

РЭСПУБЛІКА БЕЛАРУСЬ



ПАТЭНТ

НА ВЫНАХОДСТВА

№ 24309

Устройство для плазменной обработки семян растений

выдадзены

Нацыянальным цэнтрам інтэлектуальнай уласнасці
ў адпаведнасці з Законам Рэспублікі Беларусь
«Аб патэнтах на вынаходствы, карысныя мадэлі, прамысловыя ўзоры»

Патэнтаўладальнік (патэнтаўладальнікі):

Учреждение образования "Белорусская государственная академия
авиации" (ВУ)

Аўтар (аўтары):

Шегидевич Артем Артурович; Мартынюк Виктор Иванович;
Пушкина Надежда Викторовна; Василевич Сергей Владимирович;
Гринчик Николай Николаевич (ВУ)

Заяўка № а 20230068

Дата падачы: 10.03.2023

Зарэгістравана ў Дзяржаўным рэестры
вынаходстваў Рэспублікі Беларусь:

03.06.2024

Дата пачатку дзеяння:

10.03.2023

Генеральны дырэктар

У.А.Рабаволаў



ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 24309

(13) С1

(45) 2024.06.20

(51) МПК

A 01C 1/00 (2006.01)

H 01J 37/32 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН
РАСТЕНИЙ

(21) Номер заявки: а 20230068

(22) 2023.03.10

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусская государственная ака-
демия авиации" (ВУ)

(72) Авторы: Шегидевич Артем Артуро-
вич; Мартынюк Виктор Иванович;
Пушкина Надежда Викторовна; Ва-
силевич Сергей Владимирович;
Гринчик Николай Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусская государственная
академия авиации" (ВУ)

(56) EA 037157 B1, 2021.

RU 2265304 C1, 2005.

RU 2317668 C2, 2008.

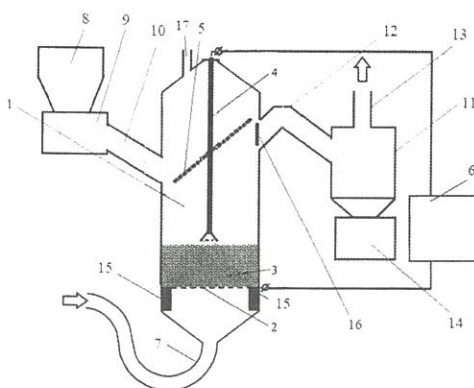
RU 2781971 C1, 2022.

RU 2724046 C2, 2020.

RU 2076555 C1, 1997.

(57)

Устройство для плазменной обработки семян растений, содержащее вертикально установленную рабочую камеру, в нижней части которой расположены штуцер подачи газа и катодный узел, выполненный в виде мелкоячеистой решетки с расположенным на ней слоем электропроводного порошка, расположенные в верхней части рабочей камеры штуцер отвода газа и анод, выполненный в виде металлического стержня с металлической решеткой или пластиной на нижнем торце стержня, направляющую сетку, жестко закрепленную на металлическом стержне под углом к горизонтали, высоковольтный источник питания переменного или постоянного тока, отрицательный электрод которого соединен с мелкоячеистой решеткой катода, а положительный - с анодом, соединенный с рабочей камерой через канал подачи семян питатель, соединенный с загрузочным бункером для семян, и соединенный с рабочей камерой через канал отвода семян, оборудованный заслонкой, циклон со штуцером отвода газа, соединенный со сбросовым бункером для обработанных семян.



Фиг. 1

Изобретение относится к сельскому хозяйству, к области семеноводства, а также к области физико-химической обработки различных материалов.

Положительное влияние малых доз излучения на всхожесть, прорастание и урожайность семян растений сельскохозяйственных культур известно давно [1-3]. Впервые использование плазменной обработки отмечается в 1990 г., она была создана в Санкт-Петербурге, после чего была апробирована в Российской Федерации, Беларуси, Казахстане, США, Корее и т. д. [4]. Обработка плазмой происходит в специальной газовой среде с пониженным давлением. Плазменные семена (так принято называть обработанные плазмой семена) уже не первый год активно продаются на международном рынке и хорошо себя зарекомендовали.

Первоначально обработка холодной плазмой в основном служила для стерилизации чувствительных к температуре материалов [5, 6], чуть позже был отмечен положительный эффект инактивации патогенных микроорганизмов в пищевой промышленности, биомедицине [7-9], и в последнее десятилетие плазменная нетермическая обработка стала активно применяться в сельском хозяйстве.

Известны устройства для обработки семян электромагнитными полями, электрическим, тлеющим и плазменным разрядами, инфракрасным, ультрафиолетовым, лазерным, рентгеновским и гамма-облучением.

