

## ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ С РАЗЛИЧНОЙ ФОРМОЙ СИГНАЛА НА МОРФОМЕТРИЮ И ОНТОГЕНЕЗ КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ (*ZEA MAYS L.*)

© 2023

Корниенко В.О.<sup>1</sup>, Яицкий А.С.<sup>2</sup>, Авдеева К.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация)

<sup>2</sup>Самарский государственный социально-педагогический университет (г. Самара, Российская Федерация)

*Аннотация.* В работе рассмотрены вопросы факториальной экологии, касающиеся механизмов влияния физических факторов, в частности переменного магнитного поля с различными характеристиками, на растительные объекты. Результаты проведенного исследования показали, что полученные биологические эффекты на семенах кукурузы сахарной (*Zea mays L.*) в большей мере зависят от формы подаваемого сигнала. Предполагается, что физиологические отклики связаны с изменением pH, высвобождением белков, а также с барьерной функцией мембран семян растений. Полученные схемы обработки кукурузы сахарной переменным магнитным полем, с учетом онтогенеза и морфометрии, рекомендуется далее использовать в полевых условиях в качестве метода предпосевной обработки сельскохозяйственной культуры:  $B = 1$  мТл,  $f = 20$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала синусоида;  $B = 1$  мТл,  $f = 50$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала синусоида;  $B = 1$  мТл,  $f = 30$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала меандр;  $B = 1$  мТл,  $f = 50$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала меандр;  $B = 1$  мТл,  $f = 20$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала меандр.

*Ключевые слова:* кукуруза сахарная; *Zea mays L.*; предпосевная обработка; переменное магнитное поле; магнитная индукция; онтогенез; морфометрия.

## THE INFLUENCE OF AN ALTERNATING MAGNETIC FIELD WITH A DIFFERENT SIGNAL SHAPE ON THE MORPHOMETRY AND ONTOGENESIS OF *ZEA MAYS L.*

© 2023

Kornienko V.O.<sup>1</sup>, Yaitsky A.S.<sup>2</sup>, Avdeeva K.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation)

<sup>2</sup>Samara State University of Social Sciences and Education (Samara, Russian Federation)

*Abstract.* The paper considers the issues of factorial ecology concerning the mechanisms of influence of physical factors, in particular, an alternating magnetic field with different characteristics, on plant objects. The obtained biological effects on *Zea mays L.* seeds depend to a greater extent on the shape of the applied signal. It is assumed that physiological responses are associated with a change in pH, the release of proteins, and also with the barrier function of plant seed membranes. The obtained schemes for processing sugar corn with an alternating magnetic field, taking into account ontogenesis and morphometry, are further recommended to be used in the field as a method of pre-sowing treatment of agricultural crops:  $B = 1$  mT,  $f = 20$  Hz,  $t = 60$  min, sinusoid signal type;  $B = 1$  mT,  $f = 50$  Hz,  $t = 60$  min, sinusoid signal type;  $B = 1$  mT,  $f = 30$  Hz,  $t = 60$  min, meander signal type;  $B = 1$  mT,  $f = 50$  Hz,  $t = 60$  min, meander signal type;  $B = 1$  mT,  $f = 20$  Hz,  $t = 60$  min, meander signal type.

*Keywords:* maize; *Zea mays L.*; pre-sowing treatment; alternating magnetic field; magnetic induction; ontogenesis; morphometry.

### Введение

Изучение влияния физических факторов на растительные организмы является актуальной задачей как с точки зрения факториальной экологии, экологической биофизики, так и сельского хозяйства. С одной стороны, весьма важным является поиск механизмов действия фактора, а с другой – при этом поиске выделить экологически безопасные схемы обработки с целью повышения качества семенного материала и увеличения урожая. Так, были использованы способы предпосевной обработки физическими факторами семян растений, имевшие различные биологические эффекты [1–4]. При облучении биологических структур бобовых растений [1] полифакторным воздействием импульсного инфракрасного лазерного излучения, пульсирующего широкополосного инфракрасного излучения, красного излучения и постоянного магнитного поля с частотой повторения импульсов 1000 Гц и экспозицией 18–20 мин. на рас-

