

УДК 621.38

UDC 621.38

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

06.00.00 Agricultural sciences

**МЕХАНИЗМ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ОЗООНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ НА СЕМЕНА
КУКУРУЗЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРООЗОНИРОВАНИЯ НА
РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ СЕМЯН****MECHANISM OF IMPACT OF OZONE AND
AIR MIX ON SEEDS OF CORN AND
TECHNIQUE OF CARRYING OUT THE PILOT
STUDY OF INFLUENCE OF ELECTRIC
OZONIZATION ON GROWTH PROCESSES
OF SEEDS**

Нормов Дмитрий Александрович
д.т.н., профессор
SPIN-код: 5209-0453

Normov Dmitry Alexandrovich
Dr.Sci.Tech., professor
SPIN-code: 5209-0453

Шевченко Андрей Андреевич
к.т.н., доцент
SPIN-код: 3348-9421

Shevchenko Andrey Andreevich
Cand.Tech.Sci., associate professor
SPIN-code: 3348-9421

Сапрунова Елена Анатольевна
к.э.н., доцент
SPIN-код: 2976-6430

Saprunova Elena Anatolyevna
Cand.Econ.Sci., associate professor
SPIN-code: 2976-6430

*ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Повышение урожайности сельскохозяйственных растений - глобальная задача, которая ставится перед учеными всего мира. Для достижения данной цели используются различные способы, такие как: технические, агро-технические, агрономические, химические, физико-химические и так далее. Нами проведено теоретическое исследование, которое показало, что использование физико-химических способов обработки семенного материала перед севом положительно сказывается на ростовых процессах семян. Одним из таких способов является озонородушная обработка, которая зарекомендовала себя, как качественный стимулятор роста сельскохозяйственных растений. Но, не смотря на многочисленные исследования, нет четкого описания механизма воздействия озона на семена. В данной статье, на основании проведенного теоретического исследования, представлен материал позволяющий раскрыть положительный эффект от воздействия озона на семенной материал. Для подтверждения полученных теоретических данных нами было принято решение о проведении экспериментального исследования. В связи с чем, в данную статью были включены материалы содержащие информацию о лабораторном оборудовании и методике проведения эксперимента. Представлено измерительное оборудование, и методика йодо-метрического способа определения концентрации озона в озонородушной смеси, точное соблюдение которой при проверке газоанализатора позволит получать достоверные данные о дозах воздействия озона на зерно

Increasing the yield of crops is a global challenge posed by the scientists from all over the world. To achieve this goal, we use various methods such as: engineering, agro-technical, agronomic, chemical, physico-chemical and so on. We conducted a theoretical study, which showed that the use of physical and chemical methods of treating seed before sowing has a positive effect on the growth processes of seeds. One of such methods is an ozone treatment, which has established itself as a quality growth stimulator of agricultural plants. But despite numerous studies there is no clear description of the mechanism of ozone effects on seeds. In this article, based on our theoretical study, we have presented a material that allows revealing the positive effects of ozone exposure to the seed. To confirm these theoretical results, we have decided to conduct a pilot study. In connection with what, in this article we have included the materials containing information on laboratory equipment and methods of the experiment. We have also presented measuring equipment and methods of iodine-metric method for determining the concentration of ozone in the ozone-air mixture, exact conformance with calibration gas analyzer which will allow to obtain reliable data on the dose effects of ozone on the grain

Ключевые слова: ОЗООНОВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ,

Keywords: OZONE AND AIR MIX, OZONE

Известно, что озон оказывает влияние на ростовые процессы семенного материала, этот факт неоднократно получил подтверждение в научных работах различных ученых. Но, не смотря на это, процесс воздействия озона на семена не описывался. Для описания процесса воздействия молекул озона на внутренний химический состав зерна нами проведено теоретическое исследование, которое показало, что основную массу белка, более 80% в зрелом зерне кукурузы, составляют спирторастворимые фракции – зеин и щелочнорастворимые – глютелины [8]. Эти белки являются энергетическими запасами эндосперма наряду с крахмалом, которого в зерне более 70%. Данные энергетические запасы используются растением при прорастании семени до выхода проростка на поверхность почвы. При посеве семени во влажную, прогретую почву запасные энергетические вещества распадаются на более простые элементы. Зеин белка разлагается на свободные аминокислоты, крахмал и полисахариды [7].

