



УДК 633.11:537.8

Е.П. Кондратенко, О.М. Соболева, И.В. Егорова, Н.В. Вербицкая  
Ye.P. Kondratenko, O.M. Soboleva, I.V. Yegorova, N.V. Verbitskaya

## ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

### THE CHANGE OF WHEAT GRAIN QUALITY UNDER THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC SUPER-HIGH-FREQUENCY FIELD

**Ключевые слова:** сорта, яровая мягкая пшеница, электромагнитное поле, качество, белок, клейковина.

**Keywords:** varieties, spring soft wheat, electromagnetic field, quality, protein, gluten.

Электромагнитное поле сверхвысокой частоты влияет на прорастающие семена, на развивающееся растение, а также на зерно, находящееся в состоянии покоя. Целью работы стало изучение воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты на изменение качества зерна мягкой яровой пшеницы. Исследованы важнейшие качественные показатели зерна – содержание белка и клейковины. Эти параметры имеют большое значение для хлебопекарной отрасли. В качестве объектов выбраны 6 сортов мягкой яровой пшеницы разных групп спелости. Все изучаемые сорта выведены и районированы в Республике Казахстан. Показаны различия в накоплении белка и сырой клейковины после обработки СВЧ в течение 5 и 10 с. Вариант с экспозицией 5 с благоприятно сказывается на изучаемых показателях. При этом режиме разница с контролем составляет от 4,1 до 18,6% (содержание белка) и от 7,2 до 13,3% (содержание клейковины). Вариант обработки с 10 с приводит к негативным результатам: значения показателей снижаются, соответственно, на 2,5-13,8 и 3,7-21,7% по сравнению с контрольным вариантом. При этом вариабельность внутри сорта выше у показателя «содержание белка». Вариабельность находится на среднем (сорта Карабалыкская 90 и Целина 50) и высоком (остальные сорта) уровнях. Внутрисортные вариации по количеству клейковины находятся на низком (среднепоздние сорта Карабалыкская 90 и Целинная Юбилейная, раннеспелый сорт Целина 50) и среднем (все остальные среднеспелые сорта) уровнях.

Electromagnetic super-high-frequency (SHF) field affects germinating seeds, growing plants and dormant seeds. The research goal was to study the effect of SHF electromagnetic field on the change of grain quality of soft spring wheat. The most important quality indices of grain such as protein and gluten content were examined. These indices are important for bread-baking industry. The objects under study were six varieties of soft spring wheat of different maturity groups. All the varieties under study were bred and released in the Republic of Kazakhstan. The difference in protein and crude gluten accumulation after SHF electromagnetic field treatment for 5 and 10 seconds is described. The variant with 5 sec exposure produced a favorable effect on the studied indices. The difference to the control indices made from 4.1% to 18.6% (protein content) and from 7.2% to 13.3% (gluten content). The variant with 10 sec exposure led to the following negative results: the indices reduced by 2.5%-13.8% and 3.7%-21.7% respectively as compared to the control variant. At the same time the "protein content" index revealed higher variability within the variety. The variability is average (Tselina 50 and Karabalykskaya 90 varieties) and high (other varieties). The intra-varietal variations the gluten content are low (the middle-late varieties as Karabalykskaya 90, Tselinnaya Yubileynaya and the early-season variety Tselina 50) and average (all other mid-season varieties).

**Кондратенко Екатерина Петровна**, д.с.-х.н., проф., Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

**Соболева Ольга Михайловна**, к.б.н., доцент, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

**Kondratenko Yekaterina Petrovna**, Dr. Agr. Sci., Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

**Soboleva Olga Mikhaylovna**, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

**Егорова Ирина Владимировна**, аспирант, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

**Вербицкая Наталья Валерьевна**, аспирант, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

**Yegorova Irina Vladimirovna**, Post-Graduate Student, Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

**Verbitskaya Natalya Valeryevna**, Post-Graduate Student, Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

### Введение

Наряду с повышением урожайности в сельскохозяйственной практике немаловажным является вопрос о качестве получаемой продукции. Качество зерна включает в себя комплекс хозяйственно-ценных признаков, определяющих пищевую и питательную ценность для технологического использования. В последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция понижения качества товарного зерна пшеницы. Главные причины недополучения высококачественного зерна – это отсутствие сортов, адаптированных к конкретной почвенно-климатической зоне и незначительный объем семеноводства.

Практика показывает, что продуктивность сельскохозяйственных растений в основном зависит от качества семенного материала. В условиях Северного Казахстана и Западной Сибири в отдельные годы, характеризующиеся повышенным увлажнением и недостатком тепла в период созревания и уборки пшеницы, значительно повышается количество некондиционных семян. Большую часть некондиционных семян получают хозяйства, расположенные на юго-востоке Западной Сибири – на территории северных районов, т.е. в зоне тайги и подтайги. Низкие посевные качества пшеницы были отмечены и в Северном Казахстане. По данным А.М. Медведева [1], в РФ недобор зерна из-за высева некондиционных семян составляет 10-15 млн т в год. Посев высококачественными семенами обеспечивает высокую урожайность и равномерность созревания при снижении расхода семян на единицу площади [2].

