

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Головин Максим Сергеевич,

студент 1 курса,
факультет механизации сельского хозяйства, направление «Эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов»;

Самохина Анна Александровна,

студентка 1 курса,
факультет механизации сельского хозяйства, направления «Эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов»;

Ломакин Александр Сергеевич,

студент 2 курса,
электроэнергетический факультет,
направление «Электроэнергетика и электротехника»;

Гегер Никита Юрьевич,

студент 1 курса,
факультета механизации сельского хозяйства,
направление «Агроинженерия»;

Ливинский Сергей Аликович,

аспирант кафедры физики,
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь

Руководители: **Стародубцева Г.П.,**

доктор с.-х. наук, профессор кафедры физики,

Любая С.И. кандидат с.-х. наук, доцент кафедры физики

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация. С целью повышения посевных качеств семян сельскохозяйственных культур и подавления патогенной микрофлоры для получения экологически чистой продукции используют импульсное электрическое поле. Разработанное устройство представляет собой замкну-

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

тую систему по обратной связи, в зоне обработки семян, позволяющее регулировать амплитуду, длительность, частоту следования импульсов при изменении влажности, степени травмированности, размеров семян, поддерживая необходимую дозу обработки.

Ключевые слова: семена озимой пшеницы, установка, импульсное электрическое поле (ИЭП), напряженность ИЭП, доза воздействия, длительность импульса и частота следования импульсов ИЭП, влажность, степень травмированности, энергия прорастания, всхожесть семян, масса проростков, патогенная микрофлора семян.

Улучшение посевных качеств семян - агротехнический прием, обеспечивающий получение более высокой урожайности сельскохозяйственных культур. С целью повышения посевных качеств семян: энергии прорастания, лабораторной и полевой всхожести, силы роста, подавления патогенной микрофлоры используют предпосевную обработку семян импульсным электрическим полем (ИЭП).

Наложение электрического поля на живую клетку, обладающую биопотенциалом, приводит к его изменению и, как следствие, к усилению биохимических превращений, ферментативной деятельности и более быстрому прорастанию семян. Семя начинает прорастать при определенной влажности, а многие исследователи доказывают, что семена, обработанные в рациональном режиме, отличаются усиленным водопоглощением, что приводит к более дружному и интенсивному прорастанию семян.

Цель исследования: изучить зависимость посевных качеств семян озимой пшеницы от параметров ИЭП, влажности и степени их травмированности.

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эффективность обработки зависит от дозы воздействия ИЭП, которая определяется параметрами ИЭП. При изменении влажности, крупности, степени травмированности семян, каждый раз подбирается режим обработки и выставляется оператором вручную.

Аспирантом Ливинским С. разработан преобразователь напряжения для установки по предпосевной обработки семян. Преобразователь имеет замкнутую систему управления. Блок схема преобразователя (рис. 1) включает предварительный стабилизатор напряжения СТ переменного тока, после которого включается источник высокого напряжения ИВН, нагруженный на инвертор напряжения ИН. Нагрузкой ИН является рабочая камера, где происходит обработка семян, к которой инвертор подключен через датчик тока ДТ. Напряжение в рабочей камере измеряется датчиком напряжения ДН. Датчики тока и напряжения подключены к блоку управления БУ, который управляет работой преобразователя.

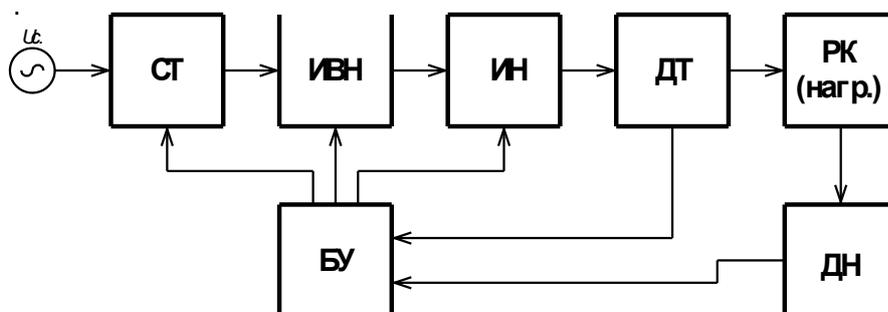


Рисунок 1 - Структурная схема преобразователя

Стабилизатор, осуществляет плавное, бесступенчатое регулирование и стабилизацию выходного напряжения, в пределах задаваемых блоком управления БУ.