Озон, воздействуя на семя, провоцирует распад запасных энергетических веществ. Как показывают лабораторные исследования, семена, обработанные озоном, прорастают дружнее, с повышенной энергией, что указывает на сильное воздействие озона, по эффективности аналогичное стимуляторам роста. Ускоряя процессы разложения сложных белков и крахмала на составляющие элементы, озон, являясь сильным окислителем, одновременно действует как эффективный протравитель, уничтожающий инфекцию фузариоза, головневых грибов. Стимулируя распад сложных

запасных веществ в эндоспермах, снимая нагрузку на преодоление эффекта зараженности грибковой инфекцией, озон обеспечивает более активный рост корневой системы, особенно первичного корня. Это повышает устойчивость растений к недостаточному влагообеспечению кукурузы в период вегетации [8].

Специфика воздействия озона – большая окислительная способность и повышенная активность [3]. Проникая в семенные покровы, озон увеличивает снабжение семян активными формами кислорода, а также способствует появлению дополнительного источника H_2O непосредственно в семенах, который используется пероксидозой, что ведет к стимулированию пектофосфатного пути. Иными словами, обработка озоном позволяет повысить активность некоторых ферментов.

Также имеются опытные данные о том, что озон несколько ингибирует дыхание семян и, следовательно, обработанные семена к посеву сохраняют больший запас питательных веществ, чем необработанные [6].

Что бы подтвердить полученные данные, нами было принято решение о проведение экспериментального исследования, для этого сконструировали экспериментальную установку, которая позволяет вырабатывать озоноздушную смесь и подавать ее в требуемую точку емкости, в которой находится зерно, подвергающееся обработки.

Экспериментальная установка состоит из: корпуса, электроозонатора, разрядного устройства, источника питания высокого напряжения, блока управления режимами работы электроозонатора, вентилятора и гибкого трубопровода.