С созданием новых высокопродуктивных сортов пшеницы качеству семян придается еще большее значение, так как реализовывать биологические возможности сорта можно лишь высевая высококачественные семена.

Для повышения всхожести семян и их жизнеспособности применяют ауксины, гиббереллины, витамины, кинетины, органические кислоты, ультразвук, ионизирующие излучения, микро- и макроэлементы, электромагнитные волны и другие биологические и физические воздействия.

В сельском хозяйстве в качестве источников энергетического воздействия на живые организмы используют электромагнитные волны высокой и сверхвысокой частоты

(СВЧ), которые оказывают существенное влияние на урожайность и сроки созревания растений [3, 4].

При обработке семян электромагнитным полем сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) возникает стимулирующий эффект, проявляющийся в повышении всхожести и энергии прорастания семян, увеличении биомассы урожая, улучшении его структуры.

Формирование урожая и качества зерна пшеницы происходит в течение всего периода развития растений от посева зерна до созревания. Растение проходит различные фазы развития, и в соответствии с удовлетворением его требований формируются величина и качество урожая. Имеется много работ по изучению технологических приемов, ведущих к повышению величины урожая, однако без учета качества зерна.

Проблема повышения качества зерна, получение экологически чистой продукции в настоящее время становится все более актуальной. Одной из причин низких посевных и технологических качеств зерна пшеницы являются неблагоприятные гидротермические условия в период онтогенеза пшеницы. В сложных агроклиматических условиях Сибири и Северного Казахстана большая роль может принадлежать электрофизическим технологиям возделывания сельскохозяйственных растений.

К настоящему моменту имеется немало сведений о влиянии электромагнитных полей на различные морфологические, физиологические и биохимические показатели живых организмов. Теоретическое обоснование на основе научных знаний показывает зависимость параметров качества от обработок семян ЭМП СВЧ.

Важным является выяснение влияния ЭМП СВЧ на химический состав зерна в зависимости от продолжительности обработки семян пшеницы. Известно, что пшеница потребляется человеком в основном в виде хлеба или макаронных изделий. Их пищевая ценность определяется содержанием необходимых для питания веществ, прежде всего белков. Многочисленными исследованиями установлено, что накопление различных химических веществ в зерне пшеницы в большей степени зависит от климатических условий района произрастания [5], генетических особенностей сорта [6], почвы и агротехники [7]. Ис-

следования некоторых ученых доказывают, что и ЭМП СВЧ является значимым фактором изменения хозяйственно-ценных характеристик зерна пшеницы. Так, есть указания, что под воздействием ЭМП СВЧ изменяется степень декстринизации крахмала зерна [8], увеличивается его амилолитическая активность [9]. И.А. Чаплыгиной [10] отмечается снижение содержания белка на 1-2% в семенах пшеницы под воздействием ЭМП СВЧ, Т.А. Головиной [11] выявлено снижение содержания растворимых белков в 1,2-1,3 раза. Ранее нами была выявлена положительная тенденция в увеличении количества водорастворимых витаминов в зерне яровой пшеницы под действием ЭМП СВЧ [12]. Данная работа является логическим продолжением – в ней изучается изменение качества зерна непосредственно после обработки его электромагнитным полем.

В связи с вышесказанным поставлена **цель** – провести исследование воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты на изменение качества зерна мягкой яровой пшеницы. **Задачи** включали в себя определение содержания сырого белка и сырой клейковины в обработанном зерне пшеницы; проведение вариационного анализа полученных данных; выбор оптимального режима воздействия.

#### Материалы и методы исследований

Для изучения качественных показателей зерна изучаемых сортов пшеницы образцы отбирались из урожаев 2010-2012 гг. Для выяснения отзывчивости сортов пшеницы на обработку ЭМП СВЧ в опыты были вовлечены раннеспелые, среднеспелые и среднепоздние сорта пшеницы казахской селекции – Целина 50 (раннеспелый), Астана, Целинная ЗС и Акмола 2 (среднеспелые), – Карабалыкская 90 и Целинная Юбилейная (среднепоздние).

Обработка семян проводилась электромагнитным полем на установке Panasonic NN-SM330WZPE мощностью 1,2 кВт и частотой магнетрона 2,45 ГГц. Опытные варианты подвергались воздействию ЭМП СВЧ в течение 5 и 10 с; контрольный вариант не обрабатывался.