С выхода стабилизатора, напряжение переменного тока поступает на источник высокого напряжения ИВН, где оно преобразуется в напряжение постоянного тока с амплитудой воздействия. Значение ве-

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

личины напряжения для источника высокого напряжения ИВН задается блоком управления БУ. Источник ИВН – это источник с импульсным преобразованием напряжения. Выход источника ИВН нагружен на инвертор напряжения ИН.

Инвертор напряжения ИН формирует высоковольтные импульсы из поступающего на вход постоянного напряжения от источника ИВН. Блок управления БУ даёт команду на включение инвертору ИН на время длительности каждого импульса.

Сформированный таким образом, высоковольтный импульс для обработки через датчик тока ДТ, поступает на электроды рабочей камеры РК (рис. 2).

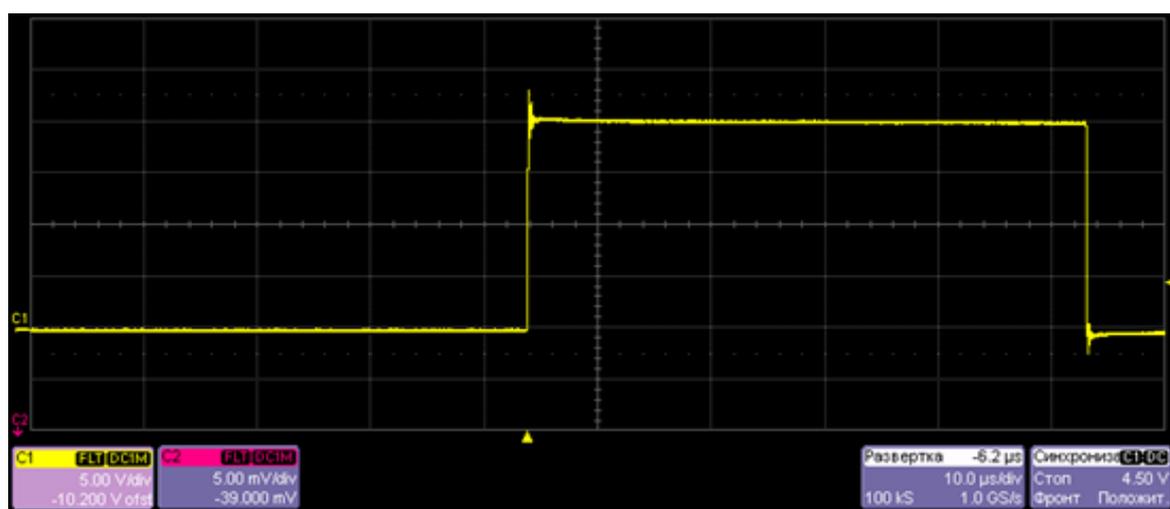


Рисунок 2 – **Осциллограмма импульса напряжения на электродах рабочей камеры**

Информацию о процессах, протекающих во время обработки в рабочей камере РК блок управления БУ, получает от датчиков. О потребляемом электродами рабочей камеры РК токе – от датчика тока ДТ, о значении приложенного к электродам рабочей камеры РК напряжения – от датчика напряжения ДН. Полученные данные, позволяют блоку управления БУ рассчитать необходимую и одинаковую величину энергии, передаваемую нагрузке вне зависимости от изменений.