стоянии 1–1,5 см от объекта, получены некоторые стимулирующие ростовые эффекты. При обработке семян одно- или двудольных растений низкочастотным ( $f = 1–6$  Гц;  $B = 25$  мТл;  $t = 1–48$  часов) переменным магнитным полем низкой интенсивности добились стабильного повышения митотической активности меристем клеток [2]. Выявлен положительный эффект (12–37%) в зависимости от вида растений при воздействии постоянного магнитного поля ( $H = 25$  эрстед,  $t = 3$  суток), создаваемого катушками Гельмгольца [3]. Наиболее часто в литературе можно встретить информацию по биологическим эффектам сочетанного действия электромагнитного и переменного магнитного поля. Так, известно [4], что при комбинированном их воздействии на семена кукурузы сорта «Радуга» и «Волгоградская» (для ЭМП –  $f = 129$  ГГц,  $t = 30$  мин.; для ПеМП –  $B = 25$  мТл и  $f = 2$  Гц,  $t = 60$  мин.) выявлены как морфометрические, так и онтогенетические стимулирующие эффек-

ты (5 и 10% соответственно). Из приведенного небольшого обзора понятно, что биологические эффекты очень видоспецифичны, требуют точной методологии и зависят от параметров оборудования, что и определяет направление наших исследований [5–7].

Целью настоящей работы было исследование влияния переменного магнитного поля с различной формой сигнала на морфометрические показатели и онтогенез семян кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) «Пролетарская» (элита).

**Задачи:**

1. Оценить влияние переменного магнитного поля с частотой 10–50 Гц и различной формой сигнала (треугольная, синусоида и меандр) на начальные стадии онтогенеза кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) «Пролетарская» (элита).

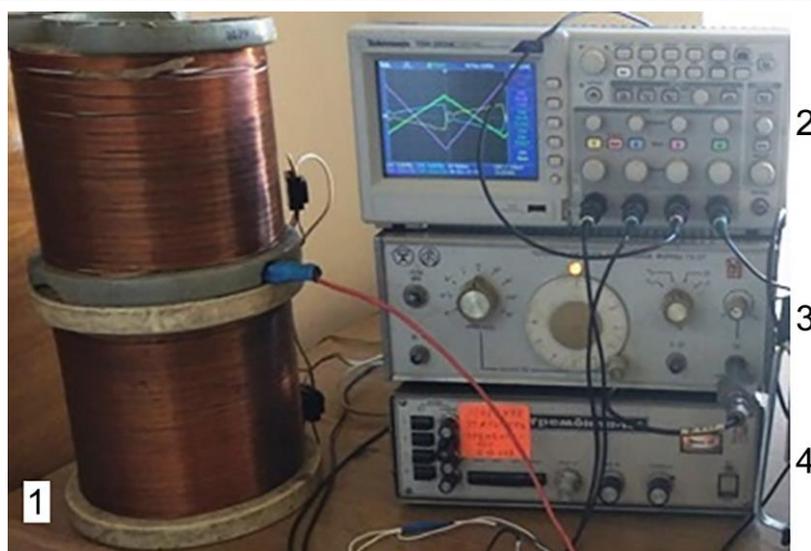
2. Оценить влияние переменного магнитного поля с частотой 10–50 Гц и различной формой сигнала (треугольная, синусоида и меандр) на морфометрию надземной части и корневой системы кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) «Пролетарская» (элита).

3. Выявить экологически безопасные параметры экспериментальной магнитной установки в качестве предпосевных схем обработки.

**Материалы и методы**

Объект исследования – семена кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) «Пролетарская» (элита).

Семена кукурузы сахарной помещали в диэлектрический контейнер и располагали в межполюсном пространстве катушек (рис. 1). Экспозиция в переменном магнитном поле семян кукурузы сахарной составляла 60 минут. Семена помещали в контейнер только в сухом состоянии для того, чтобы после обработки они могли транспортироваться как в условиях лаборатории с возможностью длительного хранения, так и к месту использования на сельскохозяйственных угодьях при посадочных работах. Необходимые параметры переменного магнитного поля (амплитуда, частота и тип необходимого сигнала (рис. 2) задавались на генераторе сигналов специальной формы Гб 28, с помощью источника тока с высоким выходным сопротивлением (ИТУН), работающего в ключевом режиме. Контроль выходных параметров на самих катушках осуществляли с помощью осциллографа. Обработка семян кукурузы сахарной происходила при постоянном значении магнитной индукции ПемП (1 мТл), в диапазоне частот от 10 до 50 Гц с шагом 10 Гц и различной формой сигнала (табл. 1).