Все анализы зерна выполнены в испытательной лаборатории Научно-практического центра экспертизы и сертификации ТОО «Иртыш-Стандарт» (г. Павлодар, Республика Казахстан). Для определения количества сырой клейковины использовали общепринятую методику исследований по ГОСТ Р 54478-2011. Содержание сырого протеина устанавливали по модифицированному методу Дюма на анализаторе белкового азота RAPID N Cube (Elementar, Германия). Для оценки степени варьирования рассчитывали коэффициент вариации, определяющийся как отношение среднеквадратичного отклонения к среднему значению, выраженному в процентах (V, %).

#### Результаты исследований

Нами были изучены некоторые технологические качества зерна и муки яровой мягкой пшеницы в варианте без обработок зерна (табл. 1) и в зависимости от продолжительности обработок семян ЭМП СВЧ в течение 5 и 10 с (табл. 2, рис. 1).

В среднем за три года исследований в варианте без обработки более высоким содержанием белка характеризовался среднеспелый сорт Астана (12,3%), меньшим – среднеспелый сорт Акмола 2 (9,8%). Значение данного показателя для остальных изучаемых сортов варьировало от 10,2 до 11,2%. В среднем разница между сортами была меньше и составила 1,1%, чем по годам – 1,8%. На климатические условия года сильно реагирует среднепоздний сорт Целинная Юбилейная. Коэффициент вариации у данного сорта самый высокий и составляет 26,4%. Изменчивость массовой доли белка была самой низкой у сорта Целина 50 – 12,8%. В среднем за три года этот показатель варьировал по годам от 12,8 до 26,4%. Значительным было варьирование и по годам в пределах каждого сорта (V = 21,1-23,9%). Следует отметить, что различия по белковости зерна между сортами по годам урожая, как правило, сохранялись.

По массовой доле белка все сорта давали зерно, соответствующее третьему и четвертому классам качественной оценки. И только зерно сорта Астана в 2010 г. соответствовало первому классу (14,2%).

Таблица 1

*Содержание белка в зерне яровой пшеницы, %, 2010-2012 гг. (вариант без обработки ЭМП СВЧ)*

Год	Сорта						Разница по сортам, %	Среднее	V, %
	Астана	Целинная ЗС	Акмола 2	Карабалыкская 90	Целинная Юбилейная	Целина 50			
2010	14,2	12,7	10,8	11,1	12,5	11,7	3,4	12,1	23,9
2011	11,8	10,8	10,1	9,8	9,2	10,6	2,6	10,3	22,0
2012	10,9	10,1	8,6	9,6	9,8	10,2	2,3	9,8	21,1
Среднее	12,3	11,2	9,8	10,2	10,5	10,8	–	–	
Разница по годам, %	3,3	2,6	2,2	1,5	3,3	1,5	–	–	
V, %	23,2	20,5	20,4	13,5	26,4	12,8	–	–	

Таким образом, полученные трехлетние данные свидетельствуют о том, что растения пшеницы, формирующиеся в условиях Северного Казахстана, обладают пониженным качеством зерна. В связи с этим необходимо искать экологически чистые приемы, увеличивающие активность биохимических процессов, происходящих в уже сформированном зерне и приводящих к увеличению сухих веществ. В связи этим значительный интерес представляло изучение изменений качества зерна пшеницы под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты.

Продолжительность обработки семян перед посевом в течение 5 и 10 с оказывает различное действие на качественные показатели зерна пшеницы. Применение ЭМП СВЧ в течение 5 с для обработки семян способствовало увеличению сухих веществ в зерне пшеницы по сравнению с контрольным вариантом во все годы исследований.

Установлены различия качественных показателей между сортами при воздействии на них одинаковых факторов. На рисунке 1 приведена гистограмма накопления белка в зерне пшеницы после обработки ЭМП СВЧ. Высоким содержанием белка характеризовались сорта пшеницы Карабалыкская 90 (14,2%) и Астана (14,7%) после обработки ЭМП СВЧ в течение 5 с, минимальным – сорт Акмола 2 (9,1%). Значение данного показателя при 5 с для остальных изучаемых сортов в зависимости от года варьировало от 9,6 до 13,2%.

В 2010 г. максимальное количество белка в зерне отмечается у сортов Астана (средне-спелый сорт) и Карабалыкская 90 (средне-поздний сорт) после обработки ЭМП СВЧ в течение 5 с – массовая доля белка у них, соответственно, 14,7 и 14,2%, что составляет 103,5 и 129,1% относительно контрольного образца. Такие же закономерности наблюдаются и при воздействии электромагнитного поля сверхвысокой частоты на накопление белка в зерне других сортов пшеницы. Отмечено увеличение массовой доли белка в процентах относительно контрольного образца для среднеспелых сортов Целинная 3С – 104% и Акмола 2 – 104,6%, для средне-позднего сорта Целинная Юбилейная – 106,4% и для раннеспелого сорта Целина 50 – 106,0%.

