

УДК 631.11«321»:631.55:631.811.1

КАЧЕСТВО ЗЕРНА И СОСТАВ КЛЕЙКОВИННЫХ БЕЛКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА И УСЛОВИЙ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

Н. Л. КОКУРИН, Н. Н. НОВИКОВ, Т. И. ШАТИЛОВА, А. С. ПЛЕШКОВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Изучались действие различных условий азотного питания на содержание и состав клейковинных белков в зерне трех сортов яровой мягкой пшеницы и связи этих показателей с качеством клейковины и хлебопекарными свойствами зерна. В полевых опытах показано, что для получения высококачественного зерна яровой пшеницы необходимо вносить не менее 150 кг азота на 1 га в сочетании с некорневой подкормкой. При этом обеспечиваются улучшение свойств муки и теста, высокий объемный выход хлеба. Установлены сортовые особенности в накоплении клейковинных белков под действием азотных удобрений. Показано, что изменение упругости клейковины при разных уровнях азотного питания зависит от соотношения фракций спирторастворимых белков.

При выращивании яровой пшеницы в Нечерноземной зоне РСФСР, где большинство почв характеризуется невысоким содержанием гумуса, особенно остро стоит проблема азотного питания растений [1, 3, 6, 10]. Опыты показывают, что при недостатке азота резко снижается ее урожайность, а в зерновках уменьшается накопление белков и клейковины. Внесение азотных удобрений до посева в нормах 90—120N в большинстве случаев обеспечивает довольно высокие уровни урожаев, однако качество получаемого при этом зерна не отвечает требованиям, предъявляемым к сильной пшенице. Главная причина формирования низкокачественного зерна в данном случае — недостаточный уровень азотного питания растений во второй половине вегетации, когда происходят образование и налив зерновок [2, 5, 11, 12].

С целью улучшения азотного питания пшеницы в репродуктивный период рекомендуются применение повышенных норм азотных удобрений и проведение азотных подкормок в фазы выхода в трубку, колошения и начала формирования зерна [7, 14, 15].

В опытах с удобрениями выяснено, что повышение качества зерна пшеницы в результате улучшения азотного питания растений происходит главным образом за счет усиления синтеза запасных белков — глиадинов и глютелинов, которые являются основными компонентами клейковины и в значительной степени определяют технологические свойства зерна [7, 9]. Характер и механизмы связей между содержанием, составом и свойствами этих белков и качественными показателями зерна пшеницы изучены недостаточно. Мало сведений и о влиянии повышенных норм азотных удобрений на накопление в зерне белка и клейковины, а также на технологические свойства зерна.

В связи с этим мы изучали действие различных условий азотного питания на содержание и состав клейковинных белков в зерне трех сортов яровой мягкой пшеницы, а также связи этих показателей с качеством клейковины и хлебопекарными свойствами зерна.

Методика

В опыты были включены сорта яровой мягкой пшеницы, различающиеся по потенциальной урожайности и качеству зерна: Московская 35 и Родина — сорта интен-

сивного типа, районированные в Нечерноземной зоне РСФСР, Саратовская 29 — менее урожайная, но отличающаяся высокими хлебопекарными качествами зерна.

Опыты проводили в 1983 и 1984 гг. на Опытной станции полеводства ТСХА по следующей схеме: 1—90P90K (фон); 2 — фон + 90N; 3 — фон + 150M; 4 — фон + 150N + 30N некорневая подкормка в начале формирования зерна. Фосфор и калий вносили в виде двойного суперфосфата и хлористого калия, азот — в виде аммиачной селитры, некорневая подкормка — 3 % раствор мочевины. В 1983 г. всю норму аммиачной селитры вносили до посева, а в 1984 г. в 3-м и 4-м вариантах часть азота (60 кг/га) — после посева в виде подкормки, которую проводили после кушения (фон+90N₂+60K1).

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса — 2,1 %, pH — 5,6—5,8, степень насыщенности основаниями — 78—86 %, содержание подвижного фосфора и обменного калия по Кирсанову соответственно 35 и 8,5 мг на 100 г. Площадь делянок 2 м², повторность опытов 4-кратная.

Содержание в зерне белков определяли по белковому азоту с использованием коэффициента пересчета 5,7; клейковину, ИДК, число седиментации, фаринографический показатель теста — стандартными методами [4]. Пробную лабораторную выпечку хлеба проводили также в соответствии с имеющимися стандартами. Белковые фракции выделяли из 1 г цельносомлотого зерна путем последовательной

экстракции 1 мол KCl, 70 % этанолом и 0,2 % раствором NaOH.

Спирторастворимые белки разделяли на сефадекса Г-100, размеры колонки 3××80 см. Перед разделением на сефадексе растворенные в спирте белки диализом переводили в 0,1 н. раствор уксусной кислоты, которую использовали в качестве элюента. В колонку вносили около 100 мг белка. Скорость элюирования — 10 мл/ч.

