

УДК 633.11:664.646.1:581.19

## СВЯЗЬ МЕЖДУ СОСТАВОМ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ЗЕРНА У СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.Н. НОВИКОВ, О.М. ГАВРИКОВА

(Кафедра хранения, переработки  
и товароведения продукции растениеводства)

Выполнены исследования по выяснению связи между полипептидным составом водо- и солерастворимых белков и технологическими свойствами зерна у сортов озимой мягкой пшеницы. Выявлены генотипы, имеющие высокую продуктивность растений и зерно, обладающее хорошими мукомольно-хлебопекарными свойствами, а также улучшенными структурно-механическими свойствами теста. В результате корреляционного анализа установлено, что количественная выраженность на электрофореграммах многих полипептидных компонентов водо- и солерастворимых белков зерна тесно связана с урожайностью генотипов пшеницы и такими технологическими показателями, как число падения, масса 1000 зерен, стекловидность зерна, содержание клейковины, объем хлеба, удельная работа деформации теста, водопоглотительная способность муки, валориметрическая оценка теста.

Легкорастворимые белки (альбумины и глобулины) представлены в зерновках пшеницы ферментами, транспортными, регуляторными, а также запасными формами белков, которые кодируются генами, локализованными в различных хромосомах. Причем многие такие гены дублируются в гомеологичных хромосомах.

В ряде опытов было показано, что в составе легкорастворимых белков зерна пшеницы содержатся изоферментные наборы гидролитических, окислительно-восстановительных и других ферментов, которые кодируются аллельными локусами нескольких хромосом. И у некоторых генотипов с локусами, кодирующими определенные изоферменты, сцепленно наследуются признаки устойчивости этих генотипов к тем или

иным стрессовым факторам внешней среды [3, 4, 9, 10].

В процессе электрофоретических исследований белкового комплекса зерна различных сортов пшеницы выяснено, что они заметно различаются по составу легкорастворимых белков. Однако сорта пшеницы, имеющие сходный состав легкорастворимых белков, довольно близки и по качеству зерна [1, 2, 7].

На основе изучения легкорастворимых белков зерна у комбинаций тетраплоидных и гексаплоидных форм пшеницы, имеющих разную дозу генома D, выяснено, что некоторые компоненты легкорастворимых белков, по-видимому, кодируются генами, локализованными в D-хромосомах, с которыми также связано наследование хлебопекарных свойств зерна. Поэтому вполне

возможно наличие связи между составом легкорастворимых белков и показателями качества зерна [5, 8].

Нами выполнены исследования с целью выяснения связи между составом водо- и солерастворимых белков зерна и технологическими показателями у генотипов озимой хлебопекарной пшеницы.

### **Объекты и методы исследований**

В качестве объектов исследований было взято зерно 12 сортов озимой мягкой пшеницы, рекомендуемых для возделывания в Центральных районах Нечерноземной зоны: Мироновская 808, Заря, Московская низкостебельная, Инна, Памяти Федины, Им. Рапопорта, Московская 39, Звезда, Ранняя 805, Нана, Ивона, Тимирязевская 162. Последние 5 сортов принадлежат селекции А.А. Кондратьева и Н.Н. Кондратьевой (РГАУ - МСХА имени Тимирязева).

Генотипы пшеницы выращивали в полевых опытах на Полевой опытной станции МСХА им. Тимирязева в 2000-2001 гг. Почва на опытном участке дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса 2,4—2,5%, рН солевой вытяжки 5,8-6,2, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) — 15 мг, обменного калия — 12 мг в расчете на 100 г почвы. Учётная площадь опытных делянок 9 м<sup>2</sup>, повторность опыта 4-кратная. Посев производили из расчёта 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Весной в фазу кущения пшеницы проводили подкормку аммиачной селитрой в дозе 70 кг азота на 1 га.

В зрелом зерне оценивали технологические показатели по действующим ГОСТам. Лабораторную выпечку хлеба проводили безопарным методом с интенсивным замесом теста в модификации ВЦОКС

(Всероссийского центра по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур) [6].

Водорастворимые белки зерна (альбумины и легкорастворимые глобулины) выделяли из навески цельносмолового зерна дистиллированной водой, солерастворимые белки (глобулины) экстрагировали 10%-м раствором NaCl после выделения водорастворимых белков. Полипептидный состав водо- и солерастворимых белков определяли методом вертикального электрофореза в 10%-м полиакриламидном геле в щелочной буферной системе (рН 8,8), применяя в качестве диссоциирующих агентов (3-меркаптоэтанол и додецилсульфат натрия [11]. Статистическую обработку экспериментального материала проводили с использованием компьютерной программы «Straz» в модификации информационно-вычислительного центра РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева (Версия 2.1, 1989-1991 гг.).