Минимальное количество белка обнаружено в зерне среднеспелого сорта Целинная 3С после обработки в течение 10 с – 8,3%, что составляет 65,3% относительно контрольного образца. Остальные сорта по-разному отреагировали на воздействие ЭМП СВЧ при экспозиции в течение 10 с. Отклонения в процентах относительно контроля составляли от 89,7 до 98,1%.

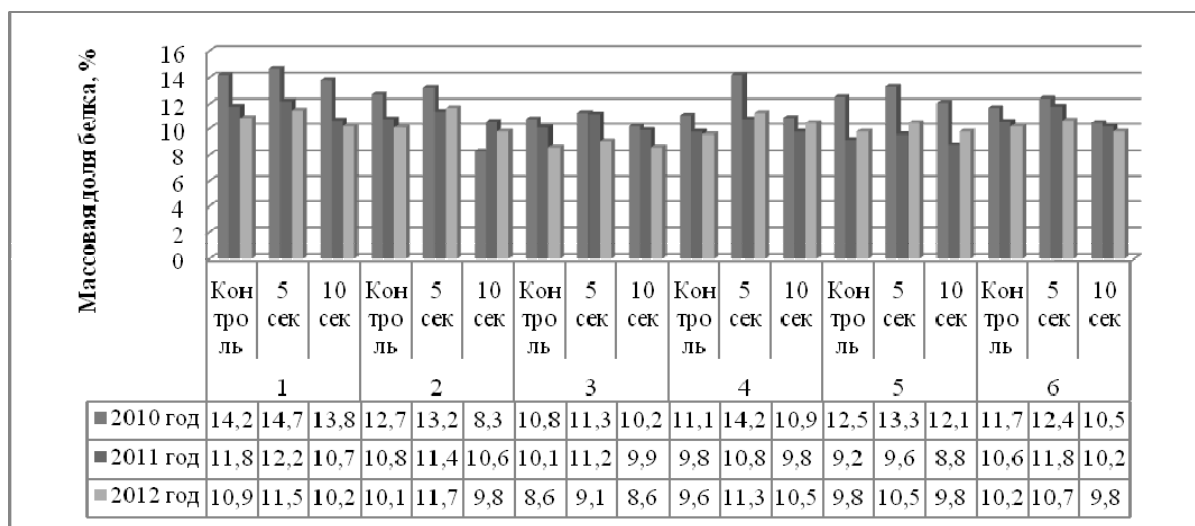
В 2011 г. в зерне растений среднеспелой группы спелости сортов Астана, Целинная 3С и Акмола 2 после обработки семян в течение 5 с происходит большее накопление белка, чем в зерне контрольной группы (без обработки); в процентах относительно контроля это составляет 103,4; 105,6 и 111,0% соответственно. У сортов среднепоздней группы (Карабалыкская 90 и Целинная Юбилейная) этот показатель составил 110,2 и 104,3%, в то время как у раннеспелого сорта Целина 50 этот показатель был несколько выше – 111,3%. Разность в процентах относительно контроля после обработки ЭМП СВЧ в течение 10 с у сортов Астана, Целинная 3С и Акмола 2 составила 9,4; 1,9 и 2,0%. У сортов среднепоздней группы спелости Карабалыкская 90 этот показатель был на уровне контроля, у сорта Целинная Юбилейная разница составила 4,4%.

В 2012 г. преимуществом по накоплению белка обладали также сорта Астана и Целинная 3С после обработки семян в течение 5 с – массовая доля белка у них составила 11,5 и 11,7% соответственно, в то время как у сорта Акмола 2 этот показатель был несколько меньше – 9,1%. Установлено, что у всех сортов пшеницы массовая доля белка повысилась после обработки ЭМП СВЧ в течение 5 с. Максимальная разница с контрольным вариантом наблюдалась у пшеницы сортов Целинная 3С (15,84%) и Карабалыкская 90 (17,71%), минимальная – у сорта Целина 50 (4,9%). Сорта Астана, Акмола 2, Целинная Юбилейная занимают промежуточное положение – разница с необработанными образцами составила 5,5; 5,81; 7,14% соответственно.

Представим в виде таблицы 2 данные о накоплении белка в зерне сортов пшеницы разной группы спелости после обработки ЭМП СВЧ в течение 5 и 10 с.

Анализируя данные таблицы 2, можно отметить, что накопление белка в зерне яровой мягкой пшеницы тесно связано с обработкой семян ЭМП СВЧ мощностью 1200 Вт в течение 5 с. Все сорта положительно отреагировали на такое воздействие. Превышение в процентах относительно контроля составляло от 4,1% (Астана) до 18,6% (Карабалыкская 90).

