

УДК 636.085.53:633

**ГАМАГА ВАРВАРА ВАЛЕРЬЕВНА**, канд. биол. наук, доцент<sup>1</sup>

E-mail: harrissa2000@mail.ru

**РОДИОНОВА СВЕТЛАНА АНАТОЛЬЕВНА**<sup>2</sup>

E-mail: rodionova-s-@mail.ru

**БЕЛИЦКАЯ МАРИЯ НИКОЛАЕВНА**, докт. биол. наук, профессор, гл. науч. сотрудник<sup>3</sup>

E-mail: vnialmi@avtlg.ru

**НЕФЕДЬЕВА ЕЛЕНА ЭДУАРДОВНА**, докт. биол. наук, профессор<sup>4</sup>

E-mail: nefedieva@ Rambler.ru

**БЕЛОПУХОВ СЕРГЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ**, докт. с.-х. наук, профессор<sup>5</sup>

E-mail: belopuhov@mail.ru

<sup>1</sup>Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова, ул. Верхняя Радищевская, д. 16-18, Москва, 109240, Российская Федерация

<sup>2</sup>Волгоградский государственный аграрный университет, пр. Университетский, д. 26, Волгоград, 400002, Волгоградская обл., Южный федеральный округ, Российская Федерация

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН, пр. Университетский, 97, Волгоград, 400062, Российская Федерация

<sup>4</sup>Волгоградский государственный технический университет, пр. им. Ленина, 28, Волгоград, 400005, Российская Федерация

<sup>5</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

## ПОВЕДЕНИЕ ИОНОВ МАГНИЯ В СМОЧЕННЫХ БИШОФИТОМ СЕМЕНАХ РАСТЕНИЙ ПРИ ЭЛЕКТРООБРАБОТКЕ

Применение разнообразных технологически эффективных электрофизических приемов и способов предкормовой подготовки растительного сырья и, в частности, фуражного зерна, сталкивается с необходимостью снизить высокое сопротивление обрабатываемой массы, что с успехом осуществляется за счет ее предварительного смачивания. Одним из перспективных вариантов является использование в этих целях раствора бишофита, который параллельно является минеральной добавкой в рационах животных. Наличие магния и оценка его количества в разных тканях различного вида зерна (ячменя, пшеницы, овса) определялись методом капиллярного электрофореза с использованием лабораторно-исследовательской системы «Капель 105» по методике измерения массовой доли катионов в кормах, комбикормах и растительном сырье. Результаты исследований по обработке зерна (пшеницы, ячменя, овса) раствором бишофита с разной массовой долей растворенного вещества (2, 4 и 10%) как отдельно, так и в сочетании с импульсами высокого напряжения с удельной энергией обработки 65,1 кДж/кг говорят о том, что при электроимпульсной обработке не происходит проникновение ионов магния в эндосперм зерна из раствора бишофита. Экспериментально установлено, что весь магний остается на плодовых оболочках зерна. Подтвержден тезис о возможности использования электрической энергии для обработки растительных материалов с целью борьбы с амбарными вредителями при длительном хранении корма и сырья для него.

**Ключевые слова:** импульсные высоковольтные воздействия, зерно, магний, бишофит, семенные оболочки, эндосперм.

**Введение.** Для лучшего и полного поедания животными, а также для достижения эффекта максимальной усвояемости ими комбикормов особое значение имеет разработка новых и совершенствование имеющихся способов предкормовой обра-

ботки входящих в состав комбикормовых смесей компонентов: например, фуражного зерна. Одним из технологически эффективных и перспективных способов, используемых при производстве кормов, а также при подготовке последних к скармливанию

или консервировании при длительном хранении, в настоящее время считается применение электрической энергии для обработки как исходного первичного сырья, так и уже готового продукта [1-7].