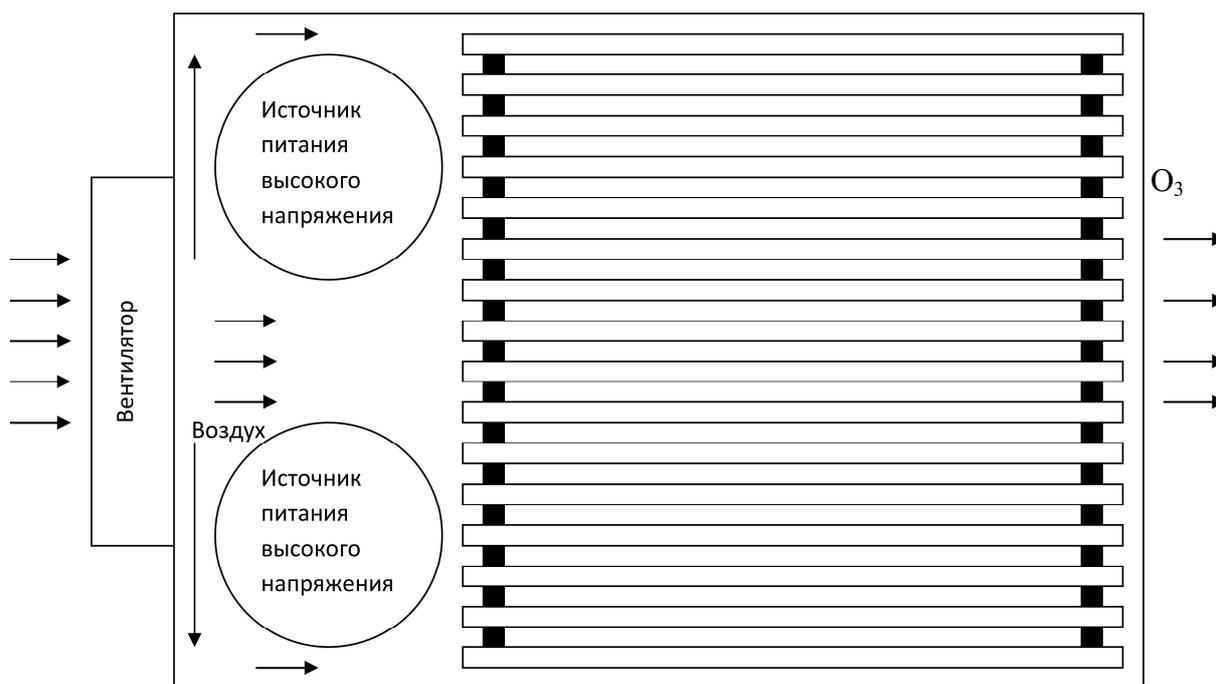


Рисунок 1 Структурная схема озонирующей установки

Принцип действия экспериментальной установки заключается в следующем. Напряжение питания подается через блок управления на вентилятор и источник питания высокого напряжения электроозонатора, вследствие чего источник питания подает высокое напряжение к электродам электроозонатора, приводя его в работу. Вентилятор подает воздух в корпус электроозонатора, где он смешивается с озоном, в результате чего на выходе получаем озоноздушную смесь с заданной концентрацией озона. Регулирование производительности экспериментальной установки осуществляется изменением питающего напряжения разрядного промежутка и скорости подачи воздуха вентилятором [4, 5].

Электроозонатор снабжен регулятором концентраций озоноздушной смеси. Измерения концентрации озона производилось прибором «Озон-4», оттарированным йодометрическим методом [1].

Принцип действия диэлькометрического газоанализатора основан на изменении диэлектрической проницаемости газовой смеси, значение

которой зависит от массовой концентрации озона. Метод измерения – относительный. Газоанализатор измеряет разность диэлектрических проницаемостей опорной (без озона) и анализируемой газовой смеси.

Конструктивно газоанализатор состоит из блока измерений и прибора, регистрирующего изменения, происходящие в газовой смеси. Структурная схема газоанализатора изображена на рисунке 2.

Анализируемый газ через штуцер «вход газа» поступает в газовый тракт прибора, где с помощью фильтра очищается от механических примесей и редуцируется на дросселе до давления 60-80 миллиметров водяного столба (мм вод. ст.). Затем газ разделяется на два потока: анализируемый и опорный, поочередно проходящий через емкостный преобразователь.

Управление потоками осуществляется электромагнитными клапанами «озон», «воздух». Опорный поток газа приготавливается путем прохождения газа через ячейку подготовки опорного газа, в которой происходит термokatалитическое разложение озона на нагретой платиновой спирали.