Выявлено, что среднепоздний сорт Карабалыкская 90 также положительно отреагировал на обработку семян в течение 10 с. Превышение накопления белка составило 2,5% относительно контроля. Однако лучшие результаты были получены при обработке семян в течение 5 с. У остальных сортов накопление белка в зерне уменьшалось от 2,6% (Целинная Юбилейная) до 13,8% (Целинная 3С).



**Рис. 1. Зависимость массовой доли белка от продолжительности обработки ЭМП СВЧ семян пшеницы: 1 – Астана; 2 – Целинная ЗС; 3 – Акмола 2; 4 – Карабалыкская 90; 5 – Целинная Юбилейная; 6 – Целина 50**

Таблица 2

**Превышение или уменьшение массовой доли белка по сравнению с контролем в среднем за 2010-2012 гг., %**

Сорта	Время экспозиции, с		Превышение, уменьшение массовой доли белка над контролем	
	5	10	5 с	10 с
Астана (среднеспелый)	104,1	93,7	+4,1	-6,3
Целинная ЗС (среднеспелый)	108,4	86,2	+8,4	-13,8
Акмола 2 (среднеспелый)	107,1	97,3	+7,1	-2,7
Карабалыкская 90 (среднепоздний)	118,6	102,5	+18,6	+2,5
Целинная Юбилейная (среднепоздний)	105,9	97,4	+5,9	-2,6
Целина 50 (раннеспелый)	107,4	94,7	+7,4	-5,3

Таблица 3

**Содержание сырой клейковины, %, 2010- 2012 гг. (вариант без обработки ЭМП СВЧ)**

Год	Сорта						Разница по сортам, %	Среднее	V, %
	Астана	Целинная ЗС	Акмола 2	Карабалыкская 90	Целинная Юбилейная	Целина 50			
2010	30,7	27,4	22,1	25,0	22,4	23,0	8,0	25,1	28,0
2011	26,2	23,5	21,3	24,2	23,8	21,5	4,9	23,4	18,7
2012	25,0	26,3	18,2	23,8	22,3	23,6	6,8	23,2	27,2
Среднее	27,3	25,7	20,5	24,3	22,8	22,7	–	–	–
Разница по годам, %	5,7	3,9	2,9	1,2	1,5	2,1	–	–	–
V, %	18,6	14,2	17,6	4,8	6,3	8,9	–	–	–

Таким образом, для активации биохимических процессов, протекающих в зернах пшеницы, нужна энергия ЭМП СВЧ для последующего накопления сухих веществ, в частности белка.

Клейковина в определении хлебопекарных свойств пшеницы играет большую роль.

Известна важнейшая роль клейковины при оценке качества пшеничного зерна. Ее уникальные свойства (пластичность, набухаемость и расплывчатость) выделяют пшеницу среди других злаковых культур. В таблице 3 приведена средняя массовая доля сырой клейковины в зерне яровой пшеницы сортов

разных групп спелости, без обработки семян.

Анализ полученных данных показал, что среднее за 3 года содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы разных сортов колеблется от 20,5 до 27,3%. Можно выделить сорта с повышенным содержанием сырой клейковины – это среднеспелые сорта Астана (27,3%) и Целинная ЗС (25,7%). В среднем за три года исследований значительными были варьирования данного показателя по сортам (V = 18,7-28,0%). Изменчивость сырой клейковины по годам была более низкой (V = 4,8-18,6%). По содержанию сырой

клейковины зерно, соответствующее второму классу, формировали в 2010 г. сорта Астана (30,7%) и Целинная ЗС (27,4%). В основном же по массовой доле сырой клейковины зерно изучаемых сортов соответствовало лишь третьему и четвертому классам качества.

По массовой доле сырой клейковины наблюдается также большая изменчивость по годам исследований, сортам и обработкам ЭМП СВЧ (рис. 2).

