

EXPERT SYSTEM AND DIAGNOSTICS
OF WHEAT GERMINATION

Lukoianychева O. V., Nikolskiy O. K., Pronin S. P.

Key words: wheat germination, bioelectrogenesis, expert systems, bioelectric signals, grain quality

Abstract. The paper underlines the basic task for agriculture, which is considered as the best crop yield. The authors observe the wide range of requirements to the crop grain and the basic one is index of germination. This index is identified by GOST-12038–84 during some days whereas other approaches to calculation of germination index require more energy-intensive experiment. Index of germination can be calculated by means of analyzing bioelectric signals of grain. The researchers keep grain in the experimental device during 10 hours in order to get bioelectric signal, which is further fixed by means of steel electrodes. The signal is analyzed by software, which consists of expert system and module of initial treatment. The expert system includes indexes of bioelectric signals. The index of grain germination can be identified by means of express-analysis and full analysis. This complex allows reducing time expenditures and labour intensity for grain diagnostics. The authors point out getting the result 13–16 times less in comparison with GOST-12038–84. The system of calculating index of grain germination has shown efficiency of this approach to diagnostics of wheat grain germination.

УДК 633.11:577.112.7

ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ БЕЛКОВ
И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ПШЕНИЦЫ

Е. И. Маркс, кандидат биологических наук

Е. Л. Лейболт, кандидат сельскохозяйственных наук

И. Г. Заушицына, специалист агроэколог

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: marks@nsau.edu.ru

Ключевые слова: пшеница, электрофоретические спектры белков, качество урожая

Реферат. В течение вегетации сорта пшеницы, районированные в условиях Сибири, отличаются между собой по количеству выявляемых электрофоретически индивидуальных белков. При этом электрофоретические фракции 7, 8 и 9 в легкорастворимых белках появляются на агрофонах с применением удобрений и гербицидов. Электрофоретические спектры труднорастворимых проламинов и глютеинов в зерне разных сортов пшеницы обнаружены в большем количестве фракций по сравнению с альбуминами. Электрофоретические спектры альбуминов растений пшеницы в полиакриламидном геле в течение вегетации представлены в основном 5–9 фракциями легкорастворимых белков с электрофоретической подвижностью 0,4–0,6. Электрофоретические спектры труднорастворимых проламинов и глютеинов в зерне разных сортов пшеницы обнаружены в большем количестве фракций по сравнению с альбуминами и представлены в основном 20–27 фракциями ω , γ , β , α запасных белков. Соотношение $(\alpha + \beta / \omega + \gamma) \geq 1$, характеризующее качество клейковины, у Саратовской 29 равно 1,09, у Ирены – 0,8, Новосибирской 29 – 0,6, Новосибирской 31 – 0,68, Новосибирской 89 – 0,7. В муке в контроле, выращенном на выщелоченном черноземе, у сорта Саратовская 29 количество клейковины составляло 29,9%, при применении гербицида Диамета-Д на фоне азотно-фосфорных удобрений – 32,7%. Показатель ИДК сырой клейковины, сила муки, связанная с низкомолекулярными белками $\alpha + \beta$, показатели общей оценки теста находились в пределах наилучших показателей. Отношение упругости и растяжимости теста во всех вариантах опыта соответствовало показателям сильной пшеницы.

В ходе эволюции появление семян было явлением прогрессивным, что обеспечило семенным растениям господство в растительном мире. Эволюция семян шла медленно, менялись их раз-

меры, внешний облик, морфоанатомические, физиолого-биохимические особенности. Природная эволюция внутренних элементов зерновых шла по линии увеличения зародыша и уменьшения эн-

досперма. При этом в зародыше, щитке зародыша и алейроновом слое зерна расположена большая часть легкорастворимых белков альбумино-глобулинового типа.

Содержание незаменимых аминокислот определяет биологическую питательную ценность белков. По аминокислотному составу наиболее полноценными являются альбумины, которые содержат весь комплекс незаменимых аминокислот в близких к оптимальным соотношениям. Глобулины также достаточно хорошо сбалансированы по аминокислотному составу [1–3].

Генотипы пшеницы различаются по качественным показателям зерна. Сильные пшеницы отличаются от слабых по содержанию клейковины и различных аминокислот.

Проламины, содержащиеся главным образом в клейковине, отличаются высоким содержанием глутаминовой кислоты и пролина, имеют большое число гидрофобных групп в молекуле за счет остатков лейцина, изолейцина, валина, фенилаланина. Но проламины по аминокислотному составу относятся к биологически неполноценным белкам, так как в их составе почти отсутствуют лизин и триптофан [1].