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для этого блок управления БУ корректирует такие параметры воздействия как, величину импульса напряжения, его длительность, и частоту следования импульсов. Значение величины импульса напряжения передается блоком управления БУ в источник высокого напряжения ИВН. Параметры импульсов по длительности и частоте блок управления БУ обеспечивает при помощи инвертора ИН.

Методика обработки семян и определения их посевных качеств

Сущность предпосевной обработки семян ИЭП заключается в том, что семенной материал помещается в рабочую камеру – активатор, в котором, в зависимости от величины приложенного к электродам напряжения и толщины слоя семян создаётся напряжённость ИЭП. Напряжённость поля в слое семян находится путём деления приложенного к электродам напряжения на расстояние между электродами – толщину слоя семян, так как с целью устранения падения напряжения на воздушной прослойке, активатор полностью заполняется семенами [3].

Энергию прорастания и всхожесть определяли по ГОСТ 12038 – 84, влажность по международному стандарту ГОСТ 13586.5 – 2015.

Семена проращивались в чашках Петри на фильтровальном ложе, в четырёхкратной повторности, по 50 семян в каждом повторении (рис.



3).

Рисунок 3 - **Опыт по определению посевных качеств семян озимой пшеницы**

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований по влиянию ИЭП на посевные качества семян

Эффективность предпосевной обработки семян зависит от параметров ИЭП:

- напряжённости ИЭП в слое семян;
- длительности импульса;
- частоты следования импульсов;
- времени воздействия ИЭП на семена.

При определении зависимости посевных качеств семян от напряженности ИЭП в слое обработка семян озимой пшеницы сорта Трио проводилась при напряженностях ИЭП в слое семян от $2,5$ до 15×10^3 В/м с шагом $2,5 \times 10^3$ В/м. Длительность импульса 40 мкс, частота следования импульсов 600 Гц, время обработки 4 секунды. Результаты опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость посевных качеств семян озимой пшеницы сорта Трио от напряженности ИЭП в слое семян

Напря- же-ние, В	Напряжен- ность в слое семян В/м (10^3)	Энергия прорас- тания		Всхожесть		Масса проростков	
		%	% по от- ношению к контро- лю	%	% по от- ношению к контро- лю	кг* 10^{-5}	% по от- ношению к контро- лю
0	0	61,9	100,0	97,0	100,0	2,48	100,0
50	2,5	64,5	104,2	98,3	101,3	2,56	103,2
100	5,0	68,4	110,5	98,7	101,8	2,72	109,7
150	7,5	77,4	125,0	98,8	101,9	2,72	109,7
200	10,0	80,0	129,2	99,0	102,1	3,40	137,1
250	12,5	80,1	129,4	98,9	102,0	3,26	131,5
300	15,0	79,5	128,4	99,0	102,1	3,36	135,5

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Энергия прорастания семян озимой пшеницы на контроле составила 61,9%, у семян опытных вариантов при увеличении напряженности в слое семян от $2,5 \times 10^3$ В/м до 15×10^3 В/м, этот показатель по отношению к контролю вырос на 4,2; 10,5; 25,0; 29,2; 29,4; 28,4 %.

Максимальный показатель по всхожести оказался у семян, обработанных ИЭП, при напряженности поля в слое семян $10,0$; $12,5$; 15×10^3 В/м и по отношению к семенам контрольного варианта были выше на 2,1; 2,0; 2,1% соответственно. Масса проростков у семян этих вариантов была на 37,1; 31,5; 35,5 % выше, чем у семян контрольного варианта.

Анализ результатов опыта показал, что воздействие физического фактора при прорастании семян проявилось достоверно на начальных этапах прорастания.

Семена озимой пшеницы контрольного варианта обладали высокими посевными качествами, их всхожесть составила 97,0. Поэтому наряду с энергией прорастания и всхожестью определялась масса проростков каждого варианта во время подсчета всхожести, так как проростки даже по внешнему виду отличались, как с контролем, так и между опытными вариантами. Анализ этого эксперимента показал, что при длительности импульса 40 мкс, наиболее результативна обработка напряженности в слое семян от 10 до 15×10^3 В/м.

