

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 631.53.027: 541.136.001.2:546.212: 631.371

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ СВЕЖЕУБРАННОГО ЗЕРНА

А. В. КЛОЧКОВ, О. Б. СОЛОМКО

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: olena_k@ tut.by

(Поступила в редакцию 14.09.2021)

Изучались результаты обработки зерна современными физическими методами с целью выявления наиболее перспективных способов с позиций их практического применения в сельском хозяйстве. Они послужили предпосылкой для создания технологии стимулирующей обработки магнитным полем свежесобранного зерна, которая может входить в систему послеуборочной обработки. При этом предполагается, что предлагаемый метод с учетом продолжающейся жизнедеятельности зерен будет иметь повышенную эффективность и может быть использован для разных видов сельскохозяйственных культур. Установлены возможности и режимы кратковременного проведения омагничивания зерен устройством из блока магнитов, которое сопровождается увеличением лабораторной всхожести.

В опытах с семенами озимого рапса были получены высокие показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести, на фоне которых влияние омагничивания не проявлялось. В контрольном варианте с зерном озимой пшеницы Мроя итоговый показатель лабораторной всхожести в результате омагничивания зерна озимой пшеницы повысился с 50,7 % до 55,7–65,3 %. Более эффективными с увеличением лабораторной всхожести на 12,6–14,6 % оказались варианты с относительным размещением магнитов на расстоянии 10 мм. Исследования действия магнитной индукции на зерна озимой ржи по большинству вариантов показали увеличение лабораторной всхожести на 4,0–4,3 %, однако в целом значения энергии прорастания и всхожести были невысокими.

Была также проведена оценка длительного нахождения (5–10 дней) зерен свежесобранной озимой пшеницы слоем толщиной 10 мм сверху и снизу ферритового и неодимового магнитов. Длительное нахождение зерна в искусственном магнитном поле подавляюще действует на свойства и последующее развитие зерен и растений.

Ключевые слова: магнитная стимуляция семян, электромагнитное поле, обработка магнитным полем.

The results of grain processing by modern physical methods were studied in order to identify the most promising methods from the standpoint of their practical application in agriculture. They served as a prerequisite for the creation of a technology for stimulating processing of freshly harvested grain with a magnetic field, which can be part of the post-harvest processing system. It is assumed that the proposed method, taking into account the continuing vital activity of the grains, will have increased efficiency and can be used for different types of agricultural crops. Possibilities and modes of short-term magnetization of grains with a device from a block of magnets, which is accompanied by an increase in laboratory germination, have been established.

In experiments with seeds of winter rape, high indicators of germination energy and laboratory germination were obtained, against which the effect of magnetization was not manifested. In the control variant with grain of winter wheat Mroya, the final indicator of laboratory germination as a result of magnetization of grain of winter wheat increased from 50,7 % to 55,7–65,3 %. Variants with a relative placement of magnets at a distance of 10 mm turned out to be more effective with an increase in laboratory germination by 12.6–14.6 %. Studies of the effect of magnetic induction on winter rye grains for most of the options showed an increase in laboratory germination by 4.0–4.3 %, however, in general, the values of germination and germination energy were low.

We also assessed the long-term presence (5–10 days) of freshly harvested winter wheat grains with a 10 mm layer on top and bottom of ferrite and neodymium magnets. Long-term presence of grain in an artificial magnetic field has an overwhelming effect on the properties and subsequent development of grains and plants.

Key words: magnetic stimulation of seeds, electromagnetic field, magnetic field treatment.

Введение

Накопленные в биологической науке данные убедительно свидетельствуют в пользу применения в технологиях земледелия магнитного поля (МП), контролирующего и стимулирующего биологические процессы [1–13]. Значительные перспективы имеет использование искусственных магнитных полей, под действием которых многие биологические объекты и вещества изменяют свои характеристики. Под действием искусственного МП может значительно ускориться рост растений. Многими исследователями доказано, что в результате воздействия МП на растения происходит стимуляция обменных процессов, что приводит повышению интенсивности их роста и развития.

Наиболее применяемые на сегодняшний день в растениеводстве электрофизические способы предусматривают использование электромагнитных полей. Действие этого фактора основано на том, что большая часть физиологических процессов, происходящих в живом организме, сопровождается электромагнитными явлениями. Постоянная составляющая электромагнитных колебаний в растительном организме – биоэлектрические потенциалы, которые регенерируются в процессе жизнедеятельности и отражают его физиологическое состояние. Установлено, что в комплексе мер, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, немаловажное значение имеет стимулирование семян электрическими полями. В частности, обработка семян пшеницы Харьковская-46, Саратовская-36, Башкирская-9 и других сортов электрическим полем коронного разряда напряженностью (4,5–5)·10⁵ В/м в течение 1,5–2 с за 14–20 дн. до посева приводила к повышению урожайности на 6–28 % в различные годы проведения эксперимента [14–17].