Проведенные лабораторные исследования и эксперименты в условиях ведения промышленного птицеводства по изучению влияния предкормовой электрообработки зерна, смоченного бишофитом, на откорм и выращивание цыплят-бройлеров и перепелов позволили получить положительные результаты как по привесу птицы, так и по сокращению сроков ее откорма [4]. Применение бишофита в данном случае позволяет снизить общее электрическое сопротивление обрабатываемой зерновой массы и вместе с этим улучшить рацион животных за счет использования минеральной добавки природного происхождения. Введение бишофита в зерно возможно как электрическими, так и механическими способами [6-8].

Одной из задач исследований явились изучение и оценка взаимодействия элементов внутренней структуры зерна и ионов, находящихся в растворе бишофита как под действием факторов электромагнитной природы, так и без них.

Растительное сырье является гетерогенной средой, которая обладает неоднородностями по структуре и плотности тканей, поэтому у исследователей и возникает необходимость изучения вопроса об изменении химического состава различных тканей разнообразных видов зерна (пшеницы, ячменя, овса) при смачивании его раствором бишофита и обработке импульсным высоким напряжением. Взяв за основу постулат, заключающийся в том, что изменение химического состава разных тканей зерна обусловлено электрохимическими свойствами

хлорида магния, являющимся основным компонентом бишофита (а это почти 96% его массовой доли), приняли решение изучить и экспериментально проверить некоторые предположения.

**Цель исследований** – изучение таких положений, как:

1. Определение того, проникают ли ионы магния раствора бишофита под плодовые и семенные оболочки у различных видов зерна (ячменя, пшеницы, овса) путем прямой диффузии.

2. Определение того, проникают ли ионы магния под плодовые и семенные оболочки зерна (ячменя, пшеницы, овса) при обработке их импульсными электрическими воздействиями.

**Материал и методы.** Наличие магния и оценка его количества в разных тканях различного вида зерна (ячменя, пшеницы, овса) определяли методом капиллярного электрофореза с использованием лабораторно-исследовательской системы «Капель 105» по методике измерения массовой доли катионов в кормах, комбикормах и растительном сырье, используемом для их производства (М-65-2010). Все исследования проводили в трехкратной повторности.

**Результаты и обсуждение.** Эксперимент проводили в несколько этапов. Для определения количества магния в разных тканях необработанного зерна (пшеницы, ячменя, овса) из одинаковых его партий массой по 100 г были отобраны порции по 10 зерен. Препаровальными иглами отделяли плодовые оболочки и семенные пленки с зерен. Плодовые оболочки, семенные пленки и эндосперм с зародышем зерна (пшеницы, ячменя, овса) отдельно исследовали на количество катионов магния. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Массовая доля магния в эндосперме и зародыше, в плодовых и семенных оболочках зерна без обработки**

Вид зерна	Массовая доля магния, %
Зерно ячменя (эндосперм + зародыш)	0,150
Зерно пшеницы (эндосперм + зародыш)	0,150
Зерно овса (эндосперм + зародыш)	0,210
Зерно ячменя (плодовые и семенные оболочки)	0,650
Зерно пшеницы (плодовые и семенные оболочки)	0,390
Зерно овса (плодовые и семенные оболочки)	0,380

На следующем этапе изучения отобранное зерно (пшеницы, ячменя, овса) массой 100 г смачивали раствором бишофита различной концентрации: 2%, 4%, 10% – при комнатной температуре (21°C). При смачивании зерна раствор бишофита окрашивался в зеленый цвет, причем визуально его окраска становилась менее интенсивной с увеличением концентрации раствора. Предположительно из исследуемого зерна переходили в раствор

пигменты. Далее зерно высушивали в течение 24 ч при комнатной температуре (21°C), после чего досушивали в сушильном шкафу при температуре 60°C до постоянной массы зерна. Плодовые оболочки и семенные пленки отделяли от эндосперма (пшеницы, ячменя, овса) и отдельно друг от друга исследовали на наличие катионов магния и их количество. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Массовая доля магния, %, в эндосперме и зародыше, плодовых и семенных оболочках зерна, смоченных раствором бишофита разной концентрации**