### **Результаты исследований**

Условия вегетации растений в годы проведения полевых опытов существенно различались по гидротермическому режиму. В 2000 г. гидротермический коэффициент был значительно выше оптимальных значений, тогда как в 2001 г. он был близок к среднемуголетним данным. В связи с этим у изучаемых сортов озимой пшеницы уровень урожайности в 2001 г. в среднем был выше на 0,72 т/га (табл. 1). По итогам 2-летних полевых опытов высокой продуктивностью характеризовались сорта: Тимирязевская 162, Инна, Московская 39, Московская низкостебельная, Памяти Федины, Заря. Их урожайность в опыте 2000 г. составляла 4,26 — 5,17 т/га, а в 2001 г. находилась в пределах

4,89 — 6,05 т/га. Сравнительно низкую продуктивность имели сорта Ивона, Нана, Мироновская 808, Ранняя 805, Звезда.

Хорошо выполненное и крупное зерно с массой 1000 зерен 35-40 г имели сорта Нана, Ивона, Московская 39, Заря, Инна, Им. Рапопорта, Тимирязевская 162 (см. табл. 1). Более мелкое зерно формировалось у сортов Звезда и Московская низкостебельная с массой 1000 зерен 25-30 г.

Показатель природы, характеризующий выполненность зерна и массовую долю эндосперма в зерне, по всем сортам в 2-летних опытах был выше базисной нормы, что соответствует требованиям ГОСТ к сильной пшенице. Однако у сортов Ивона, Московская 39, Ранняя 805, Им. Рапопорта, Мироновская 808, Тимирязевская 162, Заря этот показатель был более стабильным по годам.

Показатель стекловидности зерна у большинства сортов составлял 48-59%, что отвечает требованиям, предъявляемым к пшенице с улучшенным качеством зерна. У сорта Звезда отмечена более выраженная стекловидность зерна — 62—68%, что обусловлено особенностями данного генотипа.

По накоплению клейквинных белков заметно выделялись сорта Звезда и Московская 39, у которых содержание сырой клейковины превышало 30% в оба года исследований, заметно различавшихся по гидротермическим условиям. Высокий уровень содержания клейковины наблюдался также у сортов Заря и Нана (более 26-28%). Высокое качество клейковины (I группа) по измерению показателя ИДК отмечены у сортов Московская низко-

стебельная, Ивона, Ранняя 805, Звезда.

В 2000 г. на завершающих этапах созревания пшеницы наблюдалась сухая погода, в связи с чем сформировалось зерно с низкой активностью гидролитических ферментов. Поэтому у большинства сортов показатель число падения имел высокие значения (более 300 с.). В опыте 2001 г. во время созревания зерна была влажная погода, вследствие чего отмечался более высокий уровень активности гидролитических ферментов, вызвавший уменьшение значений показателя число падения в среднем на 50-100 с. Однако у таких сортов, как Московская 39, Ивона, Памяти Федина, Московская низкостебельная, Им. Рапопорта, он оставался на высоком уровне (280-374 с.), что свидетельствует о возможно высокой устойчивости этих генотипов к инициации процессов прорастания зерна в предуборочный период.

При сопоставлении показателей, характеризующих физико-химические свойства зерна, установлена довольно тесная положительная связь между стекловидностью зерна и содержанием клейковины ( $r_{ср.} = 0,70$ )\*, что указывает на зависимость стекловидности зерна от наличия в нем клейквинных белков. Однако не наблюдается устойчивой связи физико-химических свойств зерна с величиной урожайности пшеницы.

По показателю упругости теста в 2-летних опытах лучшую характеристику имеют сорта Московская 39 и Ранняя 805, которые отвечают требованиям, предъявляемым к сильной пшенице (табл. 2). Хорошие показатели упругости теста, отвечающие требованиям к

\* Здесь и далее приводятся средние коэффициенты корреляции, рассчитанные по показателям 2000 и 2001 гг. и существенные при 5%-м уровне значимости.