По мнению ряда ученых [18–20], наиболее доступный, менее дорогостоящий, а главное, высокоэффективный прием ускорения прорастания семян – электромагнитная стимуляция. С ее помощью можно добиться положительного результата за довольно короткий промежуток времени и на больших объемах семян. Изучение особенностей предпосевной обработки семян различных культур в электромагнитных полях показало, что для озимой пшеницы оптимальная индукция магнитного поля составляет 0,03–0,07 Тл, для овса – 0,03 Тл, экспозиция – 8 с, срок обработки семян – 1 сутки до посева [21]. При таких режимах обработки энергия прорастания озимой пшеницы сорта Степная-7 повысилась на 4,7 % (контроль – 89,5 %), озимого ячменя Вавилон – на 22,0 % (контроль – 47,5 %), овса сорта Кубанский – на 8,5–14 % (контроль – 65 %). В результате обработки семян ячменя переменным электромагнитным полем (50 Гц) происходило увеличение массы корешков и проростков, увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян.

Распространение получило использование магнитного излучения различной величины для повышения качества посевного материала и других свойств зерна [22]. Однако широкое применение подобных методов сдерживается относительной сложностью применяемых устройств и их настройки для обработки различных видов зерна.

Были проведены исследования по изучению воздействия магнитного поля на убираемый семенной материал в полевых условиях [23]. С этой целью была разработана технология, обеспечивающая обработку семян в зерноуборочном комбайне «Енисей-1200 НМ». В конструкции транспортирующих рабочих органов от молотильного аппарата до зернового бункера были смонтированы 3 модуля источника низкочастотных электромагнитных колебаний для воздействия ими на порцию перемещающегося свежемолоченного зерна. Сравнительный лабораторный анализ качества зерна, омагниченного непосредственно в комбайне, а также через 3 месяца после обмолота, показал, что предложенная новая технология позволяет повысить его посевные характеристики. Было установлено, что электромагнитное облучение зернового вороха в зерноуборочном комбайне повышает всхожесть семян на 6–20 %, энергию прорастания семян – приблизительно на 30 %. Наиболее явно выраженный эффект омагничивания зерна наблюдался при продолжительности облучения более 9 мин. Выявлены оптимальные параметры электромагнитного облучения: частота – 16 Гц, величина магнитной индукции – 6 мТл.

Исследовалось также влияние обработки семян люцерны и яровой пшеницы низкочастотным электромагнитным полем, проведенной при уборке урожая [24] комбайном «Дон-1500». Наиболее высокие показатели увеличения надземной массы растений люцерны (1,45 и 0,89 г) отмечены при обработке люцерны на стационаре и времени облучения семян перед посевом, равном 20 мин (параметры электромагнитного поля: индукция – 6 мТл, частота следования импульсов – 16 Гц). Для яровой пшеницы сорта Омская-18 оптимальное время облучения составило 9 мин при тех же энергетических параметрах. Увеличение всхожести составило 13 %, а массы растения – 21,7 %.

Основная часть

Приведенные выше результаты послужили предпосылкой для создания технологии стимулирующей обработки магнитным полем свежесобранного зерна. Такая технология может входить в систему послеуборочной обработки. При этом предполагается, что предлагаемый метод с учетом продолжающейся в этот период жизнедеятельности зерен будет иметь повышенную эффективность и может быть использован в сельском хозяйстве для разных видов сельскохозяйственных культур. Технология магнитной стимуляции может повысить не только всхожесть семян, но и стойкость зерна при хранении, причем без существенных материальных и энергетических затрат и загрязнения окружающей среды.

В основу методики проведения экспериментальных исследований была положена реализация задачи максимального использования индукции магнитного поля применяемых магнитных устройств. Одним из вариантов достижения поставленной цели является устройство с последовательным расположением кольцевых магнитов в виде обратного усеченного конуса (рис. 1).



Рис. 1. Лабораторная установка для проведения экспериментов с магнитной обработкой зерна и схема расположения магнитов

Для экспериментальных исследований с омагничиванием зерна использовали сочетание 3 магнитов с различными характеристиками (табл. 1).