Известен способ обработки семян яровой пшеницы [10], характеризующийся тем, что семена пшеницы предварительно очищают от посторонних включений, примесей семян других сортов, после чего высушивают до естественной влажности 7-13 %, после чего загружают в технологическую камеру для плазменной обработки таким образом, чтобы семена были равномерно распределены по поверхности плоского анода, не касаясь друг друга, и далее осуществляют обработку семян в объемной низкотемпературной неравновесной аргоновой плазме, генерируемой тлеющим разрядом постоянного напряжения в электродной системе: многоострый катод - плоский анод, при атмосферном давлении и мощности воздействия на семена пшеницы $1,4 \cdot 10^{-3}$ - $1,6 \cdot 10^{-3}$ Вт/см³ продолжительностью 30-240 с. Для плазменной обработки семян использовался источник объемной холодной аргоновой плазмы на основе тлеющего разряда атмосферного давления.

Недостаток устройства, используемого в этом способе, состоит в низкой эффективности действия на семена, высокой удельной энергоемкости и цикличности работы устройства.

Известно устройство для плазменной обработки семян растений [11], содержащее камеру, присоединенную к источнику неорганического газа, электрический генератор, вакуумную систему и электроды, один из электродов выполнен в виде полого металлического элемента с возможностью циркуляции в нем охлаждающего агента, в качестве другого электрода использован металлический корпус камеры, внутри которой размещен транспортирующий механизм, а камера имеет загрузочный и сбросовый бункеры.

Недостатками данного устройства являются неравномерность обработки семян, а также сложность и дороговизна конструкции из-за необходимости поддержания вакуума, что требует решения ряда технических вопросов.

Наиболее близким к заявленному техническому решению, его прототипом является устройство для получения плазмы тлеющего разряда [12], содержащее рабочую камеру, размещенные на ней анодный и катодный узлы, систему подачи и отвода газов и систему электропитания, при этом рабочая камера установлена вертикально, катодный узел расположен в ее нижней части и выполнен в виде газоразрядной решетки с расположенным на ней слоем электропроводящего порошка.

Подача рабочего газа приводит к псевдооживлению слоя электропроводящего порошка на катоде, что позволяет существенно снизить рабочее напряжение и многократно увеличить объем генерируемой плазмы. Использование псевдооживленного слоя в качестве ка-

тода позволяет значительно увеличить КПД устройства по сравнению с устройствами, реализующими иной способ генерирования плазмы.

Достоинством данного устройства является возможность более эффективного контакта семян с плазмой за счет применения псевдооживленного слоя электропроводного порошка.

Недостатком данного устройства является отсутствие устройств для оперативной подачи и отгрузки семян.

Задачей предлагаемого изобретения является создание устройства для плазменной обработки семян растений, позволяющего реализовывать более эффективную обработку семян в режиме контролируемой работы устройства.

Задача решается следующим способом.

Устройство для плазменной обработки семян растений, содержащее вертикально установленную рабочую камеру, в нижней части которой расположены штуцер подачи газа и катодный узел, выполненный в виде мелкоячеистой решетки с расположенным на ней слоем электропроводного порошка, расположенные в верхней части рабочей камеры штуцер отвода газа и анод, выполненный в виде металлического стержня с металлической решеткой или пластиной на нижнем торце стержня, направляющую сетку, жестко закрепленную на металлическом стержне под углом к горизонтали, высоковольтный источник питания переменного тока, отрицательный электрод которого соединен с мелкоячеистой решеткой катода, а положительный - с анодом, соединенный с рабочей камерой через канал подачи семян питатель, соединенный с загрузочным бункером для семян, и соединенный с рабочей камерой через канал отвода семян, оборудованный заслонкой, циклон со штуцером отвода газа, соединенный со сбросовым бункером для обработанных семян.

Сущность заявляемого технического решения поясняется фиг. 1, где приведено схематическое изображение устройства. На фиг. 1 приняты следующие обозначения:

- 1 - рабочая камера;
- 2 - решетка;
- 3 - порошок;
- 4 - анод;
- 5 - направляющая сетка, жестко закрепленная на аноде под углом к горизонтали;
- 6 - источник электропитания;
- 7 - штуцер подачи газа;
- 8 - загрузочный бункер;
- 9 - питатель;
- 10 - канал подачи семян;
- 11 - циклон;
- 12 - канал отвода семян;
- 13 - штуцер отвода газа;
- 14 - сбросовый бункер;
- 15 - основание;
- 16 - заслонка;
- 17 - штуцер.

