

ВЛИЯНИЕ ПОЛЯ ПОСТОЯННОГО МАГНИТА НА СОХРАННОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

**Никитенко Г.В., д-р техн. наук, Лысаков А.А., канд. техн. наук,
Коноплев Е.В., канд. техн. наук, Бобрышев А.В., Тарасов Я.А.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет» (Ставрополь)

Реферат. В статье рассматриваются способы уменьшения потерь картофеля при хранении при помощи воздействия магнитного поля постоянных магнитов. В результате экспериментальных исследований авторами статьи установлено положительное влияние поля постоянного магнита на сохранность картофеля.

Ключевые слова: картофель, хранилище, уменьшение потерь, магнитное воздействие, постоянный неодимовый магнит, продовольственная безопасность

Summary. The article discusses ways to reduce losses of potatoes in storage using the magnetic field of the permanent magnets. In experimental studies the authors found a positive effect field of the permanent magnet on the preservation of potatoes.

Key words: the potato store, reducing losses, magnetic effect, a permanent NdFeB magnet, food security

Введение. Согласно пункту г) Указа Президента Российской Федерации от 21.07.2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» необходимо проводить разработки, направленные на создание и внедрение до 2026 года конкурентоспособных отечественных технологий, основанных на новейших достижениях науки и обеспечивающих производство, переработку и хранение сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [1].

Проблема сохранения качества картофеля имеет важное народно-хозяйственное значение. Потери при хранении все еще велики: при уборке урожая, транспортировке и хранении теряется 30-40 % выращенного урожая, во многих случаях к концу хранения потери достигают 60 %.

Также при хранении картофеля наблюдаются распространения фитофторы, кольцевой гнили, черной ножки и других болезней, что серьезно ухудшает качество и потребительские свойства хранимой продукции, увеличивает объем картофеля, не пригодного для питания. Хранение картофеля является конечным этапом всего производственного цикла. Главная цель – сохранение урожая лучшего качества, с наименьшими потерями, на протяжении по возможности большого периода времени.

В науке и технике известно воздействие различными физическими методами на процессы, имеющие место в сельскохозяйственном производстве. Применение электрического, электромагнитного и магнитного воздействия, а также различных их сочетаний со звуковым и оптическим воздействием позволяет корректировать функциональное состояние биообъектов растительного происхождения [2-4].

Например, известно устройство и способ хранения картофеля, включающий циклическую обработку картофеля синусоидальным электромагнитным полем при помощи генератора низкой частоты в местах постоянного хранения непрерывно в течение всего срока хранения, причем обработку осуществляют последовательными непрерывными циклами, каждый из которых включает две стадии, на первой из которых обработка ведется с частотным диапазоном 7-15 Гц в течение 40 мин, а на второй стадии – с частотным диапазоном 15,1-30 Гц в течение 20 мин.

Недостатком данного способа является сложность устройства, наличие генератора, требующего настройки на разные частоты, непрерывная работа генератора в течение всего срока хранения, отсутствие сведений о потерях картофеля во время хранения, возникновение очагов гниения корнеплодов [5].

Применение озона при хранении представлено способом хранения и оздоровления семенного и продовольственного картофеля, в котором используется принцип циклической обработки озоновоздушной смесью сельскохозяйственной продукции с помощью активной вентиляции при постепенном понижении температуры до 2-4 °С в основной период хранения [6].

К недостаткам данного способа следует отнести ограниченный диапазон использования, поскольку циклическая обработка озоновоздушной смесью осуществляется путем распыления пергидроля в вентиляционном потоке воздуха. Также необходимо выдерживать строгие требования по концентрации озона в закрытом помещении, поскольку их нарушение приводит не только к порче и гибели клубней картофеля, но и наносит вред человеческому организму.