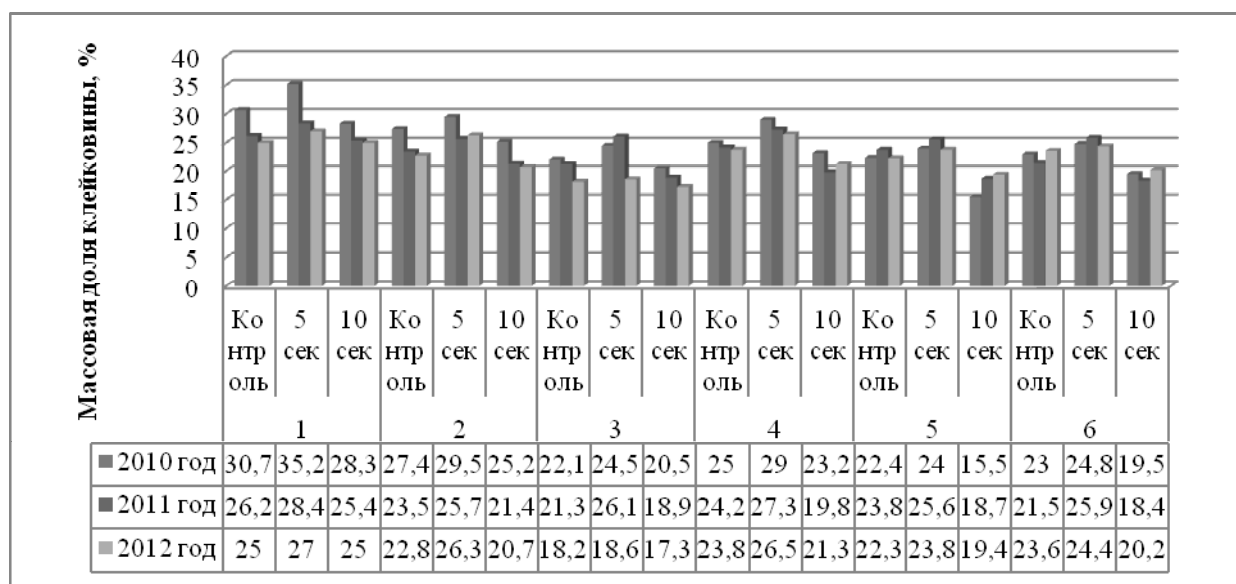
В 2010 г. максимальное количество сырой клейковины накопили семена сортов Астана, Целинная ЗС и Карабалыкская 90 после обработки семян в течение 5 с – массовая доля клейковины у них 35,2; 29,5 и 29,0% соответственно. Разница в процентах относительно контрольного образца составила 114,6; 107,6 и 116% соответственно. Минимальное количество у растений сорта Целинная Юбилейная и Целина 50 после обработки в течение 10 с – 15,5 и 19,5%. В процентах относительно контроля – соответственно, 69,2 и 84,7%.

В 2011 г. максимальным накоплением сырой клейковины отличались растения сортов Астана и Целина 50, выращенные после обработки семян перед посевом ЭМП СВЧ в течение 5 с. Массовая доля сырой клейковины у них составила 28,4 и 27,3%, в то время как у сортов Целинная ЗС и Целинная Юбилейная этот показатель был несколько меньше – 25,7 и 25,6%. Максимальная разница с контрольными значениями наблюдалась у растений пшеницы сортов Акмола 2 (21,59%) и Целина 50 (26,98%), минимальная – у сортов Карабалыкская 90 (7,85%) и Целинная Юбилейная (7,56%). Сорта Астана и Целинная ЗС занимают промежуточное положение

– разница с контрольными образцами составила 8,39; 9,36% соответственно. Наименьшее количество сырой клейковины накопило зерно пшеницы сорта Целина 50 после обработки семян ЭМП СВЧ в течение 10 с (18,4%), разница с контролем составила 32,6%.

В 2012 г. преимуществом по накоплению сырой клейковины в зерне обладали растения сортов Астана и Целинная ЗС после обработки семян ЭМП СВЧ в течение 5 с. Массовая доля сырой клейковины у них составила, соответственно, 27,0 и 27,5%, в то время как у сорта Акмола 2 этот показатель был несколько меньше – 18,6%. У всех сортов массовая доля сырой клейковины более интенсивно накапливалась после обработки семян ЭМП СВЧ. Максимальная разница с контрольным вариантом наблюдалась у пшеницы сорта Целинная ЗС (20,61%), минимальная – у сорта Акмола 2 (2,19%). Сорта Астана, Целинная Юбилейная, Карабалыкская 90, Целина 50 занимают промежуточное положение – разница с необработанными образцами составила 8; 6,72; 11,34; 3,39% соответственно.

Анализ гистограммы и результатов, приведенных в таблице 4, показывает, что обработка семян яровой мягкой пшеницы ЭМП СВЧ сортов разной группы спелости в течение 5 с приводит к накоплению сырой клейковины. Превышение в процентах относительно контрольного варианта колебалось от 7,2% (Целинная Юбилейная) до 13,3% (Карабалыкская 90). Выявлена сортовая специфика изменчивости указанного качественного показателя в результате электромагнитного воздействия на семена.