Глютенины разделяли на сефадексе Г-150 с использованием колонки размером 1,5×50 см. Для их выделения готовили растворитель, содержащий 0,1 н. уксусную кислоту, 3 мол мочевины и 0,1 н. додецилсульфат натрия. Скорость элюирования — 15 мл/ч.

Концентрацию белка в хроматографических фракциях определяли спектрофотометрически при длине волны 280 нм. Для оценки молекулярных масс клейковинных белков через колонки пропускали стандартные растворы белков с известной физико-химической характеристикой.

Аминокислотный состав глютениновых фракций определяли на автоматическом анализаторе Д-500 после их гидролиза в 6 н. растворе HCl. Перед гидролизом белки диализом переводили в 0,05 н. раствор HCl.

Статистическую обработку полученных данных проводили по П. Ф. Рокицкому [8].

Результаты

В опыте 1983 г. внесение азота в норме 90 кг/га повысило урожайность яровой пшеницы на 18—25 % (по отношению к фону), а белковость зерна от 9,5—11,1 до 12—12,5%, при этом выход белка увеличился в 1,3—1,6 раза (табл. 1). При повышении нормы азота до 150 кг/га у сортов Родина и Московская 35 существенно возросли как урожайность (на 26 и 33%), так и белковость зерна, а у пшеницы Саратовской 29 отмечалось лишь небольшое повышение белковости зерна.

Т а б л и ц а 1

Урожайность яровой пшеницы (при влажности зерна 14 %) и накопление белка в зерне (% на сухую массу)

Вариант	Родина			Московская 35			Саратовская 29		
	зерно, г/м ²	белок		зерно, г/м ²	белок		зерно, г/м ²	белок	
		%	г/м ²		%	г/м ²		%	г/м ²
1983 г.									
РК (фон)	439	9,5	38	408	11,1	41	363	10,9	36
По фону:									
90N	519	12,5	59	505	12,2	56	441	12,0	48
150N	552	13,9	70	545	12,8	64	451	12,6	52
150N+30N	560	14,1	72	534	13,1	64	448	13,8	56
НСР ₀₅ 28 г, средняя ошибка определения белка $m \pm 0,1 \div 0,2$ %									
1984 г.									
РК (фон)	405	3,1	34	301	11,2	31	289	11,0	30
По фону:									
90N	462	11,7	49	389	12,8	45	348	12,9	41
90N+60N	497	14,1	64	460	13,5	57	394	13,1	47
90N+60N+30N	504	15,2	70	—	—	—	387	14,0	49
НСР ₀₅ 36 г, $m \pm 0,1 \div 0,2$ %									

Поздняя некорневая азотная подкормка вследствие неблагоприятной погоды на белковость зерна сортов Родина и Московская 35 существенно не повлияла, тогда как у пшеницы Саратовской 29 при подкормке содержание в зерне белков повысилось (разница 1,2 %).

Сбор зерна Саратовской 29 при всех уровнях азотного питания был заметно ниже, чем у сортов Родина и Московская 35, которые лучше приспособлены к условиям Нечерноземной зоны и имеют более высокий потенциал продуктивности. При недостатке азота (вариант РК) пшеница Московская 35 уступала сорту Родина по урожайности, но превосходила его по белковости зерна. На умеренном фоне азотного питания (90N) эти два сорта по урожайности и белковости зерна существенно не различались, а в варианте 150N в зерне сорта Родина белка накапливалось больше.

В опыте 1984 г., как уже говорилось, применялось дробное внесение азотных удобрений. В варианте 90N урожайность яровой пшеницы была выше по сравнению с фоном на 14—30 %, а белковость зерна повысилась от 9,1—11,2 до 11,7—12,9 %, при этом выход белка увеличился в 1,4 раза. Дополнительное внесение 60N после кушения существенно повысило урожайность всех сортов, а у сортов Родина и Московская 35, кроме того, и белковость зерна. Некорневая азотная подкормка в начале формирования зерна еще больше повысила его белковость у сортов Родина и Саратовская 29.

Таким образом, в опыте 1984 г. пшеница сорта Родина на всех уровнях азотного питания заметно превосходила по продуктивности Саратовскую 29 и Московскую 35. Самым низким потенциал продуктивности был у Саратовской 29. В вариантах РК и 90N пшеница сорта Родина по белковости зерна заметно уступала Московской 35 и Саратовской 29, но превосходила их по этому показателю в варианте 150N.

Следовательно, на дерново-подзолистой почве с невысоким содержанием гумуса для получения высококачественного зерна яровой пшеницы с содержанием белков на уровне 13—14 % необходимы нормы азота не менее 150 кг/га.