Все рассмотренные выше способы и устройства хранения картофеля являются сложными, дорогими, малоприспособленными для широкого внедрения в сельскохозяйственное производство. Для современных малых и крупных сельхозпредприятий, занятых в производстве, хранении и переработке картофеля, требуется дешевое, удобное при перевозке, монтаже и эксплуатации, не содержащее дорогостоящие комплектующие оборудование для хранения и оздоровления семенного и продовольственного картофеля [7]. К такому оборудованию относится устройство магнитной обработки, выполненное на основе постоянных неодимовых магнитов или магнитов альнико (русское название ЮНДК).

Объекты и методы исследований.

Общая схема проведения эксперимента включает следующие этапы:

- постановка задачи;
- выбор параметра оптимизации;
- выбор факторов;
- составление линейного плана;
- реализация линейного плана;
- построение линейной модели;
- поиск области экстремума;
- описание области экстремума;
- интерпретация результатов.

Задачами модельного физического эксперимента являлись:

- изучение изменения массы клубней картофеля, обработанных постоянным магнитом в сравнении с не подвергавшимся обработке;
- определение параметров магнитного поля и времени, при которых потери картофеля по массе являются максимальными;
- определение параметров магнитного поля и времени, при которых потери картофеля по массе являются минимальными.

Анализ факторов, влияющих на эффективность магнитной обработки картофеля, позволил выделить фиксируемые, варьируемые и случайные факторы.

Фиксируемые:

- сорт картофеля (во всех вариантах должен быть одинаковым, в эксперименте исследовался сорт Аврора);
- температура и влажность воздуха во время проведения эксперимента (22-24 °С, 60-70 %);
- температура и влажность воздуха во время хранения картофеля после обработки (22-24 °С, 60-70 %);

- магнитные характеристики постоянного магнита (применялся неодимовый постоянный магнит марки N35 с величиной магнитной индукции в зоне обработки 330 мТл).

Варьируемые:

- время обработки клубней картофеля (задавались временные интервалы 60, 180, 300, 600, 900 с;

- полярность магнита при обработке (в эксперименте использовались значения плюс 330 мТл и минус 330 мТл).

Основными тенденциями в работе с измерительным оборудованием при проведении экспериментального исследования, являлись: работа только с проверенными приборами, прошедшими сертификацию и стандартизацию в РФ; переход к измерениям микровеличин; применение безынерционных приборов; регистрация непрерывно изменяющихся величин. При проведении эксперимента использовались следующие измерительные приборы: электронные весы, секундомер, миллитесламетр, пирометр для измерения температуры, датчики влажности.

Экспериментальное устройство для обработки картофеля представляло собой прямоугольную коробку, на дне которой уложены постоянные магниты размером 40x20x2 мм. На эти магниты помещались клубни картофеля и выдерживались по времени в соответствии с планом эксперимента (табл.1). Затем магниты переворачивались для изменения полярности воздействия и опыт повторялся.

Таблица 1 – План эксперимента

№ опыта	1	2	3	4	5	II
Полярность магнита и значение магнитной индукции, мТл	-330	-330	-330	-330	-330	<i>без обработки (контроль)</i>
Время обработки, с	60	180	300	600	900	<i>без обработки (контроль)</i>
№ опыта	6	7	8	9	10	II
Полярность магнита и значение магнитной индукции, мТл	+330	+330	+330	+330	+330	<i>без обработки (контроль)</i>
Время обработки, сек	60	180	300	600	900	<i>без обработки (контроль)</i>

Во время экспериментальных исследований целые неповрежденные клубни картофеля подвергались магнитной обработке и закладывались на хранение в пакетах на 16 суток при постоянной температуре воздуха 22-24 °С и влажности 60-70 %. Данные параметры хранения были выбраны с целью ускорения процессов гниения и прорастания картофеля. В течение всего эксперимента ежедневно измерялась масса клубней, при возникновении гниения отмечались очаги, у клубней подверженных гниению замерялась площадь поверхности гниения и её изменения.

Эффективность обработки оценивалась по потерям массы клубней, определяемой по формуле:

$$\Delta = 100 - \left(\frac{m_k}{m_n} \cdot 100 \right),$$

где m_n , m_k – масса клубней в начале и конце опыта.