Глютелины по аминокислотному составу занимают промежуточное положение между глобулинами и проламинами.

Так же как по содержанию незаменимых аминокислот, белки разделяют по их растворимости. Альбумины хорошо растворимы в воде, глобулины – в солевых растворах, проламины – в спирте, глютелины – в слабых щелочах.

В пшеничной муке белки представлены и проламинами (глиадин), и глютелинами (глютеин). Глиадиновая и глютеиновая фракции белков в воде нерастворимы и поэтому при отмывании клейковины являются основными ее компонентами. В связи с этим их называют клейковинными белками. Эти белки находятся в эндосперме зерна, их больше содержится в муке высших сортов. Альбумин и глобулин содержатся в белке зародыша и алейронового слоя зерна, их больше в муке низких сортов.

Глиадины пшеницы являются запасными белками зерновки злаков, это гетерогенная смесь преимущественно мономерных функционально однотипных белков, синтезирующихся в эндосперме зерновки пшеницы [4]. В зерне пшеницы от общего количества белков на долю альбуминов и глобулинов приходится 25–30%, проламинов – 25–35, глютелинов – 30–40%.

На основании строения и свойств глютеинов В.Г. Конарев предложил классификацию различных фракций этих белков.

Высокомолекулярные спирторастворимые глютеины составляют 3–5% белков зерна, глютеины, растворимые в 0,1М уксусной кислоте, – 6–12%. Протеины переходят в растворимую дезагрегированную форму в присутствии хлорида ртути, это 20–30% белков зерна. Остаточные глютеины, переходящие в дезагрегированную форму только в присутствии меркаптоэтанола, составляют 10–25% белков зерна. Остаточные белки, связанные с полисахаридами, составляют 8–10% белков зерна [1].

По молекулярной массе белков, которая колеблется от 26000 до 166000 условных единиц, называемых а.е.м. (атомная единица массы) или дальтон (Д), они подразделяются на шесть типов.

Первый тип: полипептиды с высокой молекулярной массой, нерастворимые в 70%-м этаноле, содержащие мало цистеина.

Второй тип: агрегированные полипептиды с низким содержанием глутаминовой и высоким – аспарагиновой кислоты и лизина.

Третий и четвертый типы объединяют субъединицы спирто-растворимых глютеинов с молекулярной массой около 44 тыс. усл. ед. и γ -глиадинов с молекулярной массой около 36 тыс. усл. ед. Для данной фракции проламинов характерно низкое содержание незаменимых аминокислот (в сумме около 10%), но высокое содержание глутаминовой кислоты и глутамина (до 56%), а также пролина (до 30%) и фенилаланина (до 10%), которые обеспечивают резерв аминокислот для прорастающих зерновок и могут использоваться в процессах биосинтеза азотистых веществ в проростках [1].

Пятый тип включает в себя альбумины и глобулины, которые прочно, но не ковалентно связаны с клейковинными белками, и ω -глиадины, для которых характерно низкое содержание метионина и цистеина.

Шестой тип составляют в основном α -, β -глиадины. Полипептиды шестого типа образуют межмолекулярные дисульфидные связи.

Высокомолекулярные субъединицы глютеина и ω -глиадины участвуют в образовании сложных молекулярных ассоциаций, а низкомолекулярные субъединицы глютеина и α -, β -, γ -глиадины в основном отвечают за линейную агрегацию и формирование трехмерной структуры клейковины.

По электрофоретической подвижности у проламинов пшеницы (глиадинов) выявлено четыре группы компонентов.

Фракция ω -глиадинов характеризуется низкой электрофоретической подвижностью и высокой молекулярной массой составляющих ее белковых компонентов (до 140 тыс. усл. ед.). В отличие от ω -глиадинов α -глиадины представляют белки с высокой электрофоретической подвижностью и небольшой молекулярной массой – от 30 до 75 кД [5].

Компоненты β - и γ -глиадинов занимают промежуточное положение между ω - и α -глиадинами.

Состав компонентов этих белков выявляется методом электрофореза с применением белковых маркеров, или молекулярных маркеров. Белок – первичный продукт гена и может маркировать ген, хромосому и геном, а также вид, сорт или линию, включающие этот ген.

Генетический контроль глиадинов показал, что их наследование осуществляется группами, или блоками, внутри которых возможна рекомбинация [3, 6].