**Рисунок 1** – Внешний вид устройства по обработке семян кукурузы сахарной переменным магнитным полем. Обозначения: 1 – две катушки; 2 – осциллограф; 3 – генератор сигналов специальной формы Гб 28; 4 – источник тока с высоким выходным сопротивлением (ИТУН), работающий в ключевом режиме



**Рисунок 2** – Форма сигнала, используемая в экспериментальной установке по обработке семян кукурузы сахарной переменным магнитным полем (фото с осциллографа).

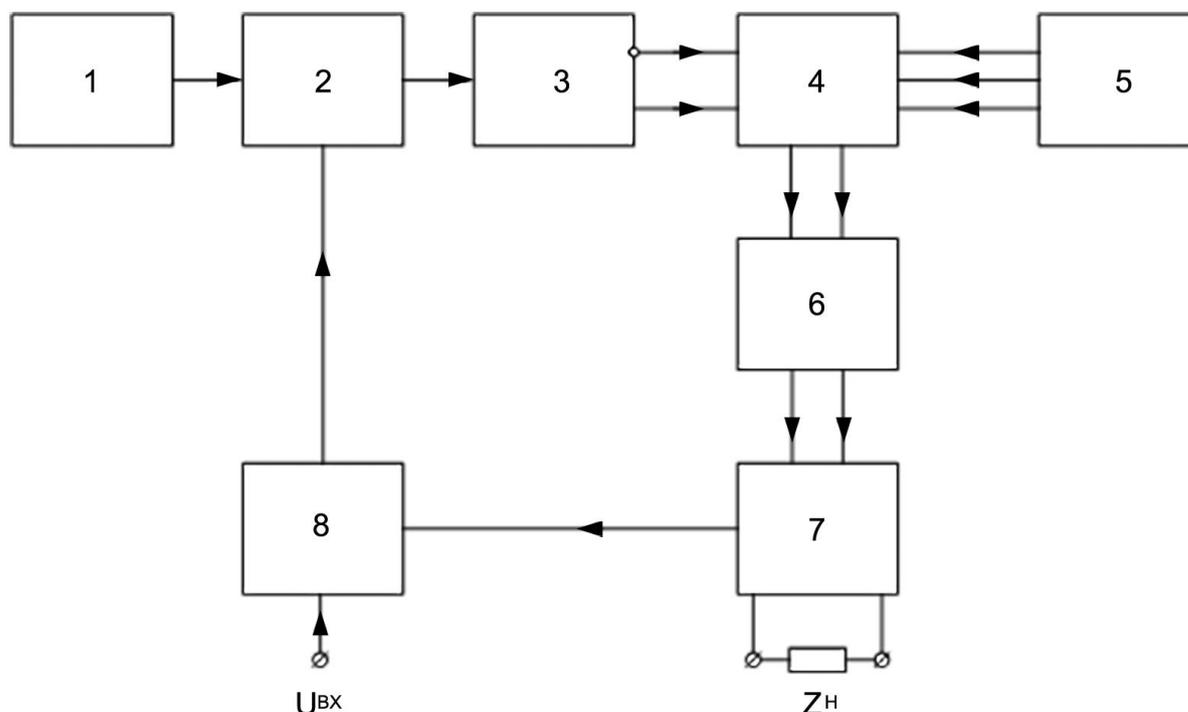
Примечания. А – синусоидальный ток, текущий через катушку;

Б – ток через катушку в устройстве меняется скачком (форма входного сигнала – меандр);

В – линейно изменяющийся ток через катушку (треугольная форма сигнала)

**Таблица 1** – Схема обработки семян кукурузы сахарной

Название группы	Описание группы
К	Контрольная группа растений без влияния физических факторов
Облучение ПеМП с типом сигнала синусоида	
1	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 10$ Гц)
2	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 20$ Гц)
3	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 30$ Гц)
4	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 40$ Гц)
5	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 50$ Гц)
Облучение ПеМП с типом сигнала меандр	
6	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 10$ Гц)
7	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 20$ Гц)
8	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 30$ Гц)
9	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 40$ Гц)
10	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 50$ Гц)
Облучение ПеМП с треугольным типом сигнала	
11	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 10$ Гц)
12	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 20$ Гц)
13	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 30$ Гц)
14	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 40$ Гц)
15	ПеМП ( $B = 1$ мТл; $f = 50$ Гц)