Обсуждение результатов. В результате экспериментальных исследований установлено, что магнитная обработка картофеля влияет на изменение его массы при хранении, причем, важное значение имеет полярность магнитного поля, длительность воздействия, величина индукции магнитного поля.

При обработке картофеля отрицательным магнитным полем с увеличением времени воздействия наблюдается рост потери массы картофеля. Только для опыта № 1, при котором картофель подвергался обработке магнитным полем постоянного магнита с индукцией

минус 330 мТл в течение 60 секунд, отмечаются потери массы картофеля меньше, чем у необработанного контроля (опыт № 11), для всех остальных опытов (№ 2-5) с увеличением времени обработки происходит увеличение потери массы картофеля (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований

№ опыта	1	2	3	4	5	11
Потери массы картофеля, %	3,8	5,8	9,1	8,1	10,2	5,6
№ опыта	6	7	8	9	10	11
Потери массы картофеля, %	5,5	4,9	5,1	6,1	8,5	5,6

При обработке картофеля положительным магнитным полем выделяется диапазон, при котором потери массы картофеля равны или меньше потерь массы необработанного контроля. Для опытов № 6-9 потери массы являются соизмеримыми с потерями массы опыта № 11. Только для опыта № 10, при котором обработка картофеля производилась положительным магнитным полем с индукцией плюс 330 мТл в течение 900 с, отмечается резкое увеличение потерь (табл. 2).

Исследования влияния магнитных полей на растения, фрукты, овощи установили положительное воздействие, однако, на сегодняшний момент, отсутствует четкое теоретическое обоснование, позволяющее окончательно выяснить механизм влияния магнитного поля. Ряд ученых связывает изменения в растениях с влиянием магнитного поля на воду, содержащуюся в них [8-10].

Высказан ряд гипотез, которые предлагается классифицировать на следующие три группы [11-12]:

- первая, объединяющая большинство гипотез, связывает действие магнитных полей на ионы солей, присутствующих в воде; под влиянием магнитного поля происходит поляризация ионов и их деформация, что повышает вероятность их сближения и в конечном итоге образование центров кристаллизации;
- вторая группа предполагает действие магнитного поля на примеси воды, находящиеся в коллоидном состоянии;
- третья группа объединяет представления о возможном влиянии магнитного поля на структуру воды. Это влияние с одной стороны, может вызвать изменения в агрегации молекул воды, с другой - нарушить ориентацию ядерных спинов водорода в молекулах.

Для подтверждения или опровержения указанных выше гипотез, а также для выдвижения собственной научной гипотезы, у клубней картофеля были выполнены срезы мякоти и исследованы под микроскопом при одинаковом увеличении. Срезы проводились перед обработкой и после окончания эксперимента. Структура исследовалась при увеличении микроскопа 5X и 10X. Сравнения проводились для необработанных клубней, клубней с минимальными и максимальными потерями массы.

По окончании эксперимента установлено, что в результате магнитного воздействия в клубне картофеля происходят структурированные изменения, выражающиеся в изменении концентрации и размеров солей крахмала и частиц влаги. Для опытного клубня картофеля с минимальными потерями массы наблюдается увеличение концентрации частиц влаги и их размеров (рис. в и г) по сравнению с необработанным контрольным клубнем (рис. а и б). Для опытного клубня с максимальными потерями массы наблюдается буквально разрушение внутренней структуры, которую сложно рассмотреть при принятом в эксперименте увеличении микроскопа (рис. д и е). Очевидно, что в результате магнитного воздействия произошло разрушение внутренней структуры частиц влаги на клеточном уровне, в результате ускорился процесс испарения не только влаги, но и процесс уменьшения массы.

