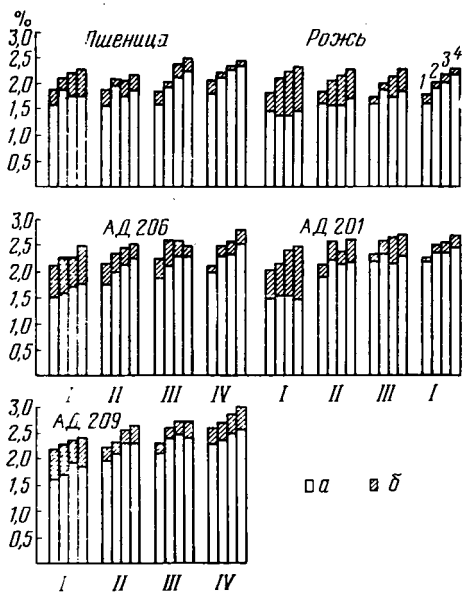


Рис. 1. Изменение содержания белкового (а) и небелкового (б) азота при созревании зерна в опыте 1978—1979 гг. (% от сухой массы).

1—4 — соответственно варианты опыта; I — фаза формирования зерна; II — молочной спелости; III — молочно-восковой спелости; IV — полной спелости.

содержание небелкового азота у всех трех злаков снижалось.

Содержание белкового и небелкового азота в зерне, как правило, находилось в прямой зависимости от количества азота в почве. Растения, получившие больше азота, отличались высоким содержанием небелкового и общего азота в фазу формирования зерна. К фазе полной спелости различия между вариантами по концентрации небелкового азота в зерне сглаживались. Однако в зрелом зерне тритикале АД 206 и АД 201 при высоких нормах азота содержалось больше небелкового азота, чем в варианте 90Р90К.

Накопление белка представляет собой сложный процесс синтеза индивидуальных белков, входящих в состав суммарного белкового комплекса. Как известно, накопление различных белков в зерне идет с неодинаковой скоростью. Альбумины и глобулины начинают синтезироваться на самых ранних фазах его развития. В незначительных количествах в фазу формирования зерна обнаруживаются глиадины и глютелины. Наиболее интенсивно они накапливаются в фазу молочной спелости и до конца созревания [3, 5, 10].

Наши опыты показали, что в зерне всех культур в начале его созревания содержалось наибольшее количество легко растворимых белков и мало проламинов (рис. 2). К фазе полной спелости содержание альбуминов и легко растворимых глобулинов в зерне тритикале снизилось до 16,8—28,6 %, пшеницы — до 9,6—11,1 %. Рожь характеризовалась высоким содержанием этих белковых фракций в зрелом зерне (32,4—34,6 %), количество легко растворимых бел-

ков у тритикале и ржи было практически одинаковым. Содержание глобулинов мало изменялось по фазам созревания зерна.

Клейковинные белки накапливались за счет проламинов, количество которых в фазу формирования зерна не превышало 5—10 % общего белка, а в зрелом зерне пшеницы и тритикале составляло 30—35 %. Особенно резко возрастало содержание проламинов после наступления фазы молочно-восковой спелости. У ржи, которая характеризуется низким содержанием проламинов, их содержание по мере созревания зерна увеличивалось незначительно. Количество неэкстрагируемых белков постепенно снижалось, причем в зерне ржи оно было выше, чем в зерне пшеницы и приводило к снижению доли легко растворимых белков и увеличению доли белков тритикале. Улучшение азотного питания клейковины у тритикале и пшеницы. На отношение белковых фракций ржи азотные удобрения оказывали меньшее влияние. Накопление различных групп белков в большей степени зависело от биологических особенностей культур, чем от условий азотного питания.