В результате улучшения азотного питания растений в зерновках пшеницы увеличивалось содержание сырой клейковины (табл. 2). Так, в 1983 г. при внесении 90N количество клейковины у сортов Родина, Саратовская 29 и Московская 35 повышалось (разница по сравнению с контролем составила 3,1; 3,6 и 1,2 %), однако при этом у всех сортов

Таблица 2

Содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы и оценка ее качества

Вариант	Родина			Московская Т35			Саратовская 29		
	клейковина, %	степень гидратации клейковины, %	ид К	клейковина, %	степень гидратации клейковины, %	идк	клейковина, %	степень гидратации клейковины, %	идк
1983 г.									
РК (фон)	28,1	151	70	28,4	161	53	20,4	137	38
По фону:									
90N	31,2	169	75	29,6	160	60	24,0	135	58
150N	33,6	173	55	29,7	165	58	27,6	124	50
150N+30N	34,4	167	58	32,4	159	53	28,4	120	35
1984 г.									
РК (фон)	28,1	158	74	28,5	148	46	26,1	135	44
По фону:									
90N	31,4	155	64	31,0	152	46	28,5	130	26
90N+60N	35,2	169	73	32,5	154	49	30,2	138	35
90N-f 60N+30N	38,2	173	68	—	—	—	31,4	143	35

По содержанию клейковины $m \pm 0,5 \div 0,7$ %, по ИДК $m \pm 0,5 \div 1,5$.

существенно снижалась упругость, о чем свидетельствовало увеличение значений ИДК. Применение более высокой нормы азота (150N) вызывало дальнейшее заметное увеличение содержания клейковины у сортов Родина и Саратовская 29 (разница по отношению к варианту 90N 2,4 и 3,6 %), одновременно у них повышалась упругость клейковины. У сорта Московская 35 существенное увеличение содержания и упругости клейковины отмечалось лишь в варианте с поздней некорневой азотной подкормкой, у Саратовской 29 количество клейковины в зерне при некорневой подкормке практически не изменялось, но значительно повышалась ее упругость.

В 1984 г. в варианте 90N содержание клейковины в зерне тоже повышалось (разница 2,4—3,3 %), а ее упругость у Московской 35 не изменялась, у сортов Родина и Саратовская 29 — повышалась. Проведение азотной подкормки (60N) перед началом выхода в трубку заметно увеличивало накопление в зерне клейковины у сорта Родина (разница 3,8 %) и несколько меньше у Московской 35 и Саратовской 29 (1,5 и 1,7 %), при этом у сортов Родина и Саратовская 29 снижалась упругость клейковины. У сорта Родина заметно проявилось действие некорневой азотной подкормки, которая повысила как содержание клейковины, так и ее упругость.

В целом результаты двухлетних опытов показали, что при внесении повышенной нормы азота (150N) содержание клейковины больше всего возрастало у сортов Родина и Саратовская 29 (разница по отношению к контролю 5,5—7,1 и 4,1—7,2 %), меньше — у Московской 35 (1,3—4 %). При высокой норме азота в 1983 г. формировалась высококачественная клейковина, которая по показателю ИДК относилась к 1-й группе (50—58); в 1984 г. у сортов Московская 35 и Родина клейковина по показателю ИДК также относилась к 1-й группе (49 и 73), а у Саратовской 29 она отличалась чрезмерно высокой упругостью. Применение поздней некорневой азотной подкормки не всегда обеспечивало существенное увеличение содержания клейковины, но очень часто вызывало повышение ее упругости.

Из сопоставления данных о содержании белка и клейковины в зерне яровой пшеницы следует, что повышение белковости в результате применения азотных удобрений происходит за счет накопления клейковинных белков. Тесная корреляционная связь между этими показателями наблюдалась у сортов Родина ($r\ 0,96\pm 0,03$) и Московской 35 ($r\ 0,90\pm 0,07$), более слабая — у Саратовской 29 ($r\ 0,84\pm 0,10$). Последнее, видимо, объясняется неодинаковым изменением степени гидратации клейковины при повышении уровня азотного питания по годам (табл. 2); она снижалась в 1983 г. и повышалась в 1984 г. при практически одинаковом содержании сухой клейковины в оба года.

Изучаемые сорта значительно различались по степени гидратации клейковины. Самой высокой она была у сорта Родина и возрастала в вариантах с повышенным уровнем азотного питания. У Московской 35 степень гидратации клейковины оказалась несколько меньше, причем этот показатель не зависел от условий азотного питания. У Саратовской 29 значение данного показателя было самым низким, в связи с чем она хотя и уступала указанным сортам по накоплению сырой клейковины, но, как правило, по содержанию сухой клейковины существенно не отличалась от них.