Физико-химические и хлебопекарные свойства зерна различных генотипов озимой мягкой пшеницы\*

Сорт	Урожайность, т/га	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло-видность, %	Массовая доля клейковины, %	Качество клейковины, ед. ИДК	Число падения, с.	Объем хлеба из 100 г муки, мл	Общая хлебопекарная оценка, балл
Мироновская 808	4,13/5,15	34,4/35,2	768/778	54/54	26,4/27,7	80/80	310/237	990/1050	4,1/4,0
Заря	4,28/5,36	36,9/35,5	764/775	51/54	28,7/30,8	75/80	369/261	950/1030	3,5/4,1
Московская низкостебельная	4,38/5,77	30,9/28,2	727/750	48/55	24,6/27,0	70/75	383/280	930/980	3,2/3,8
Июна	4,88/5,32	35,9/36,8	747/773	53/53	24,8/26,4	75/80	355/257	910/1000	3,4/4,0
Звезда	4,10/4,91	25,2/27,1	753/786	62/68	31,0/38,1	80/65	358/253	1000/1100	4,0/4,6
Памяти Федина	4,39/5,69	33,7/34,7	728/769	48/53	25,5/28,2	75/85	379/360	880/960	3,0/3,7
Им. Рапопорта	4,29/5,14	35,6/36,6	727/780	51/55	25,8/26,6	75/85	365/283	960/1030	4,0/4,0
Московская 39	4,26/6,05	38,0/37,3	795/799	55/59	31,4/32,0	75/80	406/374	970/1060	4,0/4,2
Ранняя 805	4,25/4,26	33,2/34,0	791/782	50/55	26,0/26,2	70/75	270/210	1050/1110	3,8/4,3
Нана	3,69/3,77	39,1/40,4	786/729	49/55	26,3/37,0	50/90	328/155	960/1070	3,8/4,0
Июна	3,86/4,01	36,1/37,9	813/787	52/51	30,5/26,1	70/65	387/336	1010/1110	4,1/4,6
Тимирязевская 162	5,17/4,89	35,8/34,9	768/774	52/52	25,5/26,4	75/80	290/223	1010/1030	3,7/3,8
НСР <sub>05</sub>	0,44/0,40	2,1	5	5	2	5	31	19	—

\* В этой и других таблицах в числителе — показатели 2000 г., в знаменателе — 2001 г.

Таблица 2

Структурно-механические свойства теста

Сорт	Упругость теста, мм	Отношение упругости к растяжимости	Удельная работа деформации теста, е. а.	ВПС, %	Время образования теста, мин.	Устойчивость теста, е. ф.	Разжижение теста, е. ф.	Валориметрическая оценка, е. вал.
Мироновская 808	94/72	0,8/1,0	258/209	66,2/56,5	5,5/5,0	5,0/9,0	70/60	51/64
Заря	71/63	0,5/0,6	243/246	66,3/56,7	7,5/5,5	10,5/9,5	60/50	60/67
Московская низкостебельная	83/70	0,9/1,1	233/179	66,2/56,5	4,0/2,5	6,5/8,0	80/55	41/56
Июна	74/63	0,6/0,8	252/177	63,9/56,0	5,0/3,0	4,5/7,0	80/75	52/55
Звезда	73/118	0,8/1,8	282/336	66,8/62,1	7,0/4,0	4,5/7,0	110/65	60/60
Памяти Федина	67/66	0,5/0,9	255/182	63,8/55,9	5,5/3,5	6,0/8,5	100/50	50/59
Им. Рапопорта	62/66	0,4/1,0	225/180	66,8/56,0	6,0/4,5	5,5/9,0	100/60	53/62
Московская 39	100/100	1,0/1,3	308/314	69,7/60,3	7,0/6,5	8,5/12,0	60/40	58/70
Ранняя 805	82/88	0,8/1,4	298/238	68,0/58,2	6,0/3,0	9,0/5,5	80/75	58/54
Нана	60/80	0,4/0,9	262/305	67,9/61,8	7,0/6,0	9,5/7,5	120/85	71/67
Июна	60/95	0,6/1,6	250/251	67,5/59,8	8,0/3,0	12,0/6,5	80/65	67/56
Тимирязевская 162	71/74	0,9/1,0	230/209	65,5/57,1	3,5/3,5	5,5/6,5	67/70	55/57
НСР <sub>05</sub>	—	—	20	1,0	1,0	1,0	20	20

сильной и ценной пшенице, имеют также сорта Звезда, Мироновская 808, Московская низкостебельная, Тимирязевская 162.

Наиболее высокие значения отношения упругости теста к растяжимости отмечались у сортов Мироновская 808, Московская 39, Ранняя 805, Звезда, Московская низкостебельная, Тимирязевская 162, которые по этому показателю удовлетворяют требованиям, предъявляемым к сильной пшенице.

По величине показателя удельная работа деформации теста требованиям, предъявляемым к сильной пшенице, удовлетворяло зерно сортов Звезда и Московская 39; к ним приближался также сорт Нана. У других генотипов пшеницы показания альвеограммы находились на уровне хороших и удовлетворительных филлеров.