А.А. Созинов [3] и другие исследователи отмечают тесную связь силы муки с составом глиадинов и в меньшей степени с составом глютеинов. Фракция глиадина состоит из частиц относительно низкомолекулярных, глютеин – из частиц с большей молекулярной массой. Качество клейковины является генотипически обусловленным признаком.

Упругоэластичная структура клейковинного каркаса удерживает массу крахмальных зерен муки хлебных злаков.

Глютеин придает клейковине упругие свойства, а глиадин обуславливает растяжимость и связность в сложную трехмерную сетку переплетающихся полипептидных цепей. Структура такой сетки играет важную роль в реологических свойствах крепкой и слабой клейковины (растяжимости, связности, упругости, эластичности). На данный хозяйственный признак оказывает влияние применение элементов питания и различных гербицидов, в том числе бинарных. Электрофоретические аллельные варианты глиадинов, контролируемых кластерами генов, различаются между собой по числу, электрофоретической подвижности и количественному содержанию компонентов [7, 6, 4].

Белковые фракции различаются по составу электрофоретических компонентов. Во фракциях

альбуминов и глобулинов можно идентифицировать до 30 компонентов [8, 9].

Суммарный глиадин по составу электрофоретических компонентов можно разделить на две группы белков. Преобладающая группа белков представлена суммой фракций α -, β -, γ -глиадинов (80–90 % от суммарного проламина), другая – ω -глиадинами. Фракция ω -глиадинов характеризуется низкой электрофоретической подвижностью и высокой молекулярной массой составляющих ее белковых компонентов (до 140 тыс.). В отличие от ω -глиадинов, α -глиадины представляют белки с высокой электрофоретической подвижностью и с молекулярной массой 40–50 тыс. Компоненты β - и γ -глиадинов занимают промежуточное положение между α - и ω -глиадинами.

В процессе развития зерновки в первую очередь синтезируются белки, общие для всех трех геномов пшеницы. Геномно-специфичные альбумины, глобулины и компоненты глютеина и глиадина возникают в фазу налива. Последними образуются медленные компоненты ω -глиадина и соответствующие им структурные элементы глютеина, контролируемые геном D [1, 10].

Глиадины являются основными компонентами в формировании клейковины и служат маркерами, генетически принадлежащими тому или иному сорту [7, 11, 10].

Крепкая клейковина отличается от слабой меньшей растворимостью в разных растворителях. Частицы крепкой клейковины имеют уплотненную структуру, слабой – разрыхленную.

Количество и качество клейковины в значительной степени определяют технологические и хлебопекарные свойства получаемой из зерна муки.

Глютен клейковины в организме преобразуется в пептиды, расщепляющиеся до аминокислот. Однако у некоторой части людей пептиды клейковины (глютена) расщепляются не полностью. Часть этих пептидов клейковины попадает в кровь, затем в головной мозг, что приводит к эффекту, подобному приему опиума. Людям с таким заболеванием (целиакией) клейковина вредна и им приходится исключать ее из системы питания. Информация о содержании и качестве клейковины, а также о дополнительной добавке глютена в питание является актуальной с экологической стороны.

Цель исследования – определение связи между биохимическими признаками растений и показателями, определяющими качество зерна пшеницы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Закладку опыта проводили по общепринятой методике [12]. Опыт разбивали на среднеспелых среднеспелых выщелоченных черноземах (бывшее опытное поле СибНИИЗХим) и на лугово-черноземной почве опытного поля сортоучастка ОАО «Шагальский».

Площадь опытных делянок – 10 м². Повторность четырехкратная.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта выщелоченного чернозема: содержание гумуса по Тюрину – 6–7,5%; рН_{сол} – 6,0–6,6, в водной вытяжке – 6,3–6,9; гидролитическая кислотность – 2,45 мг-экв./100 г почвы; содержание общего азота – 0,337%, Р₂O₅ по Чирикову – 20–30 мг/100 г, К₂O – 25–46 мг/100 г почвы; сумма поглощенных оснований – 44,8 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 94,6%.

Содержание гумуса в лугово-черноземной почве на сортоучастке – 6,25%, рН_{водн} – 6,5, мощность гумусового горизонта – 30 см; содержание Р₂O₅ – больше 200 мг/кг почвы, обменного калия (K₂O) – 81–120 мг/кг.

В опытах использовали сорта пшеницы Саратовская 29, Ирень, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Новосибирская 89 при обычной норме посева.