Выявленные в наших опытах заметные различия между сортами пшеницы по степени гидратации клейковины, а также изменения этого показателя по годам и в зависимости от условий азотного питания свидетельствуют о том, что показатель «содержание сырой клейковины», который принят при оценке качества зерна, не может служить точным критерием, отражающим уровень накопления клейковины в зерне. Для более правильной оценки качества зерна необходимо определять в нем содержание не сырой, а сухой клейковины.

Из табл. 3 видно, что уровень азотного питания влиял на свойства муки и теста. Показатель силы муки — число седиментации — при

увеличении нормы азота заметно возрастал у сорта Родина и существенно не изменялся у Московской 35 и Саратовской 29. Наиболее высоким он был в варианте с поздней некорневой азотной подкормкой (5,4—5,8 мл). Зерно с таким числом седиментации может служить в качестве улучшителя. Существенной разницы между сортами по показателю седиментации не отмечалось. Выявлена довольно тесная связь числа седиментации с содержанием в зерне сырой клейковины (г 0,74; 0,80 и 0,99 соответственно для сортов Родина, Московская 35, Саратовская 29) и более слабая связь ($r = -0,57 \div -0,70$) со значением ИДК, характеризующим упругость и пластичность клейковины.

Водопоглотительная способность муки в зависимости от условий азотного питания изменялась в небольших пределах — 62,5—69,5 %,

Т а б л и ц а 3

Свойства муки и теста в опыте 1983 г.

Вариант	Число седиментации, мл	Водопоглотительная способность муки, %	Время образования теста, мин	Сопротивляемость теста, мин	Устойчивость теста, мин	Разжижение теста, е. в.	Валориметрическое число, е. в.
РК (фон)	4,6	65,4	4,5	5,5	1,0	135	65
По фону:							
90N	5,0	63,5	4,3	4,6	0,3	125	65
150N	5,2	63,1	3,3	4,1	0,8	95	64
150N+30N	5,4	65,5	5,3	6,6	1,3	85	71
Московская 35							
РК (фон)	5,2	69,3	5,3	6,3	1,0	70	69
По фону:							
90N	5,2	66,7	5,0	5,5	0,5	105	69
150N	5,0	63,1	3,5	4,3	0,8	115	64
150N+30N	5,8	62,5	4,0	5,0	1,0	65	66
Саратовская 29							
РК (фон)	4,8	69,5	4,5	5,5	1,0	90	68
По фону:							
90N	4,8	69,1	5,5	6,8	1,3	80	72
150N	5,0	66,6	4,5	5,8	1,3	90	69
150N+30N	5,4	68,6	5,3	8,8	3,5	50	78
<i>m</i>	±0,1	±0,6	±0,2	±0,2	±0,1	±2	±2

однако при внесении азота наблюдалось некоторое снижение этого показателя, что свидетельствует о незначительном ухудшении технологических свойств зерна. В варианте с 150N водопоглотительная способность муки снижалась более заметно у Московской 35, меньше — у Саратовской 29 и Родины (разница по отношению к контролю соответственно 6,2; 2,9 и 2,3 %). Применение поздней некорневой азотной подкормки у двух последних сортов вызывало существенное ее увеличение, а у первого не приводило к существенным изменениям. Во всех вариантах с азотными удобрениями наибольшей водопоглотительной способностью обладала мука Саратовской 29.

Время образования и сопротивляемость теста снижались в варианте с повышенной нормой азота, особенно заметно у сортов Родина и Московская 35. В варианте с поздней некорневой азотной подкормкой значения этих показателей у всех сортов заметно возрастали, т. е. технологические свойства зерна улучшались.

У сортов Родина и Московская 35 в вариантах с азотными удобрениями устойчивость теста снижалась, тогда как у пшеницы Саратовской 29 заметно повышалась. Существенное увеличение устойчивости теста отмечалось в варианте с некорневой подкормкой.

Показатель, характеризующий разжижение теста, при улучшении азотного питания у Саратовской 29 оставался на одном уровне, а у сортов Родина и Московская 35 изменялся, но в противоположных направлениях. Значительное улучшение данного показателя происходило в варианте с некорневой азотной подкормкой, которая у всех сортов выводила его на уровень, характерный для сильной пшеницы (≤ 80 е. в.).

Обобщающим показателем физических свойств теста является валориметрическое число. В зависимости от уровня азотного питания оно изменялось в небольших пределах — 64—78 е. в. Сорты мало различались по этому показателю. У сортов Родина и Саратовская 29 отмечено повышение валориметрического числа в варианте с некорневой азотной подкормкой.