В соответствии с программой исследований был проведен опыт по изучению зависимости посевных качеств семян озимой пшеницы сорта Трио от предпосевной обработки ИЭП при напряженностях семян в слое 10 ; $12,5$; 15×10^3 В/м, от длительности импульса. Длительность импульса изменялась от 20 до 50 мкс, с шагом 10 мкс, при частоте сле-

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

дования импульсов 600 Гц. Результаты опыта представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Зависимость посевных качеств семян озимой пшеницы сорта Трио от длительности импульса ИЭП

Напря- же-ние, В	Напря- жен- ность в слое семян, В/м (10 ³)	Длитель- ность импуль- сов ИЭП, мкс	Энергия про- растания		Всхожесть		Масса пророст- ков	
			%	% по от- ношению к кон- тролю	%	% по от- ношению к контро- лю	кг* 10 ⁻⁵	% по от- ношению к контро- лю
0	0	-	62,4	100,0	96,8	100,0	2,80	100,0
200	10,0	20	78,8	126,3	97,9	101,1	3,38	119,0
		30	79,3	127,1	97,8	101,0	3,44	121,1
		40	82,0	131,4	98,0	101,2	3,50	123,2
		50	82,5	132,2	98,2	101,4	3,60	126,7
250	12,5	20	78,8	126,3	98,0	101,0	3,20	112,7
		30	79,3	127,1	98,1	101,3	3,24	114,1
		40	80,1	128,4	98,2	101,4	3,30	116,2
		50	81,1	130,0	98,9	102,2	3,32	116,9
300	15,0	20	79,9	128,0	98,2	101,4	3,36	118,3
		30	80,0	128,2	98,3	101,5	3,42	120,4
		40	82,5	132,2	99,0	102,3	3,40	119,7
		50	82,5	132,2	99,0	102,3	3,80	135,7

Анализ полученных результатов показал, что лучшие показатели посевных качеств семян озимой пшеницы при всех исследуемых напряженностях в слое семян 10,0, 12,5, 15×10³ В/м получены при длительности импульсов 40 и 50 мкс. В лучшем варианте (напряжение 300 В, длительность импульса 50 мкс) энергия прорастания на 32,2%;

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

всхожесть на 2,3%; масса проростков на 35,7% больше, чем на контроле. Существенной разницы в показателях посевных качеств при напряжениях 200, 250, 300 В на электродах не наблюдалось.

Доза воздействия ИЭП на семена в большей степени зависит от частоты следования импульсов, поэтому следующий опыт был проведен по изучению влияния частоты следования импульсов ИЭП на посевные качества семян озимой пшеницы сорта Трио. Семена обрабатывались при напряжении на электродах 300 В, напряженности в слое семян $12,5 \times 10^3$ В/м и длительности импульса 50 мкс. Затем семена закладывались на проращение через 3 суток после обработки ИЭП. Частоты следования импульсов составляли: 600; 800; 1000; 1200; 1400; 1600 Гц. Результаты опыта представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Зависимость посевных качеств семян озимой пшеницы сорта Трио от частоты следования импульсов ИЭП

Частота импульсов ИЭП, Гц	Энергия проращения		Всхожесть		Масса проростков	
	%	% по отношению к контролю	%	% по отношению к контролю	кг* 10^{-5}	% по отношению к контролю
0	62,3	100,0	96,2	100,0	2,80	100,0
600	69,1	114,9	97,3	101,9	3,12	111,4
800	72,3	116,1	97,3	101,0	3,32	118,2
1000	78,6	126,2	98,9	102,8	3,50	125,0
1200	81,1	130,2	99,0	102,9	3,70	132,1
1400	74,2	119,1	98,3	102,2	3,40	121,4
1600	72,6	116,5	98,3	102,2	3,36	120,0