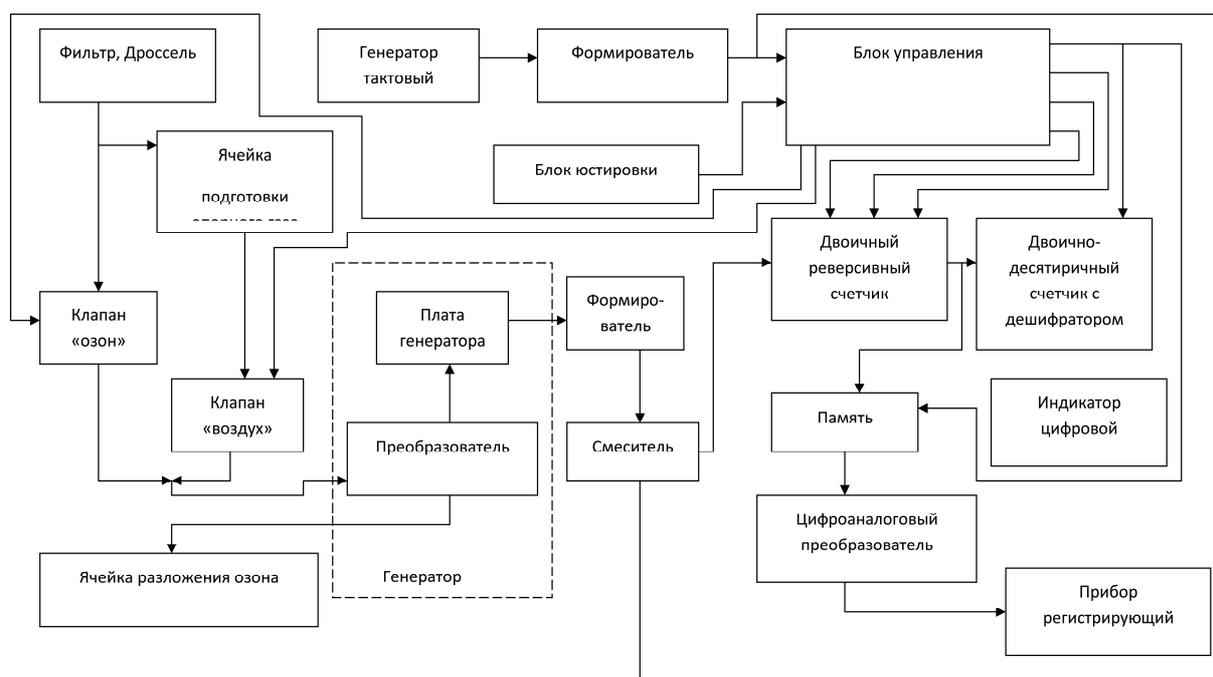


Рисунок 2 Структурная схема газоанализатора «Озон – 4»

С выхода емкостного преобразователя газ может сбрасываться в дренажную систему (при условии отсутствия у нее избыточного давления), либо поступать в ячейку разложения озона, заполненную гопкалитом, выполняющим роль катализатора разложения озона. С выхода ячейки разложения озона газ выбрасывается в атмосферу. При этом концентрация озона в районе установки газоанализатора не превышает санитарных норм $0,0001 \text{ г/м}^3$.

Переменная прохождения газа через емкостный преобразователь вызывает изменение его электрической емкости, а следовательно, и частоты генератора, в частотоподающий контур которого включен емкостный преобразователь.

Частотный сигнал генератора формирователем преобразовывается в последовательность импульсов, поступающих на один из входов смесителя, на второй вход которого подаются импульсы тактового генератора. Разностная частота с выхода смесителя подается на счетный вход двоичного реверсивного счетчика, фиксирующего приращение частоты генератора пропорционально концентрации озона.

При прохождении через емкостный датчик опорного газа (открыт клапан «воздух») частота следования импульсов с выхода смесителя имеет значение:

$$F_0 = f_0 - f_T, \quad (1)$$

где F_0 – частота следования импульсов при прохождении через преобразователь опорного (не содержащего озона) газа, Гц; f_0 – частота генератора, Гц; f_T – частота тактового генератора, Гц.

По сигналу блока управления двоичный реверсивный счетчик приводится в режим суммирования, при котором в нем суммируются импульсы частоты F_0 за время $t_{\text{сч}}$. По окончании времени суммирования в

реверсивном счетчике зафиксированы в двоичном коде число импульсов

$$N_0 = (f_0 - f_T) \cdot t_{сч}, \quad (2)$$

где N_0 – число импульсов, зафиксированное в двоичном реверсивном счетчике при прохождении через преобразователь опорного газа; $t_{сч}$ – время счета реверсивного счетчика в режиме суммирования, с.

Затем блок управления закрывает клапан «воздух» и открывает клапан «озон». Частота генератора изменяется на величину Δf , пропорциональную концентрации озона в анализируемом газе. С выхода смесителя на реверсивный счетчик начинают поступать импульсы частотой:

$$F_1 = (f_0 - \Delta f) - f_T, \quad (3)$$

где F_1 – частота с выхода смесителя при прохождении через преобразователь анализируемого газа.

Блок управления переводит двоичный счетчик в режим вычитания, и за время $t_{сч}$ из его содержимого вычитаются количества импульсов:

$$N_1 = [(f_0 - \Delta f) - f_T] \cdot t_{сч}, \quad (4)$$

где N_1 – число импульсов, зафиксированное в двоичном реверсивном счетчике при прохождении через преобразователь анализируемого газа.