Таким образом, при внесении повышенной нормы азота (150N) наблюдалось ухудшение некоторых технологических показателей зерна яровой пшеницы: уменьшение водопоглотительной способности муки, времени образования и сопротивляемости теста. У сортов интенсивного типа — Родина и Московская 35 — устойчивость теста снижалась в варианте с умеренной нормой азотных удобрений (90N). Поздняя некорневая азотная подкормка, как правило, оказывала положительное действие на технологические свойства зерна: повышались число седиментации, водопоглотительная способность муки, время образования, сопротивляемость и устойчивость теста, валориметрическое число, тогда как показатель разжижения теста снижался. Такое зерно по свойствам муки и теста отвечает требованиям, предъявляемым к сильной пшенице. У сортов Московская 35 и Родина многие свойства теста хуже, чем у стандартного по технологическим свойствам зерна сорта Саратовская 29.

Анализ результатов пробной выпечки хлеба (табл. 4) показал, что объем и формоустойчивость хлеба зависят от сортовых особенностей пшеницы, и от уровня азотного питания. У сортов Родина и Саратов-

Т а б л и ц а 4

Хлебопекарные свойства зерна в опыте 1983 г.

Вариант	Родина		Московская 35		Саратовская 29	
	объем хлеба, мл	формоустойчивость, Н/D	объем хлеба, мл	формоустойчивость, Н/D	объем хлеба, мл	формоустойчивость, Н/D
РК (фон)	630	0,32	650	0,30	750	0,44
По фону:						
90N	670	0,34	710	0,43	790	0,37
150N	700	0,35	680	0,26	810	0,37
150N+30N	825	0,32	780	0,32	710	0,55
<i>m</i>	± 5	$\pm 0,03$	± 5	$\pm 0,03$	± 5	$\pm 0,03$

ская 29 при повышении нормы азота до 150 кг/га отмечалось увеличение объема хлеба (соответственно на 70 и 60 мл), а его формоустойчивость существенно не изменялась. У пшеницы Московская 35 наблюдалось увеличение объема и формоустойчивости хлеба в варианте 90N и заметное снижение их в варианте 150N. При некорневой азотной подкормке у сортов Родина и Московская 35 объем хлеба значительно увеличился, у Саратовской 29 — уменьшился, но формоустойчивость хлеба в последнем случае резко возросла, что было вызвано чрезмерным повышением упругости клейковины (ИДК 35).

Оба интенсивных сорта заметно уступали Саратовской 29 по объему хлеба во всех вариантах с азотом, за исключением того, где применялась некорневая азотная подкормка. Последняя повысила объем хлеба у сортов Родина и Московская 35 до такого же уровня, как и у Саратовской 29 (790—810 мл).

С целью выяснения действия азотных удобрений на качество клейковины нами изучался состав белкового и клейковинного комплекса зерна пшеницы (рис. 1). В результате увеличения нормы азота до 150 кг/га в зерновках снижалось содержание легкорастворимых (разница по сравнению с контролем 3,3—5,6 %) и неэкстрагируемых (0,9—4,3 %) белков, но повышалась концентрация клейковинных белков — глиадинов (разница 1,5—4,1 %) и глютеинов (2,8—5 %). Наибольшие

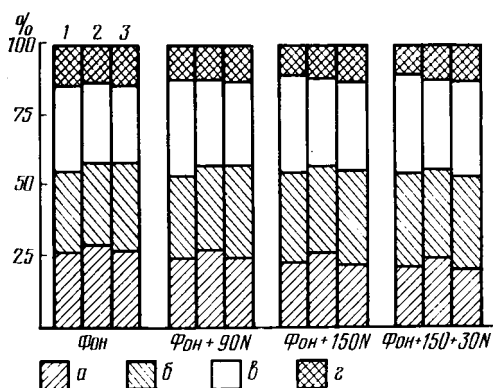


Рис. 1. Фракционный состав белков зерна (N фракций, % к белковому).
1 — Родина; 2 — Московская 35; 3 — Саратовская 29; а — легкорастворимые белки (альбумины+глобулины); б — глиадины; в — глютеины; г — неэкстрагируемые белки.

изменения состава белков под влиянием удобрений отмечались у сорта Родина (разница в сравнении с контролем по сумме клейковинных белков 7,8 %). Под действием некорневой азотной подкормки состав белков зерна существенно не изменялся.

Каждый из сортов яровой пшеницы характеризовался определенным соотношением клейковинных и легкорастворимых белков (табл. 5), причем этот показатель у всех сортов значительно возрастал при улучшении азотного питания растений. По соотношению глиадинов и глютеинов заметно выделялся сорт Саратовская 29, у которого на высоком азотном фоне увеличивалась доля глютеиновых белков.

Известно, что глиадины и глютеины, входящие в состав клейковины, представляют собой довольно гетерогенные фракции, которые состоят из компонентов, различающихся по молекулярным массам и другим физико-химическим характеристикам.