**Рисунок 3** – Блок-схема устройства источника тока управляемого напряжением.

Обозначения: 1 – формирователь треугольного напряжения; 2 – вход компаратора; 3 – вход формирователя сигналов управления (ФСУ); 4 – затворы мощных полевых транзисторов выходного каскада; 5 – блок питания; 6 – выходной LC фильтр; 7 – датчик, который формирует на выходе сигнал, пропорциональный току, текущему через нагрузку  $Z_n$ ; 8 – регулирующий усилитель

Функциональную способность магнитной установки обеспечивает разработанный, собранный и испытанный рабочий макет источника тока с высоким выходным сопротивлением (ИТУН), работающий в ключевом режиме. Устройством представляет собой классический широтно-импульсный модулятор (ШИМ) с ключевым усилителем мощности, выполненным по мостовой схеме и охваченным обратной связью по току нагрузки. Выбор мостовой схемы выходного каскада обусловлен тем, что, по условиям эксперимента, ИТУН должен иметь возможность передавать в нагрузку (помимо переменного) и постоянный ток. Т.е. создавать в катушке постоянное подмагничивание. Проще всего это достигается использованием мостовой схемы включения выходных ключей. Блок-схема (рис. 3) иллюстрирует принцип работы устройства. Сигнал с формирователя треугольного напряжения 1 поступает на вход компаратора 2, где сравнивается с выходным сигналом регулирующего усилителя 8. В результате чего формируется прямоугольное напряжение переменной скважности. Частота этого сигнала определяется частотой формирователя треугольного напряжения ( $\approx 200$  кГц), а скважность (отношение периода повторения к ширине импульса напряжения на выходе компаратора) величиной выходного напряжения регулирующего усилителя 8. С выхода компаратора 2 ШИМ сигнал поступает на вход формирователя сигналов управления (ФСУ) выходными ключами 3, управляющего затворами мощных полевых транзисторов выходного каскада 4, собранного по мостовой схеме. ФСУ формирует 4 синхронизированных сигнала управления, обеспечивающих безаварийную работу мощных ключей.

С выходного каскада 4 мощные импульсы напряжения, модулированные по длительности полезным сигналом, поступают на выходной LC фильтр 6, выделяющий полезный сигнал и сглаживающий высокочастотные пульсации. Датчик 7 формирует на выходе сигнал, пропорциональный току, текущему через нагрузку  $Z_n$ . Этот сигнал, суммируясь на входе усилителя 8 с управляющим сигналом, замыкает цепь отрицательной обратной связи, позволяющей достаточно точно отслеживать ток, текущий через

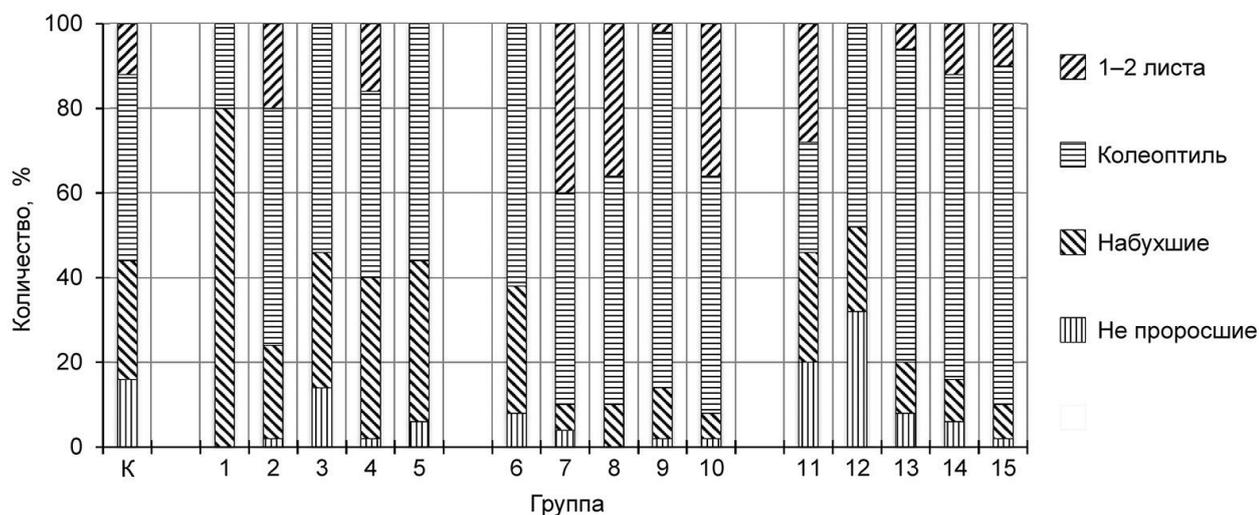
нагрузку, вне зависимости от её характера. Блок питания 5 обеспечивает питанием мощный выходной каскад и каскады схемы управления.