При оценке показателя разжижение теста выявлены сорта, которые отвечали требованиям, предъявляемым к сильной пшенице (Заря и Московская 39), а также генотипы, имеющие значения этого показателя на уровне ценной пшеницы (Мироновская 808, Московская низкостебельная, Инна, Ранняя 805, Ивона, Тимирязевская 162).

По результатам общей валориметрической оценки теста выявлены сорта, имеющие значения данного показателя на уровне ценной по качеству пшеницы, к ним относятся Заря, Звезда, Московская 39, Нана, Ивона, Тимирязевская 162. У этих сортов наблюдались более высокие значения показателей водопоглотительной способности теста, а также времени образования и устойчивости теста.

Выяснена также связь между показателями, характеризующими свойства теста. Показатель упругости теста тесно коррелирует с во-

допоглотительной способностью муки ( $r_{cp} = 0,82$ ), удельной работой деформации теста ( $r_{cp} = 0,83$ ) и отношением упругости теста к его растяжимости ( $r_{cp} = 0,85$ ). Тесная положительная связь выявлена между показателем удельной работы деформации теста и водопоглотительной способностью муки ( $r_{cp} = 0,86$ ), а также показателем валориметрической оценки теста и временем образования и устойчивостью теста ( $r_{cp} = 0,87$  и  $r_{г.р.} = 0,73$ ) соответственно. Показатель устойчивости теста положительно коррелирует с временем образования теста ( $r_{cp} = 0,69$ ) и отрицательно связан с показателем разжижения теста ( $r_{cp} = -0,79$ ). Выявленные корреляционные связи показывают, что из большого набора показателей, характеризующих свойства теста, можно отобрать 2~3 показателя, которые позволяют наиболее полно оценивать его качество, например, упругость и валориметрическая оценка теста.

В опытах изучены связи между свойствами теста и физико-химическими свойствами зерна. В результате было выяснено, что упругость теста довольно тесно коррелирует со стекловидностью зерна ( $r^p = 0,65$ ), а показатели удельной работы деформации теста, водопоглотительной способности муки и времени образования теста — с содержанием в зерне клейковины (средние коэффициенты корреляции соответственно: 0,68; 0,70; 0,68). Кроме того, установлено, что показатель устойчивости теста имеет положительную связь с урожайностью пшеницы ( $r_{cp} = 0,64$ ), а показатель разжижения теста — отрицательную связь с урожайностью пшеницы ( $r_{cp} = -0,68$ ). Таким образом, при сопоставлении коэффициентов корреляции мы видим,

что по показателям стекловидности зерна, содержания в зерне клейковины и даже уровню урожайности пшеницы можно в определенной степени прогнозировать свойства теста.

Все изучаемые сорта пшеницы, за исключением Памяти Федина, по объемному выходу хлеба характеризовались как удовлетворительные филлеры, а сорта Звезда, Ранняя 805, Ивона были близки по этому показателю к наиболее ценным по качеству пшеницам. По показателю общей хлебопекарной оценки к наиболее ценным по качеству пшеницам можно отнести сорта Мироновская 808, Звезда, Им. Рапопорта, Московская 39, Ивона. Следует отметить, что в опыте 2001 г. объем хлеба у всех сортов пшеницы был на 50–100 см<sup>3</sup> больше по сравнению с 2000 г., что, очевидно, было связано с большим содержанием клейковины. По результатам общей хлебопекарной оценки можно отметить сорта с хорошим качеством зерна: Ивона, Звезда, Московская 39, Мироновская 808, Им. Рапопорта. Показатель общей хлебопекарной оценки положительно коррелирует с объемом хлеба ( $r_{\text{ср}} = 0,69$ ) и содержанием клейковины ( $r_{\text{ср}} = 0,60$ ). Установлена положительная связь между объемом хлеба и такими показателями, как удельная работа деформации теста ( $r_{\text{ср}} = 0,62$ ), водопоглотительная способность муки ( $r_{\text{ср}} = 0,66$ ), натура ( $r_{\text{ср}} = 0,62$ ), содержание в зерне клейковины ( $r_{\text{ср}} = 0,64$ ), стекловидностью зерна ( $r_{\text{ср}} = 0,55$ ), индексом деформации клейковины ( $r_{\text{ср}} = 0,60$ ). На основе выявленных связей можно отметить, что объем хлеба представляет собой интегрирующий показатель, который выражает и физико-химические свойства зерна, и свойства теста, но отрицательно

коррелирует с качеством клейковины (положительная связь с ИДК).