Из данных представленных в таблице 3 видно, что энергия проращения семян озимой пшеницы сорта Трио возрастает при обработке

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

импульсным электрическим полем частотой от 600 до 1200 Гц. Энергия прорастания выше в опытных образцах, чем на контроле на 14,9; 16,1; 26,2; 30,2 %. При частотах 1400 и 1600 Гц энергия прорастания выше, чем на контроле на 19,1%; 16,5 % соответственно, что ниже, чем при обработке ИЭП частотой 1200 Гц. Семена, обработанные ИЭП частотами 1000; 1200; 1400; 1600 Гц имели всхожесть на 2,8; 2,9; 2,2; 2,2% соответственно, выше, чем на контроле. Такую же тенденцию имела и масса проростков семян озимой пшеницы. Лучший результат $3,70 \cdot 10^{-5}$ кг, что на 32,1% выше, чем на контроле, имели семена, обработанные ИЭП частотой 1200 Гц.

Одной из причин снижения посевных качеств семян может быть присутствие патогенной микрофлоры, наличие которой является одним из основных отрицательных факторов, влияющих и на прорастание семян, и на последующее развитие растений из них. Нами были проведены исследования по влиянию импульсного электрического поля в рациональном режиме на патогенную микрофлору семян озимой пшеницы.

Экспериментально определялись заселенность патогенной микрофлорой семян пшеницы грибами родов: *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Alternaria* sp. Подсчет колоний грибов, развивающихся на семенах озимой пшеницы, проводился после 7 суток проращивания. Количество колоний рассчитывалось на 100 зернах образца.

Опыт был проведен с семенами озимой пшеницы сортов Трио и Юкка. Результаты приведены в таблице 4.

В результате эксперимента установлено, что семена сорта Трио не значительно заселены микрофлорой (табл.4) обнаружены грибы родов *Rhizopus* – 21,0%, *Alternaria* – 10,0%.

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таблица 4.

Влияние ИЭП на патогенную микрофлору семян озимой пшеницы

Сорт	Вариант	Микофлора семян, %				
		Rhizopus	Alternaria	Penicillium	Fusarium	Aspergillus
Трио	Контроль	21,0	10,0	0,0	0,0	0,0
	Опыт	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0
Юкка	Контроль	35,0	18,0	20,0	27,0	0,0
	Опыт	10,0	4,0	2,0	1,0	0,0

В опытном варианте у семян озимой пшеницы сорта Трио обработанных ИЭП отмечено снижение заселённости грибами р. Rhizopus на 90,0%, р. Alternaria на 80,0%.

Семена контрольного варианта сорта Юкка были заселены грибами р. Rhizopus - 35,0%, р. Alternaria - 18,0%, р. Penicillium – 20,0%, р. Fusarium 27,0%.

После проведения обработки в рациональном режиме заселённость семян микрофлорой значительно изменилась в сторону снижения. Количество грибов р. Rhizopus снизилось на 71,5 % грибов р. Alternaria на 78,0%, грибов р. Penicillium на 90,0%, грибов р. Fusarium на 96,3%.

Следует отметить, что микрофлора зерна озимой пшеницы в процессе хранения в контрольном варианте продолжала развиваться. Интенсивность развития микроорганизмов на семенах опытного образца была значительно ниже. Через семь недель количество грибов рода Rhizopus на контроле увеличилось на 8%, а в опытном варианте только на 1% (Табл.5).

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таблица 5.

Влияние ИЭП на патогенную микрофлору семян озимой пшеницы сорта Юкка при хранении

Вариант	Микофлора семян, %				
	Rhizo- pus	Rhizo- pus	Rhizo- pus	Rhi- zopus	Rhi- zopus
Контроль	43,0	20,0	30,0	30,0	0,0
Опыт	11,0	4,0	2,0	1,0	0,0

С течением времени в опытном образце интенсивность развития грибов *Alternaria* не изменялась, в то время как на контроле их число выросло на 2,0%.