После обработки образцы помещались в ростовую камеру, при этом подложкой для семян служила влажная фильтровальная бумага. Полив осуществлялся только дистиллированной водой с целью исключения дополнительных факторов влияния. Контрольные партии семян находились вне поля при прочих равных условиях. Семена проращивали при температуре  $+20^\circ\text{C}$ . Энергию прорастания и всхожесть семян определяли в сроки, указанные в ГОСТ 12038-84 [8]. После завершения эксперимента оценивали онтогенез растений, а также морфометрию надземной части и корневой системы как среднюю длину стебля и главного корня в каждой из выборок ( $L_{cp}$ ). Для удобства сравнения результаты, полученные в опытных выборках, относили к контрольным:  $Длина = L_{cp. \text{ опыт}} / L_{cp. \text{ контроль}}$ . Все полученные результаты обрабатывались методами вариационной статистики с использованием пакета компьютерных программ «Statistica».

#### Результаты и обсуждение

*Влияние переменного магнитного поля с частотой 10–50 Гц и различной формой сигнала (синусоида, меандр и треугольная) на начальные стадии онтогенеза кукурузы сахарной «Пролетарская» (элита)*

В ходе исследований установили, что на протяжении фаз онтогенеза переменное магнитное поле повлияло положительно для большинства экспериментальных групп растений, а сам биологический эффект имел частотную зависимость (рис. 4). При действии переменного магнитного поля с типом сигнала синусоида (группы № 1–5) и частотой магнитного поля 20 Гц для растений отмечен стимулирующий эффект как на стадии coleoptily, так и в фазе роста 1–2 листа. Общее значение составляет  $+20\%$  в развитии. На частотах 30, 40 и 50 Гц получен нейтральный эффект. При частоте поля 10 Гц зафиксировано ингибирующее влияние действующего физического фактора.



**Рисунок 4** – Онтогенетические изменения проростков кукурузы сахарной на 8 сутки эксперимента в зависимости от схемы обработки (см. табл. 1)

Стимулирующее действие переменного магнитного поля с типом сигнала меандр зафиксировано для всех экспериментальных групп (№ 6–10 на рисунке) с частотой от 10 до 50 Гц. Для 10 Гц это значение невысоко и составляет всего 6%, однако от 20 до 50 Гц показатели составляли 30–36%.

Треугольный тип сигнала, воздействующий на семена, дал несколько лучшие показатели в развитии растений по прохождению фаз онтогенеза (группы № 11–15). Так, при частотах от 30 до 50 Гц отмечено развитие выборки на 24–34% соответственно, по сравнению с контролем. Небольшое ингибирующее влияние в 8% можно отметить только при частоте 20 Гц.

*Влияние переменного магнитного поля с частотой 10–50 Гц и различной формой сигнала (синусоида, меандр и треугольная) на морфометрию кукурузы сахарной «Пролетарская» (элита)*

Оценивая морфометрию надземной части растений и корневой системы по сравнению с контрольной группой, можно отметить, что положительным эффектом обладали лишь некоторые параметры, выбранные для обработки семян растений (рис. 5). Так, при использовании формы сигнала синусоида и частоте 20, 40 и 50 Гц получили стимулирующие значения длины стебля на 27%, 6% и 15% соответственно. Развитие корневой системы отметили только на частотах 20 (+55%) и 50 (+25%) Гц. Нейтральный эффект зарегистрирован при параметрах установки  $B = 1$  мТл,  $f = 10$  Гц, тип сигнала синусоида, а вот достоверный ингибирующий эффект выявлен при значениях магнитной индукции 1 мТл и частоте переменного магнитного поля 30 Гц (надземная часть – 26%, корневая система – 11%).