Вид зерна	Раствор бишофита		
	2%	4%	10%
Ячмень (эндосперм + зародыш)	0,250	0,240	0,260
Овес (эндосперм + зародыш)	0,260	0,270	0,310
Пшеница (эндосперм + зародыш)	0,150	0,260	0,250
Ячмень (плодовые и семенные оболочки)	1,450	2,000	3,570
Овес (плодовые и семенные оболочки)	1,000	1,880	2,390
Пшеница (плодовые и семенные оболочки)	1,320	1,770	3,200

На третьем этапе исследований зерна (пшеницы, ячменя, овса) помещали для электрообработки в рабочую ячейку, изготовленную в форме параллелепипеда из электроизоляционного материала, в верхней и нижней части которой были размещены электроды из нержавеющей стали марки типа Х18Н10Т. Зерновую массу перед обработкой смешивали в заданной пропорции с раствором бишофита концентрацией 2%, 4%, 10% при комнатной температуре (21°C) и помещали в рабочую ячейку. На неподвижный нижний электрод с размещенной на нем зерновой массой и на регулируемый по высоте верхний электрод подавали высоковольтное импульсное напряжение с разрядного контура генератора импульсного напряжения. В качестве источника высокого постоянного напряжения использовали промышленно выпускаемый аппарат СКАТ-70. Формирующий импульсное напряжение блок был разработан и изготовлен по типовой схеме генератора импульсного напряжения с возможностью управлять числом воздействующих импульсов

как в ручном, так и в автоматическом режимах. Энергию обработки определяли количеством импульсов, воздействующих на массу зерна, а энергию единичного импульса регулировали за счет изменения напряжения зарядки конденсатора разрядного контура. Зерно (пшеницы, ячменя, овса) обрабатывали контактным способом за счет воздействия на него импульсным высоким напряжением с общей удельной энергией обработки 65,1 кДж/кг. После обработки зерно исследовали по ранее описанной методике.

В процессе проведения опытов по электроимпульсной обработке зерна (пшеницы, ячменя, овса) главным задаваемым параметром являлась удельная энергия обработки. Во время исследований постоянным поддерживалось давление между электродами рабочей ячейки на зерновую массу. Изменение температуры после электрообработки фуражного зерна фиксировали при помощи термометра, температура изменялась незначительно:  $\Delta t = 0-12^\circ\text{C}$ . Результаты проведенных исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Массовая доля магния, %, в эндосперме и зародыше, плодовых и семенных оболочках зерна, смоченных раствором бишофита, при разных концентрациях и обработанных импульсным напряжением с удельной энергией обработки 65,1 кДж/кг**

Вид зерна	2%-ный раствор бишофита + высоко-вольтный импульс	4%-ный раствор бишофита + высоко-вольтный импульс	10%-ный раствор бишофита + высоко-вольтный импульс
Ячмень (эндосперм + зародыш)	0,345	0,275	0,360
Овес (эндосперм + зародыш)	0,445	0,365	0,540
Пшеница (эндосперм + зародыш)	0,225	0,450	0,395
Ячмень (плодовые и семенные оболочки)	1,660	2,375	3,300
Овес (плодовые и семенные оболочки)	1,150	2,100	4,250
Пшеница (плодовые и семенные оболочки)	1,650	1,650	4,500

Растительное сырье является гетерогенной средой, обладающей неоднородностями по внутренней структуре и плотности тканей, а также содержанию растворимых веществ и состоянию их диссоциации [2].

Наружные покровы зерна – плодовые и семенные оболочки – состоят из клетчатки с гемицеллюлозами, образуемыми главным образом за счет комбинации с лигнином и минеральными солями. Плодовые оболочки, образовавшиеся из стенок завязи, состоят из нескольких слоев клеток. Под плодовыми лежат семенные оболочки. В состав плодовых и семенных оболочек входят 3,5...4,5% минеральных веществ (золы). Под плодовыми и семенными оболочками лежит алейроновый слой, который по химическому составу и строению клеток отличается как от оболочек, так и от эндосперма. Клетки алейронового слоя по мере приближения к зародышу уменьшаются и затем исчезают, так что зародыш покрыт только плодовыми оболочками. Зольность алейронового слоя колеблется от 8 до 11%, он легко поглощает воду из окружающей среды, но задерживает соли. Химический состав эндосперма отличается от состава всех других частей зерна, при этом характерным является малое содержание в нем золы (0,3...0,5%) [2].