На контроле наиболее интенсивно происходило увеличение грибов р. *Penicillium*, их число увеличилось - с 20 до 30%. В то время, как в опытном образце этот показатель не изменился.

Таким образом, обработка семян озимой пшеницы сортов Трио и Юкка отрицательно повлияла на развитие патогенной микрофлоры, способствовала её снижению. При длительном хранении, после обработки, отмечено снижение интенсивности нарастания патогенных микроорганизмов.

С обработанными семенами был проведён опыт по изучению посевных качеств семян озимой пшеницы сорта Трио с различной влажностью. Контролем служили необработанные ИЭП семена.

Результаты опыта представлены в таблице 6, их анализ показывает, что семена, имеющие более высокую влажность, имели более высокие посевные качества. Повышение влажности у семян контрольного варианта на 0,5-2,5% привело к увеличению энергии прорастания на 3,7-7,6%; всхожести на 0,4-1,0%, массы проростков на 21,0% по отношению к семенам с исходной влажностью 10,0%. Во всех вариантах

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

у семян опытных вариантов энергия прорастания на 30,5% - 33,5% , всхожесть на 1,1% - 2,2% , масса проростков на 22,5 – 25,5% выше, чем у семян контрольных вариантов.

При уборке семян, перевозке, обработке в период хранения и перед посевом происходит их травмирование.

Травмированные семена имеют меньшую силу роста, худшую полевую всхожесть, а растения из них более низкую продуктивность, хотя такие показатели, как энергия прорастания лабораторная всхожесть могут быть высокими.

Таблица 6.

Зависимость посевных качеств семян озимой пшеницы сорта «ТРИО» от влажности

Влажность, %	Вариант	Энергия прорастания		Всхожесть		Масса проростков	
		%	% по отношению к контролю	%	% по отношению к контролю	кг* 10 ⁻⁵	% по отношению к контролю
10	Контроль	61,5	100,0	96,7	100,0	2,86	100,0
	Опыт	82,1	133,5	98,8	102,2	3,58	125,2
10,5	Контроль	65,2	100,0	97,1	100,0	3,36	100,0
	Опыт	86,3	132,4	99,1	102,1	4,20	125,0
11,5	Контроль	68,6	100,0	97,7	100,0	3,42	100,0
	Опыт	89,9	131,0	99,2	102,3	4,28	125,1
12,5	Контроль	69,0	100,0	97,8	100,0	3,46	100,0
	Опыт	90,1	130,2	98,9	101,1	4,24	122,5
13,5	Контроль	69,1	100,0	97,5	100,0	3,44	100,0
	Опыт	90,2	130,5	99,2	101,7	4,26	123,8

В январе 2017 года был проведён опыт с двумя партиями семян озимой пшеницы сортов Трио и Юкка, полученных из разных хозяйств.

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перед обработкой ИЭП в рациональном режиме семена проходили проверку на степень их травмированности, которая определялась методом окрашивания. Данные о степени их травмированности представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Степень травмированности семян озимой пшеницы сортов Трио и Юкка

Сорт	Количество абсолютно целых семян	Количество незначительно травмированных семян	Количество поврежденных семян	Количество невсхожих семян
Трио	54,0	29,5	13,3	3,2
Юка	43,0	20,5	29,0	7,5

Повреждёнными считались семена, имеющие сбитую оболочку, трещины, сколы, незначительные повреждения зародыша (Таблица 7).

Семена обоих сортов обрабатывались в рациональном режиме за 3 суток до закладки их на прораствание при напряжённости в слое семян $15,0 \cdot 10^3$ В /м, длительность импульса ИЭП 50 мкс и частоте следования импульсов 1200 Гц. Контролем служили необработанные семена. Доза воздействия составила 2880. Результаты опыта представлены в таблице 8.

Таблица 8.