Схема опыта включала следующие варианты: 1) контроль; 2) N₄₀P₈₀; 3) Диамет Д; 4) N₄₀P₈₀ + Диамет Д.

Удобрения вносили в почву до посева, пшеницу обрабатывали гербицидом в общепринятой норме, в стадии кущения.

Альбумины и проламины пшеницы экстрагировали из вегетирующих растений и семян и разделяли в ПААГ, используя методику разных модификаций.

Выделение проламинов. Навеску из части эндосперма семени размельчали и переносили в лунки плексигласовой пластины. Муку заливали 10-кратным объемом 5М мочевины. Экстракцию мочевиной осуществляли при 4°C в течение 18 ч. Прозрачную надосадочную жидкость использовали при электрофорезе. Электрофорез проламинов проводили в 7,5%-м полиакриламидном геле в кислой среде. Фиксировали и окрашивали гели 1%-м раствором амидо-шварц в 7%-й уксусной кислоте. Признаком удовлетворительного электрофоретического разделения фракций служили отчетливо видимые компоненты. Для обозначения компонентов внутри зон использовали метчики по молекулярной массе.

Идентификацию сортов по электрофоретическим спектрам белков проводили по методическим указаниям, изложенным в ряде руководств [13, 14]. Как эталон использовали электрофоретический спектр проламинов, предложенный В.Г. Конаревым и др. [7, 10].

Реактивы: акриламид, метиленбисакриламид, мочевины, ЛУК, глицин, персульфат аммония и ТЭМЭД, трихлоруксусная кислота, краситель амидовый черный.

Выделение альбуминов. Легкорастворимые белки для электрофоретических исследований вегетативной массы и семян пшеницы получали экстракцией из навески растительного материала 0,005М фосфатным буфером с рН 7,4. Экстракт подвергали диализу против исходного буфера на холоде в течение 24 ч. Разделение белков проводили методом диск-электрофореза [14] в полиакриламидном геле по методике В.И. Сафонова и др. [8] с некоторыми модификациями. Использовали щелочную буферную систему с концентрацией акриламида 7,5% [16]. В трубку вносили 0,1 мг белка.

Фракции альбуминов на электрофореграммах идентифицировали по молекулярной массе путем сравнения их относительной электрофоретической подвижности (ОЭП).

Качество зерна определяли по общепринятым методикам [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Электрофоретические спектры альбуминов растений пшеницы в полиакриламидном геле в течение вегетации представлены в основном 5–9 фракциями легко растворимых белков (табл. 1). Основная масса легко растворимых белков альбуминов в течение вегетации представлена компонентами со средней электрофоретической подвижностью (0,4–0,6), т.е. компонентами β-, γ-фракций, которые имеют среднюю молекулярную массу 35–40 тыс. усл. ед.

Увеличенное количество электрофоретических фракций (7, 8 и 9) легко растворимых белков, том числе и в зерне, появляется на агрофонах с применением удобрений и гербицида (см. табл. 1).

Электрофоретические спектры трудно растворимых проламинов и глютелинов в зерне разных сортов пшеницы, выращенных на лугово-черноземной почве, представлены значительно большим количеством фракций по сравнению с альбуминами.

Таблица 1

Количество фракций легкорастворимых белков в растениях пшеницы Саратовская 29 в разные периоды вегетации после применения удобрений и гербицида

Вариант	Промежуток времени после обработки гербицидом						
	часы			дни			
	24	48	72	5	10	15	30
1. Контроль	6	5	4	5	4	4	6
2. Диамет Д	5	5	5	5	5	4	8
3. N ₄₀ P ₈₀	7	5	5	7	4	6	9
4. N ₄₀ P ₈₀ + Диамет Д	6	5	5	8	5	6	9

Таблица 2

Количество индивидуальных белков в электрофоретическом спектре у различных сортов пшеницы

Группа белков	Саратовская 29	Ирень	Новосибирская 29	Новосибирская 31	Новосибирская 89
ω	4	7	6	11	10
γ	7	4	6	5	5
β	6	3	4	5	5
α	6	6	4	6	6
Всего	23	20	20	27	26