Когда в устройстве по обработке семян растений, на примере кукурузы сахарной, ток через катушку изменялся скачком (т.е. форма входного сигнала – меандр), семена испытывали повышенное воздействие на частотах 10 и 40 Гц (имеется в виду частотное изменение сигнала от минимума до максимума во времени), которое отразилось на корневой системе растений. Был получен только нейтральный и ингибирующий эффект при оценке состояния корневой системы.

Наиболее острый биологический отклик на воздействие физического фактора в виде переменного

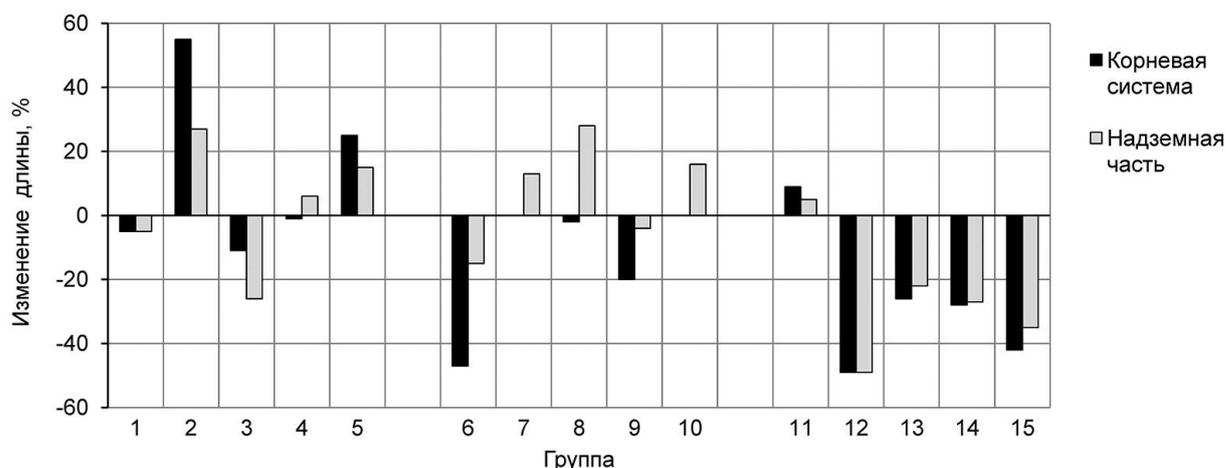
магнитного поля частотой 20–50 Гц, был установлен при включении треугольного типа сигнала (рис. 2: В, рис. 5: группы № 12–15). Влияние таких параметров ПемП отразилось как на надземной части растений (достоверное снижение ростового показателя на 22–49%), так и на развитии корневой системы (достоверное снижение длины главного корня на 26–49%).

Полученные результаты могут быть объяснены следующими позициями:

- биологические эффекты в большей степени зависят не от частоты ПемП, а от формы сигнала, которая изменяет силу воздействия на клетки даже при одних и тех же значениях  $t$ ,  $B$  и  $f$ ;

- известно, что магнитное поле влияет на митотическую активность апикальных корневых и стеблевых меристем однодольных и двудольных растений. При частотах 1–30 Гц для 56 различных линий (сортов) основных сельскохозяйственных культур получены результаты стимулирующего действия переменного магнитного поля [9]. Уровень стимулирующего эффекта в некоторых сериях экспериментов превышает 50%. Для кукурузы Пурпурный тестер скороспелый стимулирующий эффект составлял около 20% [9]. Для наших исследований в этом диапазоне также выявлено стимулирующее действие поля, однако биологические эффекты достоверно зависят от типа воздействующего сигнала. Поэтому можно предположить, что в нашем случае митотическая активность апикальных корневых и стеблевых меристем для кукурузы сахарной «Пролетарская» (элита) была различной и связана как раз с формой воздействующего поля;

- чувствительность семян к низкочастотному магнитному полю связана с изменением рН и высвобождением белков, которые ускоряют выход семян из состояния покоя (ускорение прохождения стадий онтогенеза, по сравнению с контролем) и влияют на восстановление барьерной функции мембран [10]. Мы считаем, что процент высвобождения белка и способность к восстановлению мембраны носит частотный характер, а также зависит от формы подаваемого сигнала на биологический объект. Для подтверждения этого механизма требуются дальнейшие исследования, что и является целью проекта.