В результате на информационных выходах реверсивного счетчика зафиксирован код, соответствующий числу импульсов ΔN , равный:

$$\Delta N = N_0 - N_1 = \Delta f \cdot t_{сч}, \quad (5)$$

Количество импульсов ΔN пропорционально приращению частоты, а, следовательно, и концентрации озона в анализируемом газе.

Импульсом «запись», поступающим из блока управления, значение, когда ΔN переписывается в триггеры памяти, с выходов которых оно поступает на цифроаналоговый преобразователь, где преобразуется в

аналоговый сигнал 0-50 мВ постоянного тока, фиксируемый на диаграмме автоматического потенциометра для преобразования значения ΔN в цифровые значения. Блок управления вырабатывает сигнал перезапись, по которому двоичный реверсивный счетчик переводится в режим вычитания, а трехразрядный двоично-десятиричный счетчик – в режим заполнения. Подаваемыми на них импульсами с выхода смесителя производится перезапись кода из двоичного счетчика в двоично-десятиричный до тех пор, пока на информационных выходах двоичного реверсивного счетчика не установится нулевой код, запрещающий прохождение импульсов на счетчики. Значение кода ΔN , записанное в счетчике в двоично-десятиричном коде, преобразуется дешифратором в семисегментный код, отображаемый на жидкокристаллическом индикаторе как измеряемая концентрация озона.

Поскольку установление частоты генератора происходит только после замещения опорного газа в анализируемом преобразователе (или наоборот), перевод двоичного реверсивного счетчика в режим суммирования (вычитания) производится через две-три секунды после переключения клапанов. Время счета выбирается таким, чтобы число импульсов ΔN , фиксируемое трехразрядным двоично-десятиричным счетчиком, в точности равнялось измеряемой концентрации озона. Перезапись кодов в счетчиках производится в момент продувки преобразователя опорным газом. Юстировка газоанализатора осуществляется изменением времени счета двоичного реверсивного счетчика.

Прибор «Озон-4» требует поверки измерений каждые полгода. Поверка газоанализатора производится с помощью гостированного йодометрического метода.

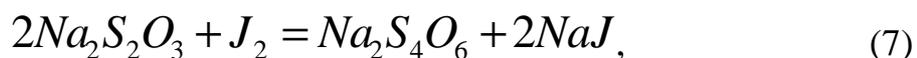
Для проведения измерений концентрации нами был выбран йодометрический метод. Данный метод используется для измерения

концентрации озона в воздухе при содержании от 4% до 10⁻⁶%. Йодометрический метод рекомендуется для поверки электронных газоанализаторов, предназначенных для измерения содержания озона в воздухе. Широкое использование данного метода объясняется простотой проведения анализа воздушной среды.

Сущность йодометрического метода измерения концентрации озона в газе заключается в следующем. Газ, содержащий озон, пропускается через раствор йодистого калия и серной кислоты. В результате химического взаимодействия озона с йодистым калием выделяется эквивалентное количество свободного йода по уравнению:



Выделившийся в ходе этой реакции йод оттитровывается серноватисто-кислым натрием (тиосульфатом натрия) по уравнению:



Титрование производится в присутствии индикатора – крахмала и ведется до обесцвечивания раствора, то есть до полного связывания свободного йода.

На каждую молекулу вступающего в реакцию озона при титровании расходуется две молекулы тиосульфата. Таким образом, количество тиосульфата, пошедшее на титрование, пропорционально количеству озона, вступающего в реакцию, и, если реакция прошла полностью, то по количеству тиосульфата можно определить количество озона в газе (С) в соответствии с выражением:

$$C = \mathcal{E}_0 \frac{V_m M_m}{V}, \quad (8)$$

где \mathcal{E}_0 – молярная масса эквивалентного озона;

$$\left[M_m \left(\frac{1}{2} * O_3 \right) = 24 \text{ г/моль} \right], \quad (9)$$

где M_T – молярная концентрация раствора теосульфита; V_T – объем раствора теосульфита, пошедший на титрование, мл; V – объем газа, прошедшего через раствор теосульфита, л.