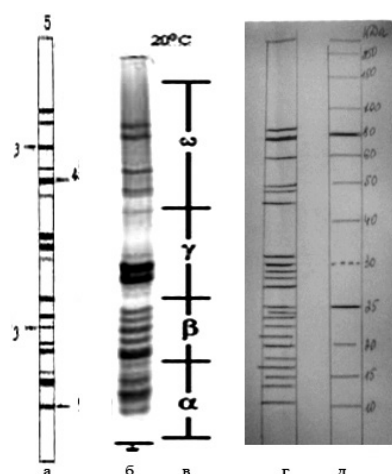


Рис. 1. Электрофореграмма глиадинов мягкой пшеницы сорта Саратовская 29:

а – стандартная электрофореграмма глиадинов пшеницы сорта Саратовская 29; б – образец глиадинов Саратовской 29 с обозначением белковых зон; в, ω, γ, β, α – зоны запасных белков глиадина зерна пшеницы; г – схема электрофореграммы испытуемого образца глиадинов сорта пшеницы Саратовская 29; д – схема метчиков по молекулярной массе для глиадинов Саратовской 29

В целом в зерне разных сортов пшеницы запасные белки (ω, γ, β, α) представлены в основном 20–27 фракциями (табл. 2).

Сравнительный анализ полученных электрофоретических спектров проламина индивидуальных зерновок некоторых сортов пшеницы выявил их сходство с сортом Саратовская 29, взятым в качестве стандарта (рис. 1). Электрофоретические

спектры проламина α-, β-, γ-, ω-групп специфичны для каждого сорта. В суммарном плане сорта отличаются между собой по количеству индивидуальных белков в электрофоретическом спектре. Наибольшее количество белков, равное 27, отмечено у пшеницы сорта Новосибирская 31 (табл. 2, 3).

Аналогичным образом в полиакриламидном геле разделены по молекулярной массе на ω-, γ-, β-, α- зоны запасные белки глиадина зерна сорта Ирень (рис. 2, табл. 3), а также сортов Новосибирская 29, Новосибирская 31, Новосибирская 89 (см. табл. 3).

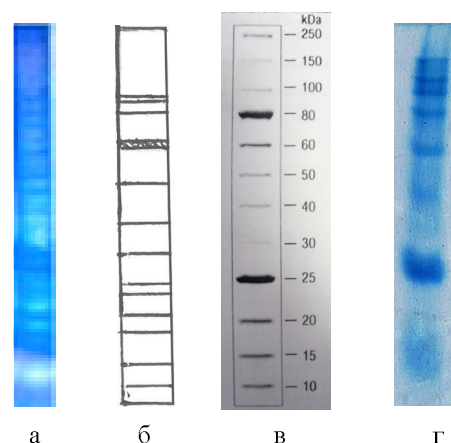


Рис. 2. Электрофореграмма глиадинов мягкой пшеницы сорта Ирень:

а – электрофореграмма глиадинов образца сорта Ирень; б – схема электрофореграммы глиадинов образца сорта Ирень; в – схема метчиков по молекулярной массе; г – электрофореграмма метчиков по молекулярной массе

Таблица 3

Количество и соотношение индивидуальных белков в электрофоретическом спектре разных сортов пшеницы

Группа	Саратовская 29	Ирень	Новосибирская 29	Новосибирская 31	Новосибирская 89
ω	4	7	6	11	10
γ	7	4	6	5	5
Всего	11	11	12	16	15
β	6	3	4	5	5
α	6	6	4	6	6
Всего	12	9	8	11	11
$(\alpha+\beta/\omega+\gamma)$	1,09	0,8	0,6	0,68	0,7

Таблица 4

Влияние гербицидов и удобрений на технологические свойства зерна пшеницы

Показатель	Контроль	N ₄₀ P ₁₂₀	Диамет-Д	N ₄₀ P ₁₂₀ + Диаметр-Д	НСР _{0,99}
Масса 1000 зерен, г	28,9	29,8	28,4	29,3	0,8
Натура, г/л	766	763	768	776	7
Стекловидность, %	91	92	88	90	3
Белок, %	16,13	15,76	17,06	16,40	1,4
Сырая клейковина %	29,9	29,4	30,3	32,7	1,9
ИДК-1	63	62	62	66	—
Испытание на альвеографе сила муки, е. а.	291	241	232	255	29
упругость теста, мм	102	104	100	94	4
Р/Л	1,4	1,4	1,4	1,4	0,4
Испытание на валориграфе время об разования теста, мин	4,4	4,6	4,7	5,3	0,4
разжижение теста, с. в.	115	127	105	115	8
общая оценка, с. в.	52	53	52	55	2
Хлебопекарная оценка объем хлеба, мл	470	462	490	470	22
балл	3,6	3,5	3,7	3,6	0,2

Наибольшее количество фракций белков проламинов, ответственных за глиадины, отмечено у сортов Саратовская 29, Новосибирская 31, Новосибирская 89.