**Рисунок 5** – Изменения длины (%) надземной части (проростков) и корневой системы (главного корня) кукурузы сахарной по сравнению с контрольной группой на 8-е сутки эксперимента в зависимости от схемы обработки (см. табл. 1)

*Экологически безопасные параметры магнитной установки в качестве предпосевных схем обработки*

Таким образом, некоторые полученные схемы обработки семян кукурузы сахарной переменным магнитным полем, с учетом онтогенеза и морфометрии, возможно далее использовать в полевых условиях в качестве метода предпосевной обработки сельскохозяйственной культуры:

1. Магнитная индукция 1 мТл, частота сигнала 20 Гц, тип сигнала синусоида – развитие организма по фазам онтогенеза +20%, развитие морфометрии надземной части +27%, развитие корневой системы +55%.

2. Магнитная индукция 1 мТл, частота сигнала 50 Гц, тип сигнала синусоида – развитие организма по фазам онтогенеза имело нейтральный характер, однако развитие морфометрии надземной части +15%, развитие корневой системы +25%.

3. Магнитная индукция 1 мТл, частота сигнала 20 Гц, тип сигнала меандр – развитие организма по фазам онтогенеза +34%, развитие морфометрии надземной части +13%, развитие корневой системы имело нейтральный характер.

4. Магнитная индукция 1 мТл, частота сигнала 30 Гц, тип сигнала меандр – развитие организма по фазам онтогенеза +34%, развитие морфометрии надземной части +28%, развитие корневой системы имело нейтральный характер.

5. Магнитная индукция 1 мТл, частота сигнала 50 Гц, тип сигнала меандр – развитие организма по фазам онтогенеза +36%, развитие морфометрии надземной части +16%, развитие корневой системы имело нейтральный характер.

Данные схемы планируется использовать в дальнейших исследованиях, с целью оценки урожайности культуры в условиях Донбасса, в зависимости от схемы обработки, что поспособствует развитию агропромышленного сектора и продовольственной безопасности ДНР.

**Выводы**

1. Влияние переменного магнитного поля с типом сигнала синусоида и параметрами поля  $V = 1$  мТл,  $f = 20$  Гц,  $t = 60$  мин. для растений имело стимулирующее действие при прохождении фаз онтогенеза на +20%. На частотах 30, 40 и 50 Гц получен нейтральный эффект. При частоте поля 10 Гц зафиксировано ингибирующее влияние (–36%) действующего физического фактора. Биологический эффект влияния треугольного типа сигнала имел частотную зависимость. При частотах от 30 до 50 Гц отмечено стимулирующее развитие выборки на 24–34% соответственно. Небольшое ингибирующее влияние в 8% можно отметить только при частоте 20 Гц. Стимулирующее действие переменного магнитного поля с типом сигнала меандр зафиксировано для всех экспериментальных групп с частотой от 10 до 50 Гц (6–36%).

2. Для экспериментальных групп с типом сигнала синусоида при параметрах поля  $f = 20$  и 50 Гц характерно увеличение длины стебля (+15...+27%) и корневой системы растений (+27...+55%). Достоверный ингибирующий эффект отмечали в группе с частотой

обработки семян 30 Гц. При нахождении семян в магнитном поле с треугольным типом сигнала для всех групп при проращивании зафиксирован значительный ингибирующий эффект (–22...–49%). Для выборки с обработкой семян сигналом формы меандр зафиксировано стимулирующее действие при частотах 20, 30 и 50 Гц на надземную часть, а для корневой системы эффект был нейтральным. Значительное ингибирующее действие фактора отмечено только при частоте 10 Гц.

**Рекомендации**

Полученные схемы обработки кукурузы сахарной переменным магнитным полем, с учетом онтогенеза и морфометрии, рекомендуется далее использовать в полевых условиях в качестве метода предпосевной обработки сельскохозяйственной культуры:

–  $V = 1$  мТл,  $f = 20$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала синусоида;

–  $V = 1$  мТл,  $f = 50$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала синусоида;

–  $V = 1$  мТл,  $f = 30$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала меандр;

–  $V = 1$  мТл,  $f = 50$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала меандр;

–  $V = 1$  мТл,  $f = 20$  Гц,  $t = 60$  мин., тип сигнала меандр.