В нашем опыте в результате разделения спирторастворимых белков зерна на сефадексе Г-100 были выделены 2 фракции, одна из которых

Таблица 5

Соотношение белковых фракций в зерновках пшеницы

Вариант	Родина		Московская 35		Саратовская 29	
	клейковинные легкорастворимые	глиадин: глютеин	клейковинные легкорастворимые	глиадин: глютеин	клейковинные легкорастворимые	глиадин: глютеин
РК (фон)	2,11	0,90	1,93	1,00	2,04	1,13
По фону:						
90N	2,61	0,86	2,19	0,99	2,43	1,13
150N	2,81	0,92	2,32	0,97	2,85	1,00
150N+30N	3,00	0,91	2,44	0,95	2,94	0,96

идентифицирована как спирторастворимый глютеин (высокомолекулярная фракция), а другая представлена белками глиадинового типа (рис. 2). В процессе гельхроматографии последних выявлена явная тенденция к увеличению доли глютеина в составе спирторастворимой фракции при умеренной норме азота у сортов Саратовская 29 и Московская 35 (табл. 6). Прежде мы отмечали, что в этом случае значительно снижалась упругость клейковины, т. е. увеличивалось значение ИДК (табл. 2). Повышение нормы азота до 150 кг/га существенно не изменяло соотношения фракций спирторастворимых белков у сортов Московская 35 и Саратовская 29, тогда как у сорта Родина доля спирторастворимого глютеина в составе спирторастворимой фракции белков зерна в этом варианте снизилась, а упругость клейковины повыси-

Изменение состава спирторастворимой белковой фракции зерна (%) в опыте 1983 г.

Вариант	Родина		Московская 35		Саратовская 29	
	спирторастворимый глютенин	глиадин	спирторастворимый глютенин	глиадин	спирторастворимый глютенин	глиадин
РК (фон)	29	71	18	82	38	62
По фону:						
90 N	30	70	20	80	47	53
150 N	21	79	19	81	46	54
150 N + 30 N	22	78	14	86	34	66

лась, о чем свидетельствует уменьшение значения ИДК. В варианте с некорневой азотной подкормкой у сорта Родина соотношение спирторастворимого глютенина и глиадиновых белков в составе спирторастворимой фракции существенно не изменялось, а у сортов Московская 35 и Саратовская 29 отмечалось значительное уменьшение доли спирторастворимого глютенина и вместе с тем наблюдалось существенное повышение упругости клейковины (снижение значения ИДК).

Таким образом, сопоставление данных об изменении соотношения фракций спирторастворимых белков зерна яровой пшеницы и упругости клейковины (изменение ИДК) показывает, что понижение упругости клейковины в варианте 90N связано, очевидно, с увеличением доли спирторастворимого глютенина, а повышение упругости клейковины в вариантах 150N и 150N+30N — с уменьшением содержания спирторастворимого глютенина.

Изучаемые сорта значительно различались по составу спирторастворимых белков зерна. У пшеницы Московской 35 на долю спирторастворимого глютенина приходилось 14—20 % всех спирторастворимых белков, у сорта Родина — 21—30, у Саратовской 29—34—47 %. И хотя у пшеницы Саратовской 29 наблюдалось самое высокое содержание этой фракции, ее клейковина отличалась повышенной упругостью. Поэтому отмеченная ранее у всех трех сортов взаимосвязь между составом фракций спирторастворимых белков и упругостью клейковины, по-видимому, может проявляться лишь под влиянием условий питания растений и никак не зависит от уровня сортовой изменчивости этих показателей.

По мнению многих исследователей, важную роль в формировании свойств клейковинного комплекса зерна пшеницы играют глютенины и прежде всего соотношение их компонентов. В наших опытах глютенины пшеницы разделены на сефадексе Г-150 на 3 фракции (рис. 3). В этом случае использовали восстановленные глютенины, получаемые путем добавления к белковому раствору восстановителя — сульфита натрия, под действием которого происходят разрыв дисульфидных связей и переход глютеиновых белков в менее агрегированное состояние.

Выделенные фракции глютеинов заметно различались по аминокислотному составу (табл. 7). Фракция I характеризовалась более высоким содержанием аспарагиновой кислоты, аланина, цистеина, валина, лейцина, лизина и пониженным — глутаминовой кислоты и проли-

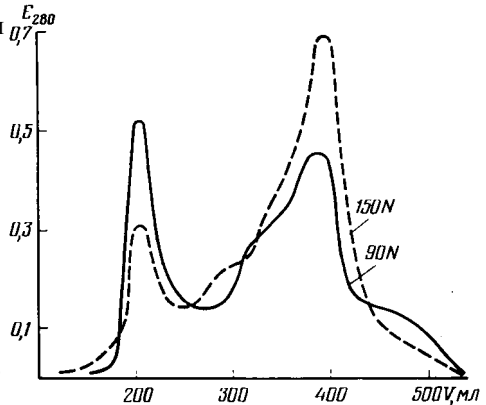


Рис. 2. Разделение спирторастворимых белков зерна (сорт Родина) на сефадексе Г-100.