В муке пшеницы, выращенной на выщелоченном черноземе, количество белка при внесении агрохимикатов изменялось незначительно (табл. 4). Но здесь же под действием на растения пшеницы удобрений и бинарных гербицидов увеличивается содержание свободного и связанного триптофана – аминокислоты, обеспечивающей биологическую полноценность белков [18], что имеет важное технологическое значение.

В муке из пшеницы сорта Саратовская 29 контрольного варианта, выращенной на выщелоченном черноземе, количество клейковины составляло 29,9%, при применении удобрений – 29,4, Диамета Д – 30,3%. При применении гербицида Диамета-Д на фоне азотно-фосфорных удобрений

количество сырой клейковины составляет 32,7%, т.е. увеличивается на величину, превышающую НСР_{0,99} (см. табл. 4). В муке пшениц, выращенных на лугово-черноземной почве, количество клейковины колебалось в зависимости от сорта. У сорта Саратовская 29 количество клейковины составляло 18,6%, у сорта Новосибирская 29 – 27,0, Новосибирская 89 – 25,8%, а у сортов Ирень и Новосибирская 31 количество сырой клейковины составляло среднюю величину между предыдущими сортами (табл. 5).

Качество клейковины определяли с помощью прибора – измерителя деформации клейковины ИДК-1. Сильная клейковина I группы качества имеет значение 60–70 условных единиц прибора ИДК-1. Это значение считается наилучшим.

В нашем опыте у муки из пшеницы сорта Саратовская 29, выращенной на выщелоченном черноземе, показатель ИДК сырой клейковины

Таблица 5

Структурный анализ урожая и показатели качества некоторых сортов пшеницы Новосибирской области

Сорт	Урожайность зерна, ц/га	Количество растений на 1 м ²	Количество стеблей на 1 м ²	Коэффициент кущения	Масса 1000 зерен, г	Клейковина, %
Саратовская 29	35,3	358	430	1,2	45,7	18,6
Новосибирская 29	27,7	381	420	1,1	44,0	27,0
Новосибирская 31	20,0	400	480	1,2	46,1	24,3
Новосибирская 89	25,7	408	490	1,2	45,3	25,8
Ирень	31,9	399	487	1,22	45,1	23,8
НСР	0,94				2,24	

в контроле равен 63 условным единицам (см. табл. 4). Раздельное применение удобрений и гербицидов изменяет значение ИДК на 1–2 условных единицы, а применение гербицидов на фоне удобрений – на 3 условных единицы, что в пределах погрешности и в пределах наилучших показателей.

Величина соотношения $(\alpha + \beta / \omega + \gamma) \geq 1$ характеризует лучшее качество клейковины по сравнению с показателем ≤ 1 . У высококачественной клейковины это соотношение равно 0,75–1,0.

Соотношение $(\alpha + \beta / \omega + \gamma) \geq 1$, характеризующее лучшее качество клейковины, показала Саратовская 29, у которой это соотношение равно 1,09, у Ирены – 0,8, Новосибирской 29 – 0,6, Новосибирской 31 – 0,68, Новосибирской 89 – 0,7 (см. табл. 3). При этом определенная на альвеографе сила муки, связанная с низкомолекулярными белками $\alpha + \beta$, из пшеницы сорта Саратовская 29 оставалась самой высокой в контрольном варианте и равнялась 291 е.а., а при применении удобрений и гербицидов снижалась больше чем на наименьшую существенную разницу, равную 29 (см. табл. 4). По данным ВНИИЗ, этот показатель для сильной пшеницы составляет 280–300 е.а., средней – 200, слабой – менее 200.

Глютенин придает клейковине упругие свойства, а глиадин обуславливает растяжимость и связность сложной трехмерной сетки переплетающихся полипептидных цепей. Структура такой сетки играет важную роль в реологических свойствах крепкой и слабой клейковины (растяжимости, связности, упругости, эластичности).

В нашем опыте у муки из пшеницы сорта Саратовская 29, выращенной на выщелоченном черноземе, при исследовании на альвеографе показатель упругости теста, связанный с глютенином, в контроле равен 102 мл, на фоне азотно-фосфорных удобрений при применении гербицида

диамета-Д упругость теста уменьшалась на величину больше наименьшей существенной разницы (см. табл. 4).