Таблица 1. Параметры магнитов в составе устройства для омагничивания зерна

Вариант использования	Диаметры магнитов, мм		Толщина магнита, мм	Тип магнита
	Наружный	Внутренний		
А	70	32	10	Ферритовый
	60	24	10	Ферритовый
	52	23	8	Ферритовый
Б	70	32	10	Ферритовый
	60	24	10	Ферритовый
	50	23	5	Неодимовый

В устройстве для омагничивания зерна (рис. 1) магниты располагались в 2 вариантах:

- в непосредственной близости;
- с расстоянием между магнитами 10 мм.

Проведенные замеры магнитной индукции подтвердили изменчивый характер величины магнитного воздействия (рис. 2).

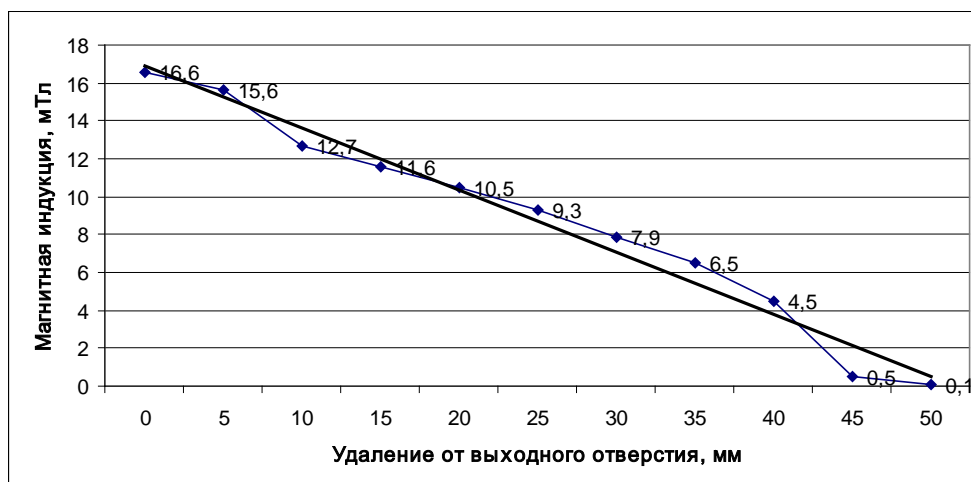


Рис. 2. Результаты определения параметров магнитной индукции в блоке магнитометром ИОН-3

Измерения магнитной индукции проводились в лаборатории Белорусско-Российского Университета (г. Могилев) с использованием приборов для измерения параметров магнитной индукции ИМП-1 и ИОН-3.

Обрабатываемый материал подается через воронку во внутреннюю коническую камеру омагничивания. Установленные снаружи по бокам камеры омагничивания кольцевые магниты благодаря своей конструкции и расположению создают магнитное поле переменной индукции. Поэтому проходящее зерно подвергается переменному действию магнитного поля от кольцевых магнитов, созданному в камере омагничивания. Благодаря тому, что кольцевые магниты с внутренней стороны, обращенной к камере омагничивания, образуют поверхности в форме конуса с расширением полости от внутреннего диаметра к наружному, появляется кумулятивный эффект действия векторных сил магнитной индукции. Кроме того, усиление степени магнитного воздействия обеспечивается в результате изменения скорости прохождения зерна из-за переменного размера проходного сечения камеры омагничивания. В итоге, разработанная конструкция устройства обеспечивает создание условий для эффективного воздействия магнитным полем переменной индукции.

Масса навески при проведении исследований составляла 40 г (озимая пшеница) и (50 г (озимый рапс, рожь), время омагничивания от 9 с (озимый рапс) до 30 с (озимая рожь), средняя производительность установки – 0,002–0,005 кг/с (озимый рапс – озимая пшеница и озимая рожь).

Эффективность действия магнитных полей на свойства зерна оценивалась (табл. 2) по изменению показателей:

- энергия прорастания – это процент проросших семян за определенный срок (3–4 суток); характеризует способность семян давать в полевых условиях дружные и ровные всходы, а значит, хорошую выровненность и выживаемость растений;
- всхожесть семян – это количество появившихся всходов, выраженное в процентах к количеству высеванных семян; лабораторная всхожесть определяется в лабораторных условиях.