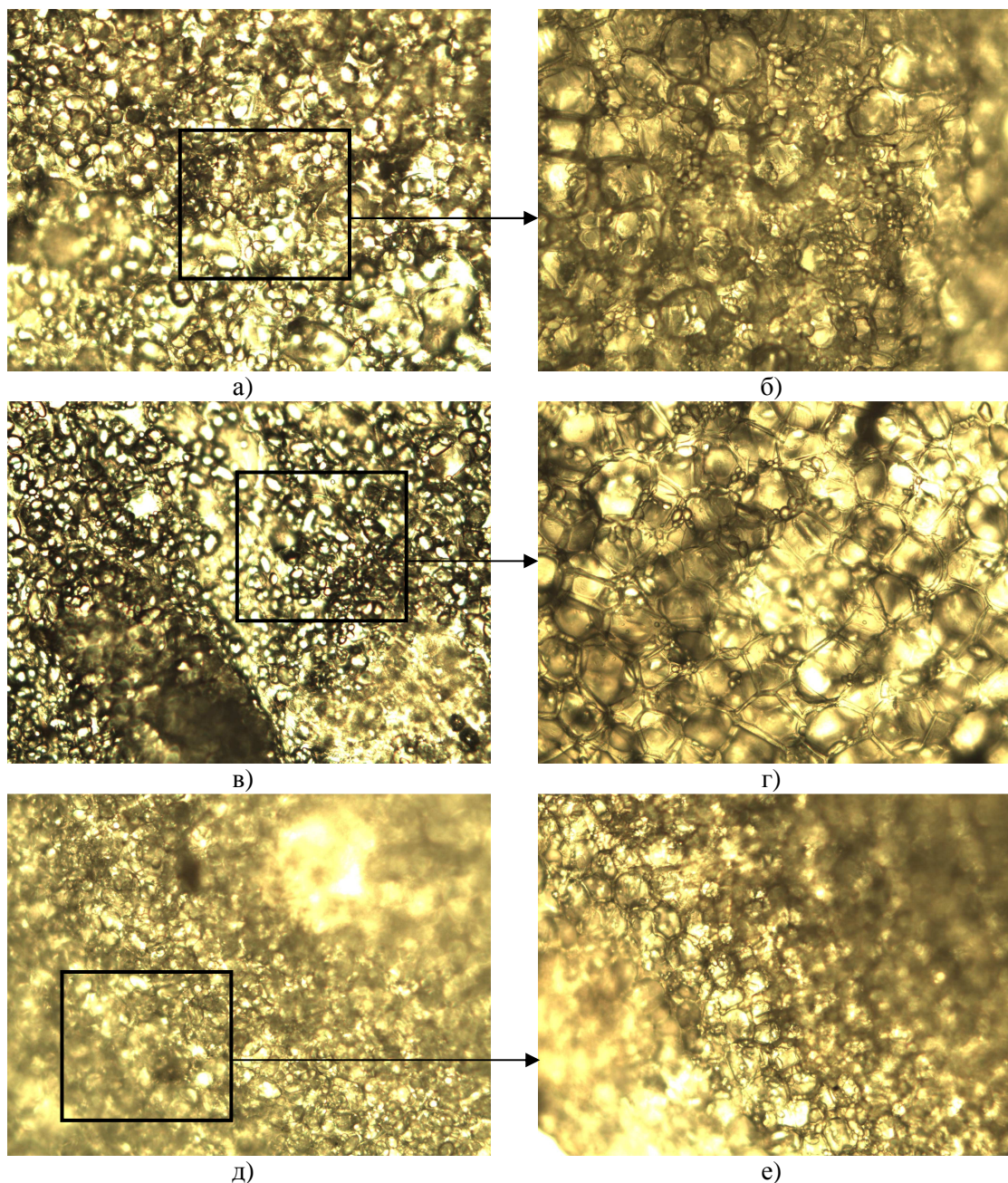


Рис. Внутренняя структура частиц крахмала и влаги в картофеле по окончании эксперимента: а) необработанный контроль, увеличение 5X; б) необработанный контроль, увеличение 10X; в) клубень с минимальными потерями, увеличение 5X; г) клубень с минимальными потерями, увеличение 10X; д) клубень с максимальными потерями, увеличение 5X; е) клубень с максимальными потерями, увеличение 10X

Выводы. Экспериментальные исследования по обработке полей постоянного магнита клубней картофеля установили, что магнитная обработка влияет на сохранность массы картофеля при хранении, причем существенное значение оказывает полярность и длительность обработки.