По комплексу анализируемых показателей из всех изучаемых генотипов заметно выделяется сорт пшеницы Московская 39, который обладает высокой урожайностью, а также хорошими мукомольно-хлебопекарными свойствами и качеством теста. По многим показателям к нему приближается сорт Тимирязевская 162, имеющий высокую продуктивность, а также улучшенные свойства теста. Высокую оценку имеет сорт Звезда, который превосходит другие генотипы по ряду показателей, характеризующих мукомольно-хлебопекарные свойства зерна и структурно-механические свойства теста. Однако этот сорт уступает сортам Московская 39 и Тимирязевская 162 по урожайности. Хорошие свойства теста и высокие хлебопекарные показатели наблюдаются у сорта Ивона. Повышенная урожайность и способность к накоплению в зерне клейковинных белков, а также улучшенные свойства теста имеет сорт Заря.

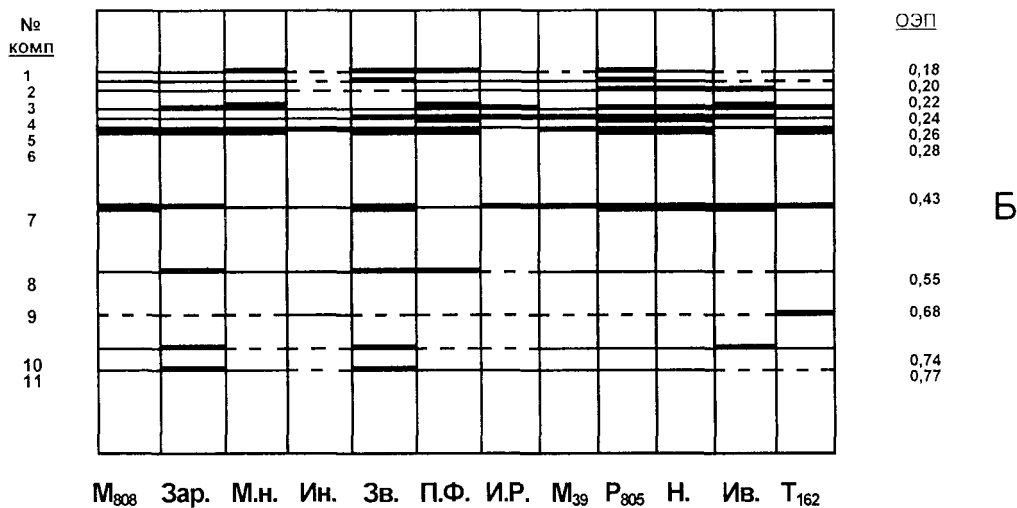
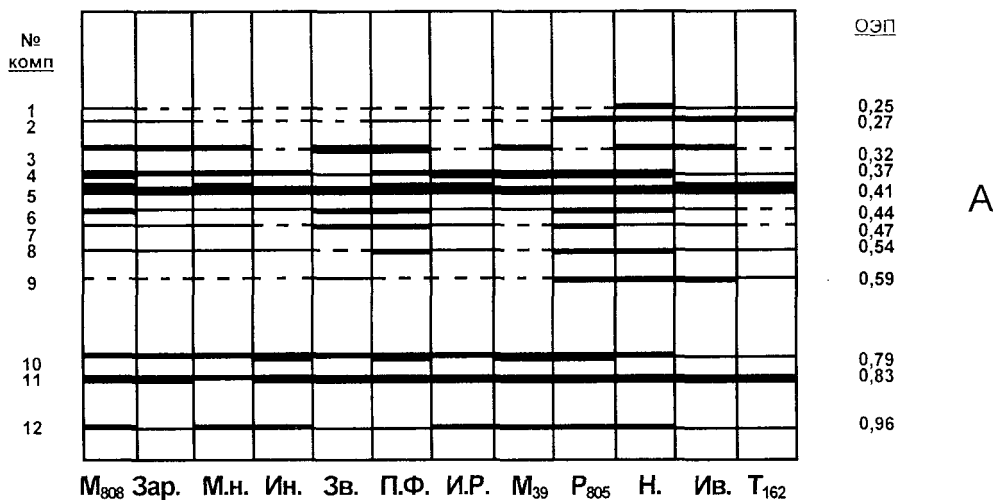
У рассматриваемых сортов озимой пшеницы был изучен полипептидный состав водо- и солерастворимых белков зерна методом электрофореза в полиакриламидном геле. В результате электрофоретического разделения были получены электрофореграммы, содержащие полипептидные компоненты белков, различающиеся по молекулярным массам.