При исследовании на валориграфе изменения времени образования теста и разжижения теста были в пределах погрешности опыта. Показатели общей оценки теста, полученного из муки пшеницы, выращенной на фоне азотно-фосфорных удобрений при применении гербицида диамета-Д, увеличивались на величину больше наименьшей существенной разницы. Отношение упругости и растяжимости теста во всех вариантах опыта находится в пределах сильной пшеницы и равно 1,4 (см. табл. 4).

ВЫВОДЫ

1. Сорта различаются между собой по количеству индивидуальных белков в электрофоретическом спектре. Наибольшее количество фракций белков отмечено у сорта Новосибирская 31. Электрофоретические фракции 7, 8 и 9 в легкорастворимых белках появляются на агрофонах с применением удобрений и гербицидов.
2. Электрофоретические спектры труднорастворимых проламинов и глютенинов в зерне разных сортов пшеницы обнаружены в большем количестве фракций по сравнению с альбуминами.
3. Соотношение компонентов глиадинов $(\alpha + \beta / \omega + \gamma)$ самое высокое у сорта Саратовская 29, оно составило 1,09.
4. Сила муки, связанная с низкомолекулярными белками $\alpha + \beta$, из пшеницы сорта Саратовская 29, оставалась самой высокой в контрольном варианте и соответствовала показателю сильной пшеницы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конарев В. Г. Белки пшеницы. – М.: Колос, 1980. – 351 с.
2. Созинов А. А. Урожай и качество зерна. – М.: Знание, 1976. – 227 с.

3. Созинов А.А. Полиморфизм белков и его значение для генетики и селекции. – М.: Наука, 1985. – 272 с.
 4. Biochemical, genetic and molecular characterization of wheat endosperm proteins / M.C. Gianebelli, O.R. Larroque, F. MacRitchie [et al.] // *Cereal Chem.* – 2001. – Vol. 78. – P. 635–646.
 5. Пюккенен В.П., Губарева Н.К., Митрофанова О.П. Поиск возможных дублетов среди коллекционных образцов мягкой пшеницы из Китая // *Аграрная Россия*. – 2005. – № 2. – С. 31–35.
 6. Конарев В.Г. Морфогенез и молекулярно-биологический анализ растений. – СПб.: ВИР, 2001. – 417 с.
 7. Seed proteins in genome analysis, cultivar identification and documentation of cereal genetic resources: a review / V.G. Konarev, I.P. Gavriljuk, N.K. Gubareva, T.I. Peneva // *Cereal Chem.* – 1979. – Vol. 56. – P. 272–278.
 8. Сафонов В.И., Сафонова М.П. Анализ белков растений методом вертикального микроэлектрофореза в полиакриламидном геле // *Физиология растений*. – 1969. – Т. 16, вып. 2. – С. 350–357.
 9. Маркс Е.И. Избирательное действие диамета Д и 2М-4Х на пшеницу и сорняки в связи с условиями минерального питания: дис. ... канд. биол. наук. – М., 1984. – 216 с.
 10. Конарев В.Г. Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян. – СПб., 2000. – 185 с.
 11. Конарев В.Г. Белки растений как генетические маркеры. – М.: Колос, 1983. – 320 с.
 12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 350 с.
 13. Идентификация сортов пшеницы и ячменя методом электрофореза: метод. указания / сост.: И.П. Гаврилюк, Н.В. Гайденова, Н.К. Губарева [и др.]. – Л., 1989. – 15 с.
 14. Методика проведения лабораторного сортового контроля по группам сельскохозяйственных растений. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 96 с.
 15. Маурер Г. Диск-электрофорез. – М.: Мир, 1971. – 247 с.
 16. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1976. – 254 с.
 17. Зерно. Методы анализа. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 108 с.
 18. Заушицына И.Г. Идентификация качественных признаков сортов пшеницы // *Материалы XIII междунар. науч.-практ. студ. конф. «Химия и жизнь»*. – Новосибирск, 2014. – С. 118–122.
-
1. Konarev V.G. *Belki pshenitsy*. Moscow: Kolos, 1980. 351 p.
 2. Sozinov A.A. *Urozhay i kachestvo zerna*. Moscow: Znanie, 1976. 227 p.
 3. Sozinov A.A. *Polimorfizm belkov i ego znachenie dlya genetiki i selektsii*. Moscow: Nauka, 1985. 272 p.
 4. Gianebelli M.C., Larroque O.R., MacRitchie F. et al. Biochemical, genetic and molecular characterization of wheat endosperm proteins. *Cereal Chem.*, Vol. 78 (2001): 635–646.
 5. Pyukkenen V.P., Gubareva N.K., Mitrofanova O.P. *Poisk vozmozhnykh dubletov sredi kollektсионnykh obraztsov myagkoy pshenitsy iz Kitaya* [Agrarnaya Rossiya], no. 2 (2005): 31–35.
 6. Konarev V.G. *Morfogenez i molekulyarno-biologicheskii analiz rasteniy*. Sankt-Peterburg: VIR, 2001. 417 p.
 7. Konarev V.G., Gavriljuk I.P., Gubareva N.K., Peneva T.I. Seed proteins in genome analysis, cultivar identification and documentation of cereal genetic resources: a review. *Cereal Chem.*, Vol. 56 (1979): 272–278.
 8. Safonov V.I., Safonova M.P. *Analiz belkov rasteniy metodom vertikal'nogo mikroeletkroforeza v poliakrilamidnom gele* [Fiziologiya rasteniy], T. 16, vyp. 2 (1969): 350–357.
 9. Marks E.I. *Izбирatel'noe deystvie diameta D i 2M-4Kh na pshenitsu i sornyaki v svyazi s usloviyami mineral'nogo pitaniya* [Dis. ... kand. biol. nauk]. Moscow, 1984. 216 p.
 10. Konarev V.G. *Identifikatsiya sortov i registratsiya genofonda kul'turnykh rasteniy po belkam semyan*. Sankt-Peterburg, 2000. 185 p.
 11. Konarev V.G. *Belki rasteniy kak geneticheskie markery*. Moscow: Kolos, 1983. 320 p.
 12. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 350 p.
 13. *Identifikatsiya sortov pshenitsy i yachmenya metodom elektroforeza* [Metod. ukazaniya. Sost.: I.P. Gavriljuk, N.V. Gaydenkova, N.K., Gubareva i dr.]. Leningrad, 1989. 15 p.
 14. *Metodika provedeniya laboratornogo sortovogo kontrolya po gruppam sel'skokhozyaystvennykh rasteniy*. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2004. 96 p.
 15. Maurer G. *Disk-elektroforez*. Moscow: Mir, 1971. 247 p.