При обработке отрицательным магнитным полем с индукцией 330 мТл в диапазоне 60-180 с наблюдаются потери массы картофеля соизмеримые с потерями необработанного контроля или меньше, чем у последнего. Данный временной диапазон необходимо подвергнуть дополнительному исследованию.

При обработке положительным магнитным полем с индукцией 330 мТл в диапазоне 60-600 с потери массы картофеля соизмеримы с потерями необработанного контроля.

Временной диапазон, при котором магнитная обработка является эффективной и препятствует потери массы картофеля, шире при положительных значениях магнитного поля; поэтому при изготовлении устройства на постоянных магнитах для обработки картофеля, необходимо подбирать конфигурацию и размещение магнитов таким образом, чтобы обработка картофеля происходила при положительной полярности.

Магнитная обработка оказывает воздействие на внутреннюю структуру картофеля, изменяя концентрацию и размеры частиц влаги и крахмала, что, в свою очередь, отражается на массе картофеля.

По результатам экспериментальных исследований разработано устройство для магнитной обработки картофеля и подана заявка на патент.

Литература

1. О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 21 июля 2016 г. № 350. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
2. Лысаков, А.А. Влияние различных физических факторов на сохранность картофеля / А.А. Лысаков // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – № 1. – С.14-16.
3. Никитенко, Г.В. Инновации в картофелехранении / Г.В. Никитенко, А.А. Лысаков // Инноватика и экспертиза: научные труды. – 2016. – № 2 (17). – С.66-75.
4. Лысаков, А.А. Инновационные способы снижения потерь картофеля / А.А. Лысаков // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 4 (20). – С.40-45.
5. Пат. 2364074 Российская Федерация, МПК А01F 25/00 (2006.01). Способ хранения картофеля / Кулик К.С., Мартынов С.Н.; заявитель и патентообладатель К.С. Кулик, С.Н. Мартынов. - № 2008107178/12; заявл. 28.02.2008; опубл. 20.08.2009, Бюл. № 23. – 8 с.
6. Пат. 2073412 Российская Федерация МПК А01F 25/00 (1995.01) Способ хранения и оздоровления семенного и продовольственного картофеля / Кучумов Н.Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель Институт химической физики им.Н.Н.Семенова РАН, НПО совхоза «Ждановский». – № 9393013479; заявл. 16.03.1993; опубл. 20.02.1997.
7. Лысаков, А.А. Современные инновационные способы снижения потерь картофеля при длительном хранении / А.А. Лысаков // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2015. – № 3 (29). – С. 105-112.
8. Лысаков, А.А. Воздействие электромагнитного поля на внутреннюю структуру картофеля // Перспективы развития науки и образования: материалы Международной научно-практической конференции в 5 частях. Часть 4. (Москва, 29 ноября 2013 г.). – М.: ООО «АР-Консалт», 2014. – С. 99-100.
9. Лысаков, А.А. Влияние воздействия электромагнитного поля на сохранность картофеля // Перспективы развития науки и образования: материалы Международной научно-практической конференции в 5 частях. Часть 4. (Москва, 29 ноября 2013 г.). – М.: ООО «АР-Консалт», 2014. – С. 100-101.
10. Лысаков, А.А. Уменьшение потерь картофеля при хранении с помощью электромагнитного воздействия // Разработка инновационных технологий и технических средств для АПК: материалы 9-й Международной научно-практической конференции, в 2-х частях. Часть 2. (Зерноград, 28-29 мая 2014 г.). – Зерноград, 2014. – С. 77-85.
11. Лысаков, А.А. Новые способы хранения картофеля // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: материалы 75 научно-практич. конф. электроэнергетического факультета СтГАУ (Ставрополь, 10-25 марта 2011 г.). – Ставрополь, 2011. – С. 168-171.
12. Никитенко, Г.В. Использование электрофизических способов обработки картофеля для уменьшения его потерь / Г.В. Никитенко, А.А. Лысаков, Ф.Ф. Самарин // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: материалы науч.- практич. конф. – Ставрополь, 2010. – С. 189-191.