Таблица 2. Показатели эффективности магнитного воздействия на семена различных культур

Варианты установки магнитов	Расстояние между магнитами, мм	Энергия прорастания (3-й день), %				Лабораторная всхожесть, %			
		Повторности				Повторности			
		1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее
Озимый рапс Витовт, влажность 9,1 %, опытное поле БГСХА									
А	0	99	97	100	98,7	99	97	100	98,7
	10	97	97	99	97,7	98	97	99	98,0
Б	0	100	98	100	99,3	100	98	100	99,3
	10	99	98	100	99,0	99	98	100	99,0
Контроль без омагничивания	Нет	95	97	100	97,3	95	97	100	97,3
Озимая пшеница Мроя, влажность 13,9 %, Учхоз БГСХА									
А	0	7	4	8	6,3	55	56	56	55,7
	10	3	8	7	6,0	66	67	63	65,3
Б	0	8	5	7	6,7	61	60	61	60,7
	10	5	13	16	11,3	64	62	64	63,3
Контроль без омагничивания	Нет	11	3	7	7,0	50	51	51	50,7
Озимая рожь Голубка, влажность 18,2 %, опытное поле БГСХА									
А	0	3	3	3	3,0	12	11	14	12,3
	10	3	3	3	3,0	14	27	17	19,3
Б	0	0	5	1	2,0	12	29	17	19,3
	10	1	3	3	2,3	10	22	25	19,0
Контроль без омагничивания	Нет	3	2	2	2,3	12	14	19	15,0

В опытах с семенами озимого рапса были получены высокие показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести, на фоне которых влияние омагничивания не проявлялось.

В контрольном варианте с зерном озимой пшеницы Мроя влажностью 13,9 % итоговый показатель лабораторной всхожести составил 50,7 %, а в результате омагничивания зерна озимой пшеницы по-

высился до 55,7–65,3 %. Более эффективными с увеличением лабораторной всхожести на 12,6–14,6 % оказались варианты с относительным размещением магнитов на расстоянии 10 мм.

Исследования действия магнитной индукции на зерна озимой ржи влажностью 18,2 % также по большинству вариантов показали увеличение лабораторной всхожести на 4,0–4,3 %, однако в целом значения энергии прорастания и всхожести были невысокими.

Была также проведена оценка длительного нахождения (5 дней) зерен свежееубранной озимой пшеницы слоем толщиной 10 мм сверху и снизу ферритового и неодимового магнитов (табл. 3).

Таблица 3. Показатели семян озимой пшеницы после 5-дневного омагничивания

Варианты опытов	Энергия прорастания (3 день)				Всхожесть, %			
	Повторности			Среднее	Повторности			Среднее
	1	2	3		1	2	3	
Контроль без магнитов	9	7	8	8,0	77	63	60	66,7
Ферритовый	7	14	5	8,7	35	34	30	33,0
Неодимовый	1	6	3	3,3	39	44	37	40,0

Данные опытов убедительно свидетельствуют об угнетающем влиянии длительного действия магнитной индукции, которое (от неодимового магнита) повлияло уже на энергию прорастания, в следствие чего она уменьшилась в 2,4 раза. Показатель всхожести омагниченных зерен уменьшился на 26,7–33,7 %, что определяет необходимость дозированного применения магнитной индукции и подтверждает известные исследования о подавляющем действии мощных магнитных полей.

Проявление угнетающего действия прослеживалось и на последующем развитии зерен яровой пшеницы при ее проращивании в стаканчиках, находящихся в исследуемом блоке магнитов под действием постоянной магнитной индукции в 12,15 мТл (рис. 3).



Рис. 3. Проявление угнетающего влияния магнитного поля при длительном (10 дней) воздействии на семена яровой пшеницы Омега (апрель–май 2021 г.)

Подобное длительное воздействие магнитного поля заметно тормозило рост и развитие проростков яровой пшеницы (табл. 4).

Таблица 4. Результаты длительного действия магнитной индукции на развитие растений яровой пшеницы Омега

Варианты опыта	Длина проростка, мм		Число корешков, штук		Длина корешка, мм	
	7 дней	10 дней	7 дней	10 дней	7 дней	10 дней
В магнитном поле	50	110	5	5	50	52
Без магнитного поля	65	130	4	4	55	57

В результате на 7–10-й день проращивания под действием магнитного поля образовалось на 1 корешок больше, но длина проростков и корешков отставала от контроля без применения магнитного поля на 9–23 %.

Заключение

Магнитные технологии имеют значительные перспективы использования в сельском хозяйстве благодаря их экологичности и незначительности инвестиций. Многочисленными исследованиями доказано влияние магнитных полей на зерна и растения. В технологическом плане представляет практический интерес и имеет перспективы применения омагничивания семян после уборки с целью повышения их посевных качеств.