Для приведения концентрации озона к нормальным условиям необходимо дополнительно измерить атмосферное давление и температуру окружающего воздуха, после чего вычислить приведенную концентрацию C_o по формуле:

$$C_o = C \frac{P_o * T}{P * T_o}, \quad (10)$$

где P – атмосферное давление, мм Нг; P_o – 760 мм Нг, нормальное давление; T – температура окружающего воздуха, К; T_o – 293 К – нормальная температура.

Определение концентрации озона производится в следующей последовательности. Заранее из фиксаналов готовится буферный раствор: 13,7 г двузамещенного фосфорнокислого калия K_2HPO_4 и 14,1 г однозамещенного фосфорнокислого натрия NaH_2PO_4 растворяют в 1000 мл воды H_2O . Затем, в отличие от стандартной методики, предлагающей использовать 5% раствор, нами готовился 0,1n буферный раствор йодида калия КJ. Озоновоздушную смесь, произведенную исследуемой установкой, пропускают через 40-50 мл одномолярного раствора йодида калия КJ. Полученный раствор после пропускания озонированного газа сливают в колбу и подкисляют 5 мл 2N раствора HCl . Выделившийся йод оттитровывают 0,01 N раствором гипосульфита натрия, также приготовленным из фиксанала, до слабо желтого окрашивания, после чего добавляют 1 мл 1%-ного раствора крахмала, и жидкость дотитровывают до исчезновения синей окраски. Содержание озона вычисляют по формуле:

$$C=24 \cdot v \cdot n / V, \quad (11)$$

где C - содержание озона, мг/л; n - количество раствора гипосульфита, пошедшего на титрование, мл; 24 - коэффициент пересчета количества

гипосульфита натрия на озон; V - объем озонированного газа, прошедшего через раствор йодистого калия, л.

$$V=Pt, \quad (12)$$

где P - производительность установки, л/мин; t - время пропускания через 40-50 мл одномолярного раствора йодида калия, мин.

Тогда:

$$C=24 \cdot v \cdot n / Pt, \quad (13)$$

В связи с тем, что йодид калия является светочувствительным веществом и может разлагаться при попадании на него солнечного света, рекомендуется проводить эксперимент в затемненном помещении.

После подготовки лабораторного оборудования проводили экспериментальное исследование. В лабораторных условиях определяли энергию прорастания, всхожесть и силу роста. Стандартная методика предусматривает, что в контрольно-семенных лабораториях всхожесть кукурузы определяют в термостате при постоянной температуре $+20^{\circ}\text{C}$. Семена по 100 штук проращивают в ростильне с песком, увлажненном до полной влагоемкости. Повторность опыта четырехкратная. Энергию прорастания определяют на 3-4 сутки, всхожесть (количество семян, давших нормальные проростки в % от 100 высеянных) - на 7-10 сутки.

К нормальным относятся проростки, имеющие хорошо развитый корешок, равный или более длине семени и стебель, имеющий величину в половину семени. Невсхожими считаются семена, у которых имеется только росток или корешок, а также больные, уродливые, загнившие и расщепленные проростки.

У свежееубранных семян кукурузы много «твердых». Это семена с плотной оболочкой не набухают и не прорастают, к весне их количество уменьшается. Поэтому всхожесть семян определяется у кукурузы за два месяца до посева [2].

Нами предлагается новый ускоренный метод определения посевных

качеств семян в рулонах. При таком способе можно визуальное рассмотреть влияние физических методов воздействия (озона) на развитие проростков, ускорить получение результатов экспериментальных исследований.

Сухие семена (по 100 штук в каждой партии) раскладывали на пленку, покрытую слоем фильтровальной бумаги. Размер полосы 25×100 см. Бумагу смачивали водой. Семена укладывали на расстоянии 5 см от верхнего края через 1 см друг от друга и накрывали таким же рулоном фильтровальной бумаги, затем их сворачивали в рулон.

Рулон с семенами устанавливали вертикально в емкости объемом 250 см³, наполняя их водой до верхнего края. Проращивали семена в вентилируемой камере, при постоянной температуре 28-30°C. Энергию прорастания определяли на вторые, а всхожесть - на шестые сутки.