**Рис. 2. Зависимость накопления сырой клейковины от продолжительности обработок семян пшеницы ЭМП СВЧ: 1 – Астана; 2 – Целинная ЗС; 3 – Акмола 2; 4 – Карабалыкская 90; 5 – Целинная Юбилейная; 6 – Целина 50**

*Превышение или уменьшение массовой доли сырой клейковины по сравнению с контролем в среднем за 2010-2012 гг., %*

Сорта	Время экспозиции, с		Превышение, уменьшение массовой доли сырой клейковины над контролем	
	5	10	5 с	10 с
Астана (среднеспелый)	110,1	96,3	+10,1	-3,7
Целинная ЗС (среднеспелый)	110,7	91,2	+10,7	-8,8
Акмола 2 (среднеспелый)	111,8	92,1	+11,8	-7,9
Карабалыкская 90 (среднепоздний)	113,3	88,0	+13,3	-12,0
Целинная Юбилейная (среднепоздний)	107,2	78,3	+7,2	-21,7
Целина 50 (раннеспелый)	110,5	85,4	+10,5	-14,6

**Заключение**

При непосредственном воздействии электромагнитным полем сверхвысокой частоты на семена яровой пшеницы, имеющей в контроле невысокие качественные показатели, наблюдается их изменение. При оценке полученных результатов становится очевидным, что величина биологического отклика при заданном режиме облучения зависит от времени воздействия ЭМП СВЧ на семена.

Изменчивость по содержанию белка в среднем выше, чем по количеству клейковины. Вариабельность внутри сорта по белковости находится на среднем (сорта Карабалыкская 90 и Целина 50) и высоком (остальные сорта) уровнях. Внутрисортные вариации по количеству клейковинных белков находятся на низком (среднепоздние сорта Карабалыкская 90 и Целинная Юбилейная, раннеспелый сорт Целина 50) и среднем (все остальные среднеспелые сорта) уровнях.

Анализ изменения качественных показателей зерна яровой пшеницы разной группы спелости позволил установить, что при обработке семян электромагнитным полем сверхвысокой частоты мощностью 1200 Вт и частотой 2,45 ГГц в течение 5 сек. приводит к достоверным изменениям. При этом наблюдается общая тенденция улучшения качественных показателей относительно контроля. Средние показатели качества зерна пшеницы – массовая доля белка и сырой клейковины – претерпевают достоверные изменения в сторону улучшения при воздействии электромагнитного излучения в течение 5 с. Воздействие ЭМП СВЧ в течение 10 с к достоверным изменениям не приводит и в среднем способствует снижению качественных показателей.

**Библиографический список**

1. Медведев А.М. Совершенствование системы семеноводства сельскохозяйственных растений // Информационный бюллетень Минсельхоза России. – 2008. – № 7-8. – С. 63-66.
2. Кошелев Б.С. Организационно-экономические основы производства зерна в Запад-

ной Сибири. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2003. – 360 с.

3. Хасанов Э.Р., Камалетдинов Р.Р., Хайруллин Р.М. Обеззараживание и стимуляция прорастания семян токами СВЧ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 3. – С. 14-15.

4. Соболева О.М., Кондратенко Е.П., Егорова И.В., Вербицкая Н.В. Электромагнитное поле как фактор повышения урожайности яровой пшеницы // Природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока – взгляд в будущее: матер. Междунар. экологич. форума. – Кемерово: ИНТ, 2014. – С. 288-292.

5. Кондратенко Е.П., Пинчук Л.Г., Галанина Т.В. Пути стабилизации производства товарного зерна яровой пшеницы на юго-востоке Западной Сибири. – Кемеровское региональное отделение Российской экологической академии. – Кемерово, 2009. – 236 с.

6. Беляев В.И., Соколова Л.В. Урожайность яровой мягкой пшеницы в зависимости от сорта и дозы внесения удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 12. – С. 21-24.

7. Абуова А.Б. Урожайность масличных и зерновых культур в севооборотах Костанайской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 5. – С. 5-8.

8. Пахомов В.И., Каун В.Д. Повышение кормовой ценности зерна высокоинтенсивной тепловой СВЧ-обработкой // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2004. – № 4. – С. 4-5.

9. Христюк В.Т. Влияние низкочастотного электромагнитного поля на рост и качество солода пивоваренного ячменя // Докл. РАСХН. – 2009. – № 6. – С. 56-58.

10. Чаплыгина И.А. Влияние ЭМП СВЧ на технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы и озимой // Проблемы современной аграрной науки: матер. Междунар. заочной науч. конф. / Красноярский гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2011. – С. 22.

11. Головина Т.А. Влияние энергии СВЧ-поля на фитопатогенный комплекс и качественные показатели зерна пшеницы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск: 2004. – 18 с.

12. Егорова И.В., Кондратенко Е.П., Соболева О.М., Вербицкая Н.В. Влияние обработок зерна пшеницы электромагнитным полем на содержание водорастворимых витаминов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1; Режим доступа: URL: <http://www.science-education.ru/115-12084>.

### References

1. Medvedev A.M. Sovershenstvovanie sistemy semenovodstva sel'skokhozyaistvennykh rastenii // Informatsionnyi byulleten' Min'sel'khoza Rossii. – 2008. – № 7-8. – S. 63-66.

2. Koshelev B.S. Organizatsionno-ekonomicheskie osnovy proizvodstva zerna v Zapadnoi Sibiri. – Omsk: Izd-vo OmGAU, 2003. – 360 s.