При смачивании зерна (пшеницы, ячменя, овса) раствором бишофита с разной концентрацией (2%, 4%, 10%) количество магния в эндосперме зерна осталось неизменным. Количество магния в наружных покровах зерна, смоченных раствором бишофита с разной концентрацией (2%, 4%, 10%), изменилось по сравнению с необработанным зерном пропорционально возрастанию концентрации раствора бишофита, которым смачивали зерно. Следовательно, ионы магния из наружных покровов зерна не проникают в его эндосперм путем прямой диффузии и остаются на плодовых оболочках зерна.

При обработке зерна, смоченного раствором бишофита с разными концентрациями, импульсным высоким напряжением с общей удельной энергией обработки 65,1 кДж/кг количество магния в эндосперме зерна также осталось практически неизменным по сравнению с необработанным зерном.

На плодовых оболочках зерна, обработанного импульсным напряжением, количество магния возрастает с увеличением концентрации раствора бишофита, которым смачивали зерно.

Принципиальной разницы между данными (эндосперм, плодовые и семенные оболочки) по зерну, обработанному раствором бишофита, и зерну, обработанному раствором бишофита и импульсным высоким напряжением, не наблюдалось. Следовательно, обработка зерна электрическими импульсами током с удельной энергией обработки 65,1 кДж/кг не способствует проникновению магния в эндосперм зерна (пшеницы, ячменя, овса). Весь магний остается на плодовых

оболочках зерна. Поэтому для понимания механизма внутренних изменений, происходящих в зерне, необходимо проведение исследований по изучению конкретного отдельного влияния электрообработки на внутреннюю структуру материала. Но при этом примечателен такой факт: через 1,5 года хранения было обнаружено, что образцы, смоченные бишофитом и обработанные импульсным напряжением, не были поражены амбарным долгоносиком в отличие от образцов, не обработанных и только смоченных бишофитом. Это подтверждает тезис о возможности использования электрической энергии для обработки растительных материалов с целью борьбы с амбарными вредителями при длительном хранении корма и сырья для него.

### Выводы

1. Предложено применение раствора бишофита, который является минеральной добавкой в рационах животных, для предкормовой подготовки растительного сырья электрофизическими способами.

2. Показано, что проникновение катионов магния в эндосперм, плодовые и семенные оболочки семян пшеницы, ячменя и овса при смачивании раствором бишофита с массовой долей растворенного вещества 2%, 4%, 10% и в сочетании смачивания с импульсным воздействием высоким напряжением с удельной энергией обработки 65,1 кДж/кг не отличается.

3. Для понимания механизма внутренних изменений, происходящих в зерне, необходимо проведение исследований по изучению влияния электрообработки на внутреннюю структуру материала.

### Библиографический список

1. Баран А.Н. Технологическое действие электрического тока и оптимизация его параметров при обработке соломы в щелочных средах: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. М.: ВИЭСХ, 1984. 24 с.
2. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов: Учебное пособие. Изд. 3-е, переработанное и дополненное. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 с.
3. Кардашов П.В., Лицкевич Е.И. Основы механизма электрообработки фуражного зерна // Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию агроэнергетического факультета БГАУ, 22-23 ноября 2007 г. / Под ред. М.А. Прищепова. Минск, 2007. С. 235-237.
4. Кардашов П.В., Николаенок М.М., Пашинский В.А. Электрообработка повышает переваримость корма // Сельский механизатор. 2008. № 10. С. 38-39.
5. Корко В.С. Разработка электрогидротермического способа обработки фуражного зерна: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. М.: ВИЭСХ, 1984. 24 с.