На шестые сутки производили осмотр семян. Удаляли семена, загнившие и давшие ненормальные проростки. Верхний слой фильтровальной бумаги заменяли на новый. Днем помещение проветривали. Силу роста определяли на 10 сутки: измеряли длину корешка и ростка, общую длину проростка, массу 100 проростков. Оценку силы роста проростков проводили визуальное по длине и толщине главного корня, интенсивности развития, массе проростка.

Литература

1. Андрейчук В.К. Озонатор /В.К. Андрейчук, Д.А. Нормов, С.В. Вербицкая, Д.А. Овсянников, В.В. Лисицин, А.А. Шевченко, Т.А. Нормова/ патент на изобретение RUS 2198134 от 30.10.2001
2. Нормов Д.А. Распределение озонозооной смеси в слое зерна /Д.А. Нормов, А.А. Шевченко/ Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2014. № 101. - С. 1897-1907.
3. Нормов Д.А. Озон против микотоксикозов фуражного зерна /Д.А. Нормов, А.А. Шевченко, Е.А. Федоренко/ Сельский механизатор. – М: 2009. № 4. - С. 24-25.
4. Нормов Д.А. Генератор озона /Д.А. Нормов, А.А. Шевченко, А.В. Квитко, Е.А. Попов, Е.А. Федоренко/ патент на изобретение RUS 2331577 от 28.02.2007

5. Нормов Д.А. Озонатор /Д.А. Нормов, А.В. Снитко, А.А. Шевченко, А.А. Петухов, Т.А. Нормова/ патент на изобретение RUS 2253608 от 12.04.2004
6. Потапенко И.А. Устройство для предпосевной обработки семян /И.А. Потапенко, А.Е. Усков, А.А. Шевченко, А.В. Квитко/ патент на полезную модель RUS 97237 от 13.10.2009
7. Шевченко А.А. Параметры электроозонирования для предпосевной обработки семян кукурузы /А.А. Шевченко/ автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 21 с.
8. Шевченко А.А. Параметры электроозонирования для предпосевной обработки семян кукурузы /Шевченко А.А./ диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 137 с.

References

1. Andrejchuk V.K. Ozonator /V.K. Andrejchuk, D.A. Normov, S.V. Verbickaja, D.A. Ovsjannikov, V.V. Lisicin, A.A. Shevchenko, T.A. Normova/ patent na izobrenenie RUS 2198134 ot 30.10.2001
2. Normov D.A. Raspredelenie ozonovozdushnoj smesi v sloe zerna /D.A. Normov, A.A. Shevchenko/ Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2014. № 101. - S. 1897-1907.
3. Normov D.A. Ozon protiv mikotoksikozov furazhnogo zerna /D.A. Normov, A.A. Shevchenko, E.A. Fedorenko/ Sel'skij mehanizator. – M: 2009. № 4. - S. 24-25.
4. Normov D.A. Generator ozona /D.A. Normov, A.A. Shevchenko, A.V. Kvitko, E.A. Popov, E.A. Fedorenko/ patent na izobrenenie RUS 2331577 ot 28.02.2007
5. Normov D.A. Ozonator /D.A. Normov, A.V. Snitko, A.A. Shevchenko, A.A. Petuhov, T.A. Normova/ patent na izobrenenie RUS 2253608 ot 12.04.2004
6. Potapenko I.A. Ustrojstvo dlja predposevnoj obrabotki semjan /I.A. Potapenko, A.E. Uskov, A.A. Shevchenko, A.V. Kvitko/ patent na poleznuju model' RUS 97237 ot 13.10.2009
7. Shevchenko A.A. Parametry jelektroozonirovanija dlja predposevnoj obrabotki semjan kukuruzy /A.A. Shevchenko/ avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk. – Krasnodar: KubGAU, 2005. – 21 s.
8. Shevchenko A.A. Parametry jelektroozonirovanija dlja predposevnoj obrabotki semjan kukuruzy /Shevchenko A.A./ dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk. – Krasnodar: KubGAU, 2005. – 137 s.