3. Khasanov E.R., Kamaletdinov R.R., Khairullin R.M. Obezrazhivanie i stimulyatsiya prorastaniya semyan tokami SVCh // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva. – 2010. – № 3. – S. 14-15.

4. Soboleva O.M., Kondratenko E.P., Egorova I.V., Verbitskaya N.V. Elektromagnitnoe pole kak faktor povysheniya urozhainosti yarovoi pshenitsy // Prirodnye resursy Sibiri i Dal'nego Vostoka – vzglyad v budushchee: mater. Mezhdunar. ekologich. foruma. – Kemerovo: INT, 2014. – S. 288-292.

5. Kondratenko E.P., Pinchuk L.G., Galanina T.V. Puti stabilizatsii proizvodstva tovarnogo zerna yarovoi pshenitsy na yugo-vostoke Zapadnoi Sibiri. – Kemerovskoe regional'noe

otdelenie Rossiiskoi ekologicheskoi akademii. – Kemerovo, 2009. – 236 s.

6. Belyaev V.I., Sokolova L.V. Urozhainost' yarovoi myagkoi pshenitsy v zavisimosti ot sorta i dozy vneseniya udobrenii // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 12. – S. 21-24.

7. Abuova A.B. Urozhainost' maslichnykh i zernovykh kul'tur v sevooborotakh Kostanaiskoi oblasti // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 5. – S. 5-8.

8. Pakhomov V.I., Kaun V.D. Povysenie kormovoi tsennosti zerna vysokointensivnoi teplovoi SVCh-obrabotkoi // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva. – 2004. – № 4. – S. 4-5.

9. Khristyuk V.T. Vliyanie nizkochastotnogo elektromagnitnogo polya na rost i kachestvo soloda pivovarennogo yachmenya // Dokl. RASKhN. – 2009. – № 6. – S. 56-58.

10. Chaplygina I.A. Vliyanie EMP SVCh na tekhnologicheskie kachestva zerna myagkoi yarovoi pshenitsy i ozimoi // Problemy sovremennoi agrarnoi nauki: materialy mezhdunar. zaochnoi nauch. konf. / Krasnoyarskii gos. agrar. un-t. – Krasnoyarsk, 2011. – S. 22.

11. Golovina T.A. Vliyanie energii SVCh-polya na fitopatogennyi kompleks i kachestvennye pokazateli zerna pshenitsy: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Krasnoyarsk: 2004. – 18 с.

12. Egorova I.V., Kondratenko E.P., Soboleva O.M., Verbitskaya N.V. Vliyanie obrabotok zerna pshenitsy elektromagnitnym polem na sodержание vodorastvorimykh vitaminov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 1; Rezhim dostupa: URL: <http://www.science-education.ru/115-12084>.



УДК 575:581.144.2:581.133.8:582.683.2

С.Г. Хаблак, Я.А. Абдуллаева  
S.G. Khablak, Ya.A. Abdullayeva

## РОЛЬ ДОМИНАНТНЫХ МУТАЦИЙ В ВОЗНИКНОВЕНИИ ГЕТЕРОЗИСА

### THE ROLE OF DOMINANT MUTATIONS IN THE ORIGIN OF HETEROIOSIS

**Ключевые слова:** *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., корневая система, фитогормоны, этилен, ген, мутация, рецептор, гетерозис.

Гетерозис представляет собой сложное и весьма важное для эволюции и селекции явление увеличения мощности, жизнеспособности и продуктивности гибридов первого поколения по сравнению с родительскими формами. В последние годы гетерозис установлен для многих растений, животных и микроорганизмов. Однако вопрос о механизме гетерозиса до сих пор остается нерешенной проблемой генетики. В настоящее время становится все более ясным, что по проблеме механизма гетерозиса нужно возвращаться к детальному анализу генетики признаков. Сравнительно недавно у растений *A. thaliana* получено несколько доминантных мутаций. К ним относятся мутации *Etr1-1*, *Etr2-1* по генам *ETR1*, *ETR2*. Целью работы было изучение наследования признаков корневой системы арабидопсиса при взаимодействии генов *ETR1* и *ETR2*. Проведенные исследования показали, что наследование длины боковых корней у *A. thaliana* при взаимодействии двух

шенной проблемой генетики. В настоящее время становится все более ясным, что по проблеме механизма гетерозиса нужно возвращаться к детальному анализу генетики признаков. Сравнительно недавно у растений *A. thaliana* получено несколько доминантных мутаций. К ним относятся мутации *Etr1-1*, *Etr2-1* по генам *ETR1*, *ETR2*. Целью работы было изучение наследования признаков корневой системы арабидопсиса при взаимодействии генов *ETR1* и *ETR2*. Проведенные исследования показали, что наследование длины боковых корней у *A. thaliana* при взаимодействии двух