6. Родионов С.Н. Повышение эффективности кормления цыплят-бройлеров при использовании кормов, обработанных электрофизическими методами: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 2011. 21 с.

7. Исследование биологического эффекта СВЧ-излучения при воздействии на зёрна пшеницы / Р.Н. Никулин, М.П. Никулина, Е.А. Епифанова, Е.В. Глухова, М.А. Сгибнева // Известия ВолгГТУ. Сер. «Электроника, измерительная техника,

радиотехника и связь». Вып. 12. Волгоград, 2015. № 11 (176). С. 52-59.

8. Конструкции устройств для предпосевной обработки семян давлением / В.В. Фомиченко, А.Б. Голованчиков, С.Л. Белопухов, Е.Э. Нефедьева // Изв. вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. № 2. С. 128-131.

Статья поступила 5.10.2016 г.

## BEHAVIOR OF MAGNESIUM IONS IN SEEDS MOISTENED BY BISHOFIT DURING THE ELECTROPROCESSING

**VARVARA V. GAMAGA**, *candidate of Biological Sciences, associated Professor*<sup>1</sup>

E-mail: harrissa2000@mail.ru

**SVETLANA A. RODIONOVA**<sup>2</sup>

E-mail: rodionova-s@mail.ru

**MARIYA N. BELITSKAYA**, *Dr. of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher*<sup>3</sup>

E-mail: vnialmi@avtlg.ru

**ELENA NEFED'EVA**, *Dr of Biological Sciences, Professor*<sup>4</sup>

E-mail: nefedieva@rambler.ru

**SERGEY L. BELOPUKHOV**, *Dr of Agricultural Sciences, Professor*<sup>5</sup>

E-mail: belopuhov@mail.ru

<sup>1</sup>Sholokhov Moscow State University for the Humanities, Verkhnyaya Radishchevskaya str., 16-18, Moscow, 109240, Russian Federation

<sup>2</sup>Volgograd State Agrarian University, University Avenue, 26, Volgograd, 400002, Volgograd region, Southern Federal District, Russian Federation

<sup>3</sup>Russian Scientific and Research Institute of Agronomy and Forest Melioration RAAS, University Avenue, 97, Volgograd, 400062, Russian Federation

<sup>4</sup>Volgograd State Technical University, Lenin Avenue, 28, Volgograd, 400005, Russian Federation

<sup>5</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The application of various technologically efficient electro-techniques and methods for the preparation of fodder plant material, particularly feed grains, is to reduce the high resistance of treated mass. That problem is successfully solved due to the pre-wetting of seeds. One of the promising options is the treatment of seeds by the solution of bischofite, which simultaneously is a mineral addition in the rations of animals. The presence of magnesium and its quality assessment in different materials of different crops (barley, wheat, oat) were determined by capillary electrophoresis method using research system "Dropping 105", the method of determining total mass fraction of cation in feeds, formula feeds and plant raw materials was used. The research of the treatment of grain such as wheat, barley, and oats by bishofite solution with different concentrations (2, 4 and 10%) both singly and together with high voltage pulses of about 65.1 kJ/kg allowed to concise that in all cases, including the electric pulse treatment, there was no penetration of the magnesium ions from the bishofite solution into the endosperm of grains. Experiments showed that all of the magnesium accumulates in the covers of grain. The thesis about using electric energy for treatment plant raw materials is confirmed to garner pest control while long-term storage of feed and its materials.