На электрофореграммах водорастворимых белков, представленных альбуминами и легкорастворимыми глобулинами, были идентифицированы 12 электрофоретических компонентов, у которых достаточно четко можно было оценить их количественную выраженность (рисунок, А). Наиболее интенсивно вы-

ражены полипептидные компоненты 5, 10, 11 и 12 с относительной электрофоретической подвижностью (ОЭП), соответственно 0,41; 0,79; 0,83; 0,96.

При электрофоретическом анализе солерастворимых белков, пред-

ставленных глобулинами, идентифицировано 11 полипептидных компонентов с достаточно четкой количественной выраженностью (рисунок, Б). В составе полипептидных компонентов солерастворимых белков наиболее интенсивно выраже-



Электрофореграммы полипептидных компонентов водорастворимых (А) и солерастворимых (Б) белков зерна пшеницы

Условные обозначения сортов: М<sub>808</sub>—Мироновская 808, Зар.—Заря, М.н.—Московская низкостебельная, Ин.—Инна, Зв.—Звезда, П.Ф.—Памяти Федина, и.Р.—им. Рапопорта, М<sub>39</sub>—Московская 39, Р<sub>805</sub>—Ранняя 805, Н.—Нана, Ив.—Ивона, Т<sub>162</sub>—Тимирязевская 162

ны компоненты 4, 5, 6, 7, 8, имеющие ОЭП соответственно 0,24; 0,26; 0,28; 0,43; 0,55. Количественную выраженность компонентов водо- и солерастворимых белков зерна на электрофореграммах оценивали по ширине и интенсивности окрашенных зон. Чем интенсивней выражены полипептидные компоненты на электрофореграмме, тем выше их концентрация в зерне.

Путем сопоставления количественной выраженности полипептидных компонентов водо- и солера-

створимых белков зерна у представленных генотипов пшеницы с показателями, характеризующими их урожайность и технологические свойства зерна, были определены коэффициенты корреляции. На основе статистической оценки из них выбраны коэффициенты корреляции, которые существенны при уровне вероятности 0,95 ( $r > 0,58$ ) и 0,99 ( $r \geq 0,72$ ), и эти данные представлены в табл. 3 и 4.

При анализе полученных данных выявлено, что урожайность изуча-

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции между содержанием в зерне полипептидных компонентов водорастворимых белков, урожайностью и различными технологическими показателями изучаемых генотипов пшеницы (в среднем за 2 года)**

Показатель	Номера электрофоретических компонентов							
	1	2	5	6	7	8	9	11
Урожайность	-0,66	-0,66		-0,59				-0,77*
Масса 1000 зерен					-0,62			
Стекловидность зерна						-0,69		
Число падения	-0,60							
Объем хлеба							0,72*	
Водопоглотительная способность муки							0,62	
Удельная работа деформации теста				-0,64				
Разжижение теста							0,67	
Валориметрическая оценка								0,64

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции между содержанием в зерне полипептидных компонентов солерастворимых белков, урожайностью и различными технологическими показателями изучаемых генотипов пшеницы (в среднем за 2 года)**

Показатель	Номера электрофоретических компонентов						
	1	3	4	5	7	9	10
Урожайность		-0,62				-0,67	
Масса 1000 зерен	-0,69						
Стекловидность зерна			-0,67				
Содержание клейковины							0,82*
ИДК клейковины		-0,64					
Число падения							-0,61
Объем хлеба						0,89*	0,67
Общая хлебопекарная оценка						0,83*	
Водопоглотительная способность муки						0,63	
Разжижение теста					0,62		
Валориметрическая оценка							0,67



емых генотипов пшеницы отрицательно коррелирует с количественной выраженностью на электрофореграммах полипептидных компонентов 1, 2, 6, 9 водорастворимых и компонентов 3 и 7 солерастворимых белков зерна.

Масса 1000 зерен отрицательно связана с количественной выраженностью компонента 7 водорастворимых и компонента 1 солерастворимых белков зерна. Стекловидность зерна имеет отрицательную связь с содержанием в зерне компонента 8 водорастворимых и компонента 4 солерастворимых белков. Показатель число падения связан отрицательной связью с количественной выраженностью компонента 1 водорастворимых и компонента 9 солерастворимых белков.

Содержание клейковины имеет тесную положительную связь с концентрацией в зерне компонента 10 солерастворимых белков, а ИДК клейковины, выражающий ее упругость, — отрицательную связь с компонентом 3 этих же белков. Объем хлеба довольно тесно коррелирует с количественной выраженностью компонента 9 водорастворимых и компонентов 7, 10 солерастворимых белков, а показатель общей хлебопекарной оценки зерна — с количественной выраженностью компонента 7 солерастворимых белков зерна пшеницы.