16. Pleshkov B. P. *Praktikum po biokhimii rasteniy*. Moscow: Kolos, 1976. 254 p.
17. *Zerno. Metody analiza*. Moscow: Izd-vo standartov, 2001. 108 p.
18. Zaushitsyna I. G. *Identifikatsiya kachestvennykh priznakov sortov pshenitsy* [Materialy KhIII mezhdunar. nauch.-prakt. stud. konf. «Khimiya i zhizn'»]. Novosibirsk, 2014. pp. 118–122.

ELECTROPHORETIC SPECTRUMS OF PROTEIN AND QUALITY OF WHEAT

Marx E. I., Leibolt E. L., Zaushitsyna I. G.

Key words: wheat, electrophoretic spectrums, quality of crop yield

Abstract. *Vegetation of wheat varieties in Siberia differ in amount of individual proteins appeared due to electrophoretic process. Electroforetic fractions 7, 8 and 9 appear when fertilizers and herbicides are applied. The researchers observed more electrophoretic spectrums of hardly soluble prolamines and glutenins in the wheat grain compared with albumines. Electroforetic spectrums of wheat albumines in polyacrilamide gel were observed in 5–9 fractions of easy soluble proteins with electrophoretic mobility 0.4–0.6. Electroforetic spectrums of hard soluble prolamines and glutenins in the wheat grain are observed in many fractions compared with albumines observed mostly in 20–27 fractions ω , γ , β , α of reserve proteins. Saratovskaya 29 has 1.09 correlation of fibrin ($\alpha + \beta / \omega + \gamma$) ≥ 1 , Iren's correlation of fibrin is 0.8, Novosibirskaya 29 correlation is 0.6, Novosibirskaya 31 is 0.68, and Novosibirskaya 89 correlation 0.7. Fibrin in the flour of Saratovskaya 29 grown on leached chernozem was 29.9% whereas application of Diamet-D herbicide and nitrogen-phosphorus fertilizers increased fibrin up to 32.7%. The paper outlines the highest parameters of raw fibrin CDI, flour strength related to low grade $\alpha + \beta$ proteins and dough. Dough resilience and extensibility identified parameters of strong wheat.*