**Список литературы:**

1. Бекузарева С.А., Беляева В.А., Хетагурова Л.Г. Патент № 2377752 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Способ предпосевной обработки семян бобовых трав: заявл. 11.03.2008: опубл. 10.01.2010 / патентообладатель Институт биомедицинских исследований Владикавказского научного центра Российской Академии наук и Правительства Республики Северная Осетия – Алания.

2. Беляченко Ю.А., Тырнов В.С., Усанов А.Д., Усанов Д.А. Патент № 2332841 Российская Федерация, МПК А01С 1/00; А01Н 1/06. Способ стимуляции митотической активности клеток растений: заявл. 25.04.2007: опубл. 10.09.2008 / патентообладатель Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского.

3. Ишков А.П. Патент № 913993 Российская Федерация, МПК А01С 77/04, А01G 1/00. Устройство и способ предпосевной магнитной обработки семян: заявл. 17.03.2017: опубл. 25.06.2018.

4. Усанов Д.А., Усанов А.Д., Постельга А.Э., Рытик А.П., Пархоменко А.С. Патент № 2652185 Российская Федерация, МПК А01С 1/00 (2006.01). Способ предпосевной обработки семян: заявл. 19.10.2016: опубл. 25.04.2018 / патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

5. Корниенко В.О., Котюк П.Ф., Яицкий А.С. Влияние переменного магнитного поля (1–14 мТл) на рост и развитие кукурузы сахарной // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 11. С. 17–23. DOI: 10.37882/2223-2966.2021.11.12.

6. Корниенко В.О., Котюк П.Ф., Яицкий А.С. Влияние переменного магнитного поля с различным временем экспозиции на рост и развитие кукурузы сахарной

(*Zea mays L.*) // Естественные и технические науки. 2021. № 11 (162). С. 57–61. DOI: 10.25633/etn.2021.11.02.

7. Корниенко В.О., Котюк П.Ф., Яицкий А.С. Влияние сочетанного действия переменного магнитного поля и низкочастотной вибрации на рост и развитие кукурузы сахарной (*Zea mays L.*) // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 9. С. 15–21.

8. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа: сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 47 с.

9. Беляченко Ю.А. Пролиферация клеток растений при воздействии низкочастотного магнитного поля: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2009. 19 с.

10. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Воздействие электромагнитных полей на биохимические процессы в семенах растений // Известия вузов. Пищевая технология. 2002. № 1. С. 21–23.

*Исследование проводилось по теме государственного задания (№ госрегистрации НИОКТР 1023031300005-4-1.6.7).*

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p><b>Корниенко Владимир Олегович</b>, кандидат биологических наук, заведующий научно-исследовательской частью, доцент кафедры биофизики; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация). E-mail: kornienkovo@mail.ru.</p>	<p><b>Kornienko Vladimir Olegovich</b>, candidate of biological sciences, head of Research Department, associate professor of Biophysics Department; Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation). E-mail: kornienkovo@mail.ru.</p>
<p><b>Яицкий Андрей Степанович</b>, старший преподаватель кафедры биологии, экологии и методики обучения; Самарский государственный социально-педагогический университет (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: yaitsky@sgspu.ru.</p>	<p><b>Yaitsky Andrey Stepanovich</b>, senior lecturer of Biology, Ecology and Methods of Teaching Department; Samara State University of Social Sciences and Education (Samara, Russian Federation). E-mail: yaitsky@sgspu.ru.</p>
<p><b>Авдеева Ксения Александровна</b>, младший научный сотрудник научно-исследовательской части; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация). E-mail: kseniaavdeeva13@gmail.com.</p>	<p><b>Avdeeva Kseniya Aleksandrovna</b>, junior researcher of Research Department; Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation). E-mail: kseniaavdeeva13@gmail.com.</p>

**Для цитирования:**

Корниенко В.О., Яицкий А.С., Авдеева К.А. Влияние переменного магнитного поля с различной формой сигнала на морфометрию и онтогенез кукурузы сахарной (*Zea mays L.*) // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 4. С. 51–57. DOI: 10.55355/snv2023124107.