**Key words:** Pulsed high voltage impact, grain, magnesium, bischofite, seed covers, endosperm.

## References

1. Baran A.N. Tekhnologicheskoe deistvie elektricheskogo toka i optimizatsiya ego parametrov pri obrabotke solomy v shchelochnykh sredakh [Technological action of electric current and its parameters optimization treating straw in alkaline conditions]: Abstract of diss. ... cand of Tech Sci. M.: AURIEA, 1984. 24 p.
2. Kazakov E.D. Biokhimiya zerna i khlebobproduktov [Biochemistry of crops and bread products]: manual. 3<sup>d</sup> edition, revised and enlarged. Spb.: GIOR, 2005. 512 p.
3. Kardashov P.V., Litskevich E.I. Osnovy mekhanizma elektroobrabotki furazhnogo zerna [The foundations of electrotreatment mechanism of feed grains] // Materials from International Scientific and technical Conference dedicated to the 50th Anniversary of agro-energy faculty Belarusian State Agrarian Technical University, 22-23 November 2007 / under the editorship of M.A. Prishchepov. Minsk, 2007. Pp. 235-237.
4. Kardashov P.V., Nikolaenok M.M., Pashinskiy V.A. Elektroobrabotka povyshaet perevarimost' korma [Electrotreatment improves digestibility of feed] // Country mechanic. 2008. Issue 10. Pp. 38-39.
5. Korko V.S. Razrabotka elektrogidrotermicheskogo sposoba obrabotki furazhnogo zerna [Investigation the electro-hydrothermal way of treatment of feed grains]: Abstract of diss. ... cand of Tech Sci. M.: AURIEA, 1984. 24 p.
6. Rodionov S.N. Povyshenie effektivnosti kormleniya tsiplyat-broilerov pri ipol'zovanii kormov, obrabotannykh elektrofizicheskimi metodami [Effectivization of broiler chickens feeding using feeds, treated by electrophysical methods]: Abstract of diss. ... cand of Agr. Sci. Volgograd, 2011. 21 p.
7. Issledovanie biologicheskogo effekta SVCh-izlucheniya pri vozdeistvii na zerna pshenitsy [Research of biological effect of microwave radiation while cultivating wheat crops] / R.N. Nikulin, M.P. Nikulina, E.A. Epifanova, E.V. Glukhova, M.A. Sgibneva // Izvestiya VolgSTU. Ser. "Electronics, measuring technology, radio engineering and communication". Vol. 12. Volgograd, 2015. Issue 11(176). Pp. 52-59.
8. Konstruktsii ustroystv dlya predposevnoy obrabotki semyan davleniem [Mechanisms constructions for preplanting cultivation of seeds by pressure] / V.V. Fomichenko, A.B. Golovanchikov, S.L. Belopukhov, E.E. Nefedjeva // Izv.univ. applied chemistry and biotechnology. 2012. Issue 2. Pp. 128-131.

Received on October 5, 2016

УДК 621(075.8)

**ПАВЛОВ АЛЕКСАНДР ЕГОРОВИЧ**, канд. физ.-мат. наук, доцент

E-mail: alexpavlov60@mail.ru

**СОРОКИН СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**, канд. техн. наук, доцент

E-mail: sergsor2011@yandex.ru

**ПАВЛОВА ЛАРИСА АЛЕКСАНДРОВНА**, доцент

E-mail: krasilnikowa.larisa2011@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

## РАСЧЁТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ РОБОТА-УКЛАДЧИКА

Исследование относится к агропромышленному оборудованию, в частности, к укладчикам штучных продуктов в тару, устанавливаемых в роботизированных линиях фасования, укладки и упаковки различных продуктов в тару (коробки, контейнеры). В последние годы наблюдается широкое внедрение автоматизированной укладочной техники, позволяющей исключить монотонный ручной труд. Выполнен кинематический и динамический синтез двухосевого рычажного плоского механизма укладчика штучных пищевых продуктов в торговую тару. Аналитическим методом обоснованы уравнения движения ведущих звеньев (двух ползунов) механизма, которые однозначно задают в координатной форме уравнения движения схвата во время его рабочего и холостого ходов. Скорость и ускорение перемещаемого продукта найдены дифференцированием уравнений движения схвата. Выполнен анализ сил, приложенных к схвату при рабочем ходе. Составлено общее уравнение динамики материальной точки на основе принципа Даламбера-Лагранжа. Таким образом, предложенная методика позволяет рассчитать суммарную мощность двигателей ползунов при транспортировании продукта, заданной