Влияние предпосевной обработки семян озимой пшеницы ИЭП в рациональном режиме от степени их травмированности

Сорт	Вариант	Энергия прорастания		Всхожесть		Масса проростков	
		%	% по отношению к контролю	%	% по отношению к контролю	кг* 10 ⁻⁵	% по отношению к контролю
Трио	Контроль	61,8	100,0	96,8	100,0	1,42	100,0
	Опыт	82	132,7	99,0	102,3	1,82	128,2

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Юка	Контроль	53,8	100,0	92,5	100,	1,02	100,0
	Опыт	78,5	145,9	98,0	105,9	1,38	135,3

Из данных представленных в таблице 8 видно, что наиболее отзывчивы на предпосевную обработку ИЭП в рациональном режиме семена озимой пшеницы с более высокой степенью травмированности. Так у семян Юкка энергия прорастания на 49,9% , всхожесть на 5,9%, масса проростков на 35,3% выше, чем у контрольных необработанных ИЭП семян этого сорта. У семян Трио эти показатели составляют 32,7; 2,3; 28,2% соответственно. Разница между опытными вариантами по энергии прорастания 13,2%, по всхожести 3,6% , по массе проростков 10,1% , что существенно по всем показателям.

Выводы:

1. Рациональный режим обработки семян озимой пшеницы ИЭП имеет следующие параметры:

- напряжённость ИЭП в слое семян от 12,5 до 15 x10³ В/м;
- длительность импульсов 40-50 мкс;
- частота следования импульсов 1200 Гц.

2. Обработка семян озимой пшеницы сортов Трио и Юкка отрицательно повлияла на развитие патогенной микрофлоры, способствовала её снижению. 3. При длительном хранении, после обработки, отмечено снижение интенсивности нарастания патогенных микроорганизмов.

3. Семена с повышенной влажностью до 13,5% имеют более высокие посевные качества.

4. Семена с повышенной влажностью более отзывчивы на воздействие ИЭП.

В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

5. Травмированные семена, обработанные ИЭП, имели большую массу проростков и энергию прорастания, что говорит о возможности получить более мощные и развитые растения из них [1-7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева В.Н. Озонирование – экологический способ обеззараживания зерносемян / Авдеева В.Н., Безгина Ю.А., Любая С.И. // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2015. – №3(30). – С. 23-29.
2. Данилов Д.В. Воздействие физических факторов, биологического препарата «Биофит - 1» и озона на посевные качества семян / Д.В Данилов, Г.П. Стародубцева // Семеноводство. – 2008. – №4. – С. 23-25.
3. Ливинский С.А. Преобразователь напряжения для установки предпосевной обработки семян/ Ливинский С.А, Стародубцева Г.П., Афанасьев М.А. // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – №4. – С. 35-39.
4. Стародубцева Г.П. Исследование влияния различных режимов обработки озоновоздушным потоком на рост и развитие рассады стевии /Стародубцева Г.П., Любая С.И., Афанасьев М.А., Безгина Ю.А.// Физико-технические проблемы создания новых технологий в агро-промышленном комплексе: сб. науч. тр. междунар. научно-практической конференции. – Ставрополь: СтГАУ, 2015. – С. 122-125.
5. Стародубцева Г.П. Эффективность электрофизических и биологических приёмов обработки зерна пшеницы, комбикормов и семян / Г.П. Стародубцева, В.Н. Авдеева, С.И. Любая // Монография. – Ставрополь, 2016.
6. Хайновский В.И. Моделирование электрических временных параметров активатора импульсного электрического поля / В.И. Хайновский, Г.П. Стародубцева, Е.И.Рубцова, О.С. Копылова, С.И. Любая // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – №2(22). – С. 39-44.
7. Хайновский В.И., Моделирование электрических временных параметров активатора импульсного электрического поля/ Хайновский В.И., Стародубцева Г.П., Рубцова Е.И., Копылова О.С., Никитин П.В., Любая С.И. // Вестник АПК Ставрополя. – 2016 №2 (22). С. 39-44.