Установлены возможности и режимы кратковременного проведения омагничивания зерен устройством из блока магнитов, которое сопровождается увеличением лабораторной всхожести. Длительное нахождение зерна в искусственном магнитном поле подавляюще действует на их свойства и последующее развитие растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубров, А. П. Геомагнитное поле и жизнь / А. П. Дубров. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 176 с.
2. Классен, В. И. Вода и магнит / В. И. Классен. – М.: Наука, 1973. – 112 с.
3. Новицкий, Ю. И. Параметрические и физиологические аспекты действия постоянного магнитного поля на растения: дис. ... доктора биол. наук / Ю. И. Новицкий. – М., 1985. – 339 с.
4. Богатина, Н. И. Возможные механизмы действия магнитного, гравитационного и электрического полей на биологические объекты, аналогии в их действии / Н. И. Богатина, В. М. Литвин, М. П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1986. – № 1. – С. 64–70.
5. Ткаченко, Ю. П. Магнитные технологии в сельском хозяйстве / Ю. П. Ткаченко. – М.: Цветмет. Информация, 1971. – 313 с.
6. Новицкий, Ю. И. Действие постоянного магнитного поля на растения.: [монография] / Ю. И. Новицкий, Г. В. Новицкая; ответственный редактор член-корреспондент РАН Вл. В. Кузнецов; Российская академия наук, Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева. – Москва: Наука, 2016. – 350.
7. Новицкий, Ю. И. Магнитные поля в жизни растений. Проблемы космической биологии / Ю. И. Новицкий // М.: Наука. – 1973. – Т. 18. – С. 164–178.
8. Новицкий, Ю. И. Реакция растений на магнитные поля / Ю. И. Новицкий – М.: Наука, 1978. – С. 119–130.
9. Травкин, М. П. Влияние магнитных полей на природные популяции / М. П. Травкин // Реакции биологических систем на магнитные поля. – 1978. – С. 178–198.
10. Копанев, В. И. Влияние гипогеомагнитного поля на биологические объекты / В. И. Копанев, А. В. Шакула. – Л.: Наука, 1985. – 73 с.
11. Шиян, Л. Т. Исследование экологической значимости геомагнитного поля (на примере растений) / Л. Т. Шиян // Научн. тр. Курского пед. ин-та. – 1978. – Т. 191. – С. 82–83.
12. Богатина, Н. И. Зависимость реакции биологических объектов на магнитные поля от их шумов (полей), возможное влияние на процессы эволюции / Н. И. Богатина, В. М. Литвин В. М., М. П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1987. – № 4. – С. 64–69.
13. Богатина, Н. И. Возможные механизмы действия магнитного, гравитационного и электрического полей на биологические объекты, аналогии в их действии / Н. И. Богатина, В. М. Литвин, М. П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1986. – № 1. – С. 64–70.
14. Азарова, Е. П. К механизму действия магнитного поля на семена / Е. П. Азарова, А. П. Салей // Пробл. интродукции и экологии Центр. Черноземья. – Воронеж, 1997. – С. 107–109.
15. Бобрышев, Ф. И. и др. Влияние магнитных полей на посевные качества семян и продуктивность зерновых культур / Ф. И. Бобрышев, В. М. Редькин, Г. П. Стародубцева, Ш. Ж. Габриелян // Сб. науч. тр.: Пути повышения урожайности с.-х. культур. Ставрополь: Ставропольская ГСХА, 1995. – С. 33–36.
16. Водопоглощение и поверхностные электрические потенциалы семян зерновых культур / Н. В. Ксенз [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 11. – С. 12–13.
17. Тюр, А. А. Предпосевное электрическое стимулирование семян / А. Ф. Тюр, А. И. Желтоухов // Техника в сельском хозяйстве. – 1985. – №2. – С. 18.
18. Водопоглощение и поверхностные электрические потенциалы семян зерновых культур / Н. В. Ксенз [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 11. – С. 12–13.
19. Атанов, И. В. Аппарат магнитной обработки семенного материала для высевующих с.-х. машин / И. В. Атанов, И. П. Кузьменко // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: сб. науч. тр. – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2006. – С. 55–57.
20. Хайновский, В. И. Предпосевная стимуляция семян сои импульсным электрическим / В. И. Хайновский, Г. П. Стародубцева, Е. И. Рубцова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 10. – С. 17–18.
21. Влияние магнитных полей на посевные качества семян и продуктивность зерновых культур / Ф. И. Бобрышев [и др.] // Сб. науч. тр.: Пути повышения урожайности с.-х. культур. Ставрополь: Ставропольская ГСХА, 1995. – С. 33–36.
22. Использование физических факторов в сельском хозяйстве / Е. И. Рубцова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т.29. – №9. – С. 84–86.
23. Влияние воздействия разных видов излучений на зерновой материал / Л. С. Шибряева [и др.]. – Алматы: Москва, 2015. – 118 с.
24. Жалнин, Э. В. Низкочастотное электромагнитное облучение зерна в зерноуборочном комбайне / Э. В. Жалнин, Л. С. Шибряева, Ж. С. Садыков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. №2. – С. 16–21.