Выявлены связи между полипептидным составом белков зерна со свойствами муки и теста. Установлено, что водопоглотительная способность муки положительно коррелирует с содержанием в зерне компонента 9 водорастворимых и компонента 7 солерастворимых белков зерна. Показатель разжижения теста имеет положительную связь с количественной выраженностью

компонента 9 водорастворимых и компонента 5 солерастворимых белков.

Показатель удельной работы деформации теста отрицательно коррелирует с содержанием в зерне компонента 5 водорастворимых белков, а показатель общей валориметрической оценки теста имеет положительную связь с количественной выраженностью компонента 11 водорастворимых и компонента 10 солерастворимых белков зерна.

Оценивая представленные в табл. 3 и 4 коэффициенты корреляционной связи хозяйственно ценных признаков озимой мягкой пшеницы с содержанием в зерне полипептидных компонентов водорастворимых и солерастворимых белков, можно отметить возможные направления использования полученных данных для селекционного отбора высокоурожайных генотипов пшеницы с улучшенными технологическими свойствами зерна.

Как следует из данных табл. 3, электрофоретический компонент 1 водорастворимых белков зерна отрицательно коррелирует с величиной урожайности пшеницы и показателем число падения. Из этого следует, что генотипы с уменьшенной концентрацией в зерне компонента 1 водорастворимых белков имеют повышенную продуктивность и хорошие технологические свойства зерна, которые характеризуются более высоким числом падения.

Электрофоретические компоненты 2 и 6 водорастворимых белков связаны отрицательной связью с величиной урожайности пшеницы. Следовательно, генотипы пшеницы с пониженной концентрацией в зерне этих компонентов отличаются повышенной продуктивностью.

С целым рядом хозяйственно ценных показателей качества пшеницы коррелирует компонент 9 водорастворимых белков зерна. Его концентрация в зерне отрицательно связана с урожайностью пшеницы, но имеет положительную связь с водопоглощительной способностью муки, показателем разжижения теста и объемом хлеба. Однако при отборе по этому компоненту высокоурожайных генотипов пшеницы у них будет уменьшаться объем хлеба, водопоглощительная способность муки и показатель разжижения теста, что приведет к ухудшению технологических свойств зерна, в связи с чем данный электрофоретический компонент не может быть использован в селекции пшеницы.

Определенный интерес для селекции представляет компонент 7 водорастворимых белков. На электрофореграмме видно, что его количество отрицательно связано с массой 1000 зерен. У генотипов пшеницы с пониженной концентрацией этого полипептидного компонента отмечается более высокая выполненность зерновок, что увеличивает массу 1000 зерен.

Сорта и линии пшеницы, имеющие пониженную концентрацию в зерне компонента 8 водорастворимых белков, характеризуются повышенной стекловидностью зерна, а имеющие повышенную концентрацию в зерне компонента 11 — более высокие значения показателя валориметрической оценки теста.

Определенный интерес для селекции могут также иметь корреляционные связи между технологическими показателями пшеницы и полипептидным составом солерастворимых белков зерна (см. табл. 4). Генотипы, имеющие пониженную концентрацию в зерне компонента 1

солерастворимых белков, отличаются большей массой зерен, а сортообразцы с пониженной концентрацией компонента 4 имеют более стекловидное зерно. У сортов пшеницы с повышенным содержанием компонента 5 солерастворимых белков наблюдаются более высокие значения показателя разжижения теста.

Количественная выраженность компонента 10 солерастворимых белков зерна имеет положительную связь с содержанием клейковины, объемом хлеба и показателем общей валориметрической оценки теста, в связи с чем у генотипов пшеницы с повышенным содержанием этого компонента отмечается более высокое содержание клейковины и увеличение показателей, характеризующих объем хлеба и общую валориметрическую оценку теста.

Концентрация в зерне компонента 7 солерастворимых белков отрицательно коррелирует с урожайностью пшеницы и имеет положительную связь с водопоглощительной способностью муки, объемом хлеба и показателем общей хлебопекарной оценки. Поэтому у высокоурожайных генотипов, имеющих пониженную концентрацию компонента 7, ухудшаются мукомольно-хлебопекарные свойства, что не отвечает задачам селекции.

При понижении в зерновках пшеницы концентрации компонента 3 солерастворимых белков увеличивается показатель ИДК, что обусловлено понижением упругости клейковины, ухудшающем технологические свойства зерна. При увеличении в зерне генотипов пшеницы концентрации компонента 9 солерастворимых белков понижается число падения, что свидетельствует об ухудшении технологических свойств зерна.