Аминокислотный состав глютеинов (моль%)

Аминокислота	Фракции после разделения на сефадексе Г-150			Аминокислота	Фракции после разделения на сефадексе Г-150		
	I	II	III		I	II	III
Аспарагиновая	2,80	2,60	2,51	Валин	4,42	3,66	4,13
Треонин	2,81	2,72	2,75	Изолейцин	3,70	3,04	3,76
Серин	6,59	6,61	6,65	Лейцин	7,36	6,17	6,54
Глутаминовая	37,54	42,21	41,17	Тирозин	0,92	1,51	0,78
Пролин	5,63	6,02	6,12	Фенилаланин	3,70	3,20	3,82
Глицин	5,56	7,37	4,45	Гистидин	3,36	2,69	3,24
Аланин	4,09	3,64	3,62	Лизин	1,85	1,60	1,58
Цистеин	1,03	0,42	0,40				

на. Глютеины фракции II отличались повышенной концентрацией глутаминовой кислоты, глицина и тирозина, но меньшим содержанием валина, изолейцина, лейцина, фенилаланина и гистидина. Глютеиновая фракция III по содержанию аспарагиновой и глутаминовой кислот, пролина, аланина, цистеина, лизина была близка к фракции II, а по количеству изолейцина, тирозина, фенилаланина и гистидина — к фракции I. Глютеины фракций II и III, имеющие более высокую концентрацию глутаминовой кислоты и пролина, стоят ближе к глиадиам по

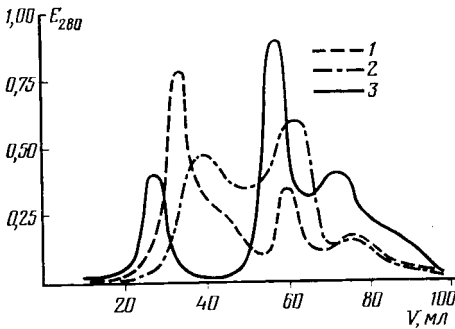


Рис. 3. Разделение глютеинов на сефадексе Г-150. Обозначения те же, что на рис. 1.

аминокислотному составу. В белках фракции I содержится много аминокислотных остатков, содержащих сульфгидрильную группу, за счет которой в белках образуется большое количество дисульфидных связей.

Изучение состава глютеинов в разных вариантах опыта показало, что соотношение глютеиновых фракций мало зависит от нормы азотных удобрений и определяется главным образом генетическими особенностями сорта. Так, у пшеницы Саратовской 29, характеризующейся наиболее упругой клейковиной, основная часть глютеинов

представлена белками фракций II и III, а у сорта Родина, отличающегося более слабой клейковиной и повышенной гидратационной способностью, преобладают белки фракции I (60%), которые содержат значительно больше цистеина, а следовательно, сульфгидрильных групп.

У пшеницы сорта Московская 35 содержание глютеинов фракции II примерно такое же, как у Саратовской 29, фракции III — как у сорта Родина, а по содержанию белков фракции I она занимает промежуточное положение между сортами Саратовская 29 и Родина. В соответствии с таким составом глютеиновых белков сорт Московская 35 занимает среднее положение и по свойствам клейковины (ИДК, степень гидратации).

Из приведенных данных гелехроматографии следует, что между свойствами клейковины и составом глютеинов имеется довольно тесная связь. Выявленные в наших опытах особенности состава глютеинов у сортов яровой пшеницы подтверждают ранее полученные сведения о том, что глютеины сильной пшеницы отличаются повышенным содержанием фракций II, в состав которой входят высокомолекулярные субъединицы (72—104 тыс.), а глютеины слабой пшеницы — повышенным содержанием фракции I, в состав которой входят низкомолекулярные субъединицы (31—58 тыс.) [13].

Поскольку глютеиновая фракция I характеризуется повышенным содержанием цистеина, участвующего в образовании дисульфидных связей, можно заключить, что чрезмерное увеличение количества тиоловых групп в глютеиновых белках за счет фракции I снижает упругость клейковины. Более высокие значения последней у сортов Саратовская 29 и Московская 35, по-видимому, связаны с повышенной концентрацией в их зерне глютеиновых фракций II и III, представленных, судя по аминокислотному составу, глиадиноподобными белками с небольшим содержанием тиоловых групп.

Выводы

1. В полевых опытах, проведенных на дерново-подзолистой почве с невысоким содержанием гумуса, установлено, что для формирования повышенных урожаев зерна яровой пшеницы с содержанием белков 13—14 % необходимо вносить не менее 150 кг азота на 1 га. При таких нормах азота в зерне повышалось накопление сырой клейковины, и оно по значениям ИДК отвечало требованиям, предъявляемым к зерну сильной пшеницы.