### Выводы

1. Полевые опыты, проведенные в течение двух лет с разными формами тритикале, пшеницей сорта Мироновская 808 и рожью сорта Харьковская 55, показали, что

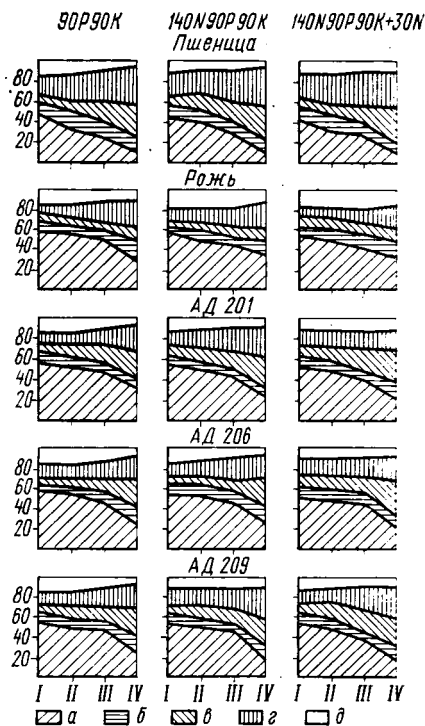


Рис. 2. Изменение фракционного состава белков при созревании зерна в опыте 1978—1979 гг. (N фракций в % от N белков).

а — альбумины и легко растворимые глобулины; б — глобулины; в — проламины; г — глиадины; д — неэкстрагируемые белки. Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

независимо от условий питания растений урожаи зерна тритикале разных форм примерно соответствовали урожаям пшеницы сорта Мироновская 808, а содержание белка было выше, чем у ржи сорта Харьковская 55, и в большинстве случаев выше, чем у пшеницы.

2. Содержание общего и белкового азота в зерне тритикале во все фазы созревания было более высоким, чем в зерне ржи и пшеницы.

3. В процессе созревания зерна у изучаемых культур увеличивалось содержание белка и снижалось количество небелкового

азота. При созревании тритикале и пшеницы наиболее заметно уменьшалась доля альбуминов и легкорастворимых глобулинов и увеличивалось количество проламинов. В зерне ржи, которая характеризуется низким содержанием проламинов, в процессе созревания их количество увеличивалось незначительно.

4. Содержание и состав белковых фракций в зерне разных форм тритикале, пшеницы и ржи в большей степени определяются биологическими особенностями культур, чем условиями азотного питания растений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дарканбаев Т. В., Каптюшина Г. А., Шишкина И. С. О содержании свободных аминокислот в созревающем зерне пшеницы. — Приклад. биохим. и микробиол., 1966, т. 2, вып. 4, с. 425—430. — 2. Ко на ре в В. Г. Молекулярно-генетические аспекты и стратегия улучшения растительного белка селекцией. — Вестник с.-х. науки, 1974, № 4, с. 40—48. — 3. Павлов А. Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Наука, 1967. — 4. Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии М.: Колос, 1968. — 5. Плешков Б. П., Шебшелева З. Ц., Крищенко В. П. Фракционный и аминокислотный состав белков зерна ржи в процессе созревания. — Изв. ТСХА, 1966, № 2, с. 137—143. — 6. Плешков Б. П. Прак-

тикум по биохимии растений М.: Колос, 1976. — 7. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос, 1980. — 9. Ракитина А. Н. Изучение технологических свойств тетраплоидной ржи сорта Петкусская в процессе созревания — Сб. тр. аспирантов и молодых науч. сотр. (ВНИИ растениеводства), 1969, № 10, с. 140—148. — 9. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е, Минск: Высшая школа, 1973. — 10. Bilinski E., McConnel W. B. — Canad. J. Biochem. Physiol., 1958, vol. 36, N 4, p. 381—388. — 11. Dexter G. E., Dronzek B. L. — Cereal Chemistry, 1975, vol. 52, N 4.

*Статья поступила 28 апреля 1983 г.*

## SUMMARY

Two years of field small-plot experiments with three tritikale varieties — AD 201, AD 206 and AD 209, Mironovskaya 808 wheat variety and Kharkovskaya 55 rye variety showed that protein content in tritikale grain is higher than in that of rye, and often higher than in that of wheat. In process of grain ripening its protein content increased and non-protein nitrogen content decreased; with tritikale and wheat the share of albumines and soluble globulines decreased and the amount of prolamines increased; with rye the increase of prolamines content was inconsiderable.

Protein fractions content and composition in grain of plants studied are more determined by biological characteristics of the crops rather than by nitrogen nutrition conditions.