Таким образом, в результате анализа корреляционных связей между составом водо- и солерастворимых белков зерна и различными технологическими показателями выявлены полипептидные белковые компоненты, по которым возможен отбор генотипов пшеницы с различными полезными признаками. Компонент 1 водорастворимых белков зерна имеет связь с повышенной продуктивностью и хорошими технологическими свойствами зерна. Компоненты 2 и 6 водорастворимых белков в значительной степени сопряжены с высокой продуктивностью растений, компонент 5 — с хорошими свойствами теста, а компонент 7 — массой 1000 зерен. Компонент 8 водорастворимых и компонент 4 солерастворимых белков могут быть использованы для отбора генотипов с повышенной стекловидностью зерна. Компонент 11 водорастворимых белков коррелирует со свойствами теста. Компонент 10 солерастворимых белков может служить белковым маркером для отбора генотипов пшеницы с повышенным содержанием в зерне клейковины и объемом хлеба, а также улучшенными свойствами теста. Компонент 1 солерастворимых белков имеет связь с массой зерен.

#### Выводы

1. В результате анализа большого набора показателей, характеризующих технологические свойства зерна, выявлены генотипы озимой мягкой пшеницы, обладающие высокой урожайностью и хорошими мукомольно-хлебопекарными свойствами (Московская 39, Тимирязевская 162), а также отличающиеся улучшенными структурно-механическими свойствами теста (Звезда, Ивона, Заря).

2. При изучении корреляционных связей между мукомольно-хлебопекарными показателями зерна и структурно-механическими свойствами теста выявлены показатели, выражающие многие технологические свойства зерна и теста. К ним относятся стекловидность зерна, содержание в зерне клейковины, упругость теста, объем хлеба.

3. Концентрация в зерне пшеницы многих полипептидных компонентов водо- и солерастворимых белков коррелирует с урожайностью и технологическими свойствами зерна, в связи с чем эти компоненты белков могут быть использованы для отбора генотипов с повышенной продуктивностью, а также улучшенными мукомольно-хлебопекарными свойствами.

4. В качестве молекулярных маркеров в селекции пшеницы могут быть использованы полипептидные компоненты 1, 2, 5, 6, 7, 8, 11 водорастворимых белков, а также компоненты 1, 4, 10 солерастворимых белков зерна (с соответствующей относительной электрофоретической подвижностью).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асмаева А. П., Авунджян Э. С., Гукасян Л. А. Электрофоретические исследования альбуминов элитных семян пшеницы, возделываемой в разных экологических условиях // Пшеница, 1974. № 21. С. 11-16. — 2. Дарканбаев Т. Б., Кударов Б. Р., Заиров С. З. Белковый комплекс зерна короткостебельной пшеницы // Вестник АН. Каз. ССР, 1974. № 211. С. 19 — 22. — 3. Забродина М. В., Хавкин Э. Е. Органоспецифичная экспрессия изоферментов эстеразы у ржи (*Secale L.*) // Доклады РАН / Рос. АН, 1993. Т. 329. № 1. С. 110-112. — 4. Забродина М. В., Силис Д. Я., Хавкин Э. Е. Изоферменты аспарат-аминотрансферазы у многолетней ржи Державина и ее родительских форм // Доклады РАН / Рос. АН, 1993. Т. 332. № 3. С. 393-395. — 5. Куракамвели С. Дж., Новиков Н. Н., Пухальский В. А. Взаимосвязь дозы генома D и состава белков в эндосперме мягкой пше-

ницы // Доклады ВАСХНИЛ, 1980. № 210. С. 8-10. — 6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под общей ред. М.А. Федина. М.: Госагропром, 1988. — 7. Новиков Н.Н., Войсса Б.В. Формирование качества зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от сорта, условий выращивания и уровня азотного питания // Изв. ТСХА, 1994. Вып. 3. С. 14-29. — 8. Новиков Н.Н. Связь между составом белков и технологическими свойствами зерна пшеницы. С.-х. биотехнология. М.: Евразия+, 2000. С. 215-227. — 9. Яаска В. Изменчивость ферментов и филогенетические связи в родах злаков. *Agropyron yearet* и *Elymus J.* // Изв. АН ЭССР. Биология, 1972. Т. 21. № 3. С. 207-218. — 10. Dvorzak J., Sosulski F.W. // *Canad. J. Genet. and Cytol.*, 1974. V. 16. № 3. P. 627-637. — 11. Hames B.O., Rickwood O. // IRL Press Limited. England, 1981.

#### SUMMARY

Research done to determine connections between polypeptide composition of water- and salt-soluble proteins and technological characteristics of grain with winter soft wheat varieties. Genotypes having high productivity of plants and grain which has got good milling and baking qualities leading to better structural-mechanical properties of dough have been revealed.