2. Степень гидратации клейковины у яровой пшеницы значительно варьирует в зависимости от сорта, уровня азотного питания, а также погодных условий в период вегетации. В связи с этим для более точной оценки качества зерна следует определять содержание не сырой, а сухой клейковины.

3. В результате внесения повышенной нормы азота обеспечивается высокий объемный выход хлеба, но наблюдается некоторое ухудшение других технологических показателей: уменьшаются водопоглотительная способность муки, время образования и сопротивляемость теста. При этом сорта Родина и Московская 35 по объему хлеба и многим свойствам теста, как правило, уступают пшенице Саратовской 29.

4. Поздняя некорневая азотная подкормка улучшала технологические свойства зерна даже в том случае, когда не увеличивалось накопление белка и клейковины. При обработке пшеницы раствором мочевины в фазу начала формирования зерна наблюдалось увеличение числа седиментации, времени образования, сопротивляемости и устойчивости теста и уменьшение показателя разжижения теста, т. е. значительно повышались хлебопекарные качества зерна.

5. При повышении уровня азотного питания у всех сортов усиливалось накопление клейковинных белков, а у пшеницы Саратовской 29 в отличие от сортов Родина и Московская 35 возрастала доля глютеинов в составе клейковинного комплекса.

6. Изменение упругости клейковины пшеницы при разных уровнях азотного питания зависит от соотношения фракций спирторастворимых белков. Увеличение в зерновках фракции спирторастворимого глютеина, как правило, вызывает снижение упругости клейковины. Выяснено, что более высокая упругость клейковины у сортов Саратовская 29 и Московская 35, по-видимому, связана с повышенной концентрацией в их зерне фракций глиадиноподобных глютеинов с небольшим содержанием тиоловых групп.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонова Н. И., Захарова А. В., Коначов Ю. А., Наволоцкий А. В. Величина и качество урожая яровой пшеницы Дружба в зависимости от условий минерального питания на осушенных минеральных почвах. — В кн.: Создание новых сортов зерновых культур и технология их возделывания в северо-западной зоне РСФСР. Л.: СЗНИИСХ, 1984, с. 46—54. — 2. Беркутова Н. С., Виноградова Р. И. Урожай зерна

яровой пшеницы и его технологические свойства при внесении повышенных доз минеральных удобрений на дерново-подзолистой почве. — *Агрохимия*, 1982, № 6, с. 47—53. — 3. Колосова Н. А. Особенности минерального питания короткостебельной пшеницы в онтогенезе. — *Агрохимия*, 1983, № 12, с. 37—42. — 4. Методы оценки технологических качеств зерна. — М.: ВНИИЗ, 1971. — 5. Минеев В. Г., Павлов А. Н. Агрохимиче-

ские основы повышения качества зерна пшеницы. — М.: Колос, 1981. — 6. Неттевич Э. Д. и др. Новый сорт яровой мягкой пшеницы интенсивного типа. — Науч. тр. НИИСХЦРНЗ, 1981, вып. 50, с. 250—253. — 7. Павлов А. Н. Повышение содержания белка в зерне. — М.: Наука, 1985. — 8. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. — Минск: Высшая школа, 1967. — 9. Рядчиков В. Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. — М.: Колос, 1978. — 10. Смирнов П. М. Вопросы агрохимии азота. — М.: ТСХА, 1982. — 11. Созинов А. А., Попереля Ф. А., Хохлов А. Н. Повышение белковости зерна озимой пшеницы. — В кн.: Проблемы бел-

ка в сельск. хоз-ве. М.: Колос, 1975, с. 147—156. — 12. Ющенко Н. С. Накопление белка в зерне яровой пшеницы при различных способах усиления азотного питания в условиях увлажнения. — Сб. науч. статей Карагандинской гос. с.-х. станции, 1980, № 6, с. 72—75. — 13. Agakawa T., Morishita H., Yonezawa D. — Agr. Biol. Chem., 1975, vol. 45, N 7, p. 1217—1220. — 14. Ebert K., Rinno G. — Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 1977, Bd. 21, N 3, S. 201—220. — 15. Spratt E. — Canada Agr., 1979, vol. 24, N 2, p. 7—11.

Статья поступила 5 сентября 1986 г.

SUMMARY

The effect of different conditions of nitrogenous nutrition on the content and composition of gluten proteins in the grain of three varieties of soft spring wheat and on the relationship of these factors with gluten quality and bread baking characteristics of grain was studied. It was shown in field experiments that to obtain spring wheat high quality grain it is necessary to apply not less than 150 kg of nitrogen per 1 hectare in combination with spray dressing, better quality of flour and dough and great volume of bread produce being provided. Varietal specificities in accumulating gluten proteins under the effect of nitrogenous fertilizers have been established. It is shown that variations in gluten elasticity under different rates of nitrogenous nutrition depend on the relationship between fractions of alcohol soluble proteins.