Как видно из фиг. 1, заявляемое устройство состоит из установленной вертикально рабочей камеры 1, в нижней части которой смонтированы решетка 2 с расположенным на ней порошком 3, совместно образующие катод, а в верхней части расположен анод 4. Анод 4 выполнен в виде металлического стержня с направляющей сеткой 5 и металлической решеткой или плоской пластиной (электродом) на нижнем торце. На решетку 2 и анод 4 подается напряжение от источника высоковольтного электропитания 6. Рабочий газ подается через штуцер подачи газа 7, расположенный в нижней части рабочей камеры 1. Для подачи семян рабочая камера соединена с загрузочным бункером 8 и питателем 9 каналом 10 подачи семян. Для отвода семян рабочая камера соединена с циклоном 11 ка-

налом 12 отвода семян. Газ удаляется из рабочей камеры 1 через штуцер отвода газа 13, расположенный за циклоном 11. Семена в циклоне отделяются от газового потока и падают в сбросовый бункер 14. Во избежание перегрева тонкой решетки 2 в процессе работы она снабжена массивным металлическим основанием 15, служащим теплоотводом. Для предотвращения преждевременного выноса семян из рабочей камеры канал отвода семян оборудован заслонкой 16. При закрытой заслонке псевдоожижающий газ выходит через штуцер 17.

Рабочая камера устройства - это пространство внутри вертикальной кварцевой трубы, ограниченное снизу металлической впускной решеткой и сверху направляющей сеткой, препятствующей выносу семян интенсивным потоком газового реагента (воздуха).

Устройство работает следующим образом. Решетка 2 присоединяется к отрицательно-му электроду источника электропитания, а анод 4 - к положительному. Включением источника электропитания 6 на электроды подается рабочее напряжение, порошок 3 при этом заряжается отрицательно. Поскольку расстояние между решеткой 2 со слоем порошка 3 и анодом 4 в данный момент велико, ток через устройство не протекает. Затем через штуцер подачи газа 7 в рабочую камеру 1 подается газ (газовая смесь). Под действием потока газа порошок 3 псевдоожижается, расстояние между порошком 3, несущим отрицательный заряд, и анодом 4, заряженным положительно, значительно сокращается, и возникает электрический пробой, который ионизирует газовый промежуток. В следующий момент времени вследствие лавинной ионизации газа в межэлектродном пространстве рабочей камеры 1 загорается плазма. Режим горения плазмы задается в соответствии с требованиями техпроцесса и регулируется расходом газа, напряжением между электродами и силой протекающего тока. Из загрузочного бункера 8 с помощью питателя 9 по каналу 10 семена растений самотеком поступают в рабочую камеру. Так как семена имеют меньшую плотность (меньше 1 г/см^3), чем частицы электропроводящего слоя (насыпная плотность порошка железа - $1,66 \text{ г/см}^3$), то они (т. е. семена) потоком газа поднимаются и скапливаются в верхней части рабочей камеры, где совершают интенсивные колебательные и крутильные движения (наблюдаемые визуально при выключенном высоковольтном источнике электропитания). Газ свободно проходит через направляющую сетку 6 и выходит через штуцер 17. При этом расход газа подбирается таким, чтоб поддерживалось псевдоожижение слоя и при этом семена не выносились за пределы рабочей камеры, уносу семян препятствует направляющая сетка в верхней части рабочей камеры. По истечении времени, требуемого для обработки определенного сорта семян, поворотом анода на 180° обеспечивается доступ семян к каналу отвода семян с открытием заслонки 16 в канале 12 отвода смеси газа, и семенной материал поступает в циклон 11 и сбросовый бункер 14 сбора обработанных семян. При этом частицы псевдоожиженного слоя по причине высокой плотности не поднимаются до этого уровня отвода. Направляющая сетка 5 обеспечивает подвод всех семян к каналу отвода семян. При этом газ свободно проходит через канал 12 отвода семян, циклон 11 и сбросовый бункер 14 и выходит через штуцер 13 отвода газа. Далее снижается расход газа, закрывается заслонка 16 и включается подача следующей партии семян.

Были проведены испытания устройства с использованием семян редьки масличной. Семена обрабатывали плазмой с использованием предлагаемого устройства в течение 2 и 4 с. Визуальные наблюдения за процессом воздействия показывали, что семена в процессе увлекаются потоком воздуха в верхнюю часть реактора и под действием того же потока совершают вращательные и колебательные движения в воздушной струе. При этом поверхность семян подвергается равномерному воздействию по крайней мере четырех факторов: воздействию озона, облучению ультрафиолетом, подсушиваются в потоке горячего воздуха и подвергаются микроволновому излучению. После плазменной обработки учитывали всхожесть семян и длины корней и побегов. Эксперимент проводился в 2-кратной повторности по 50 шт. для каждого образца. В результате получили следующие значения.

Всхожесть:

контроль (без обработки) - 76 %;

2 с обработки - 74 %;

4 с обработки - 84 %.

Длина корней и побегов:

2 с обработки: длина корня + 285 %; длина побега + 400 % к контролю;

4 с обработки: длина корня + 134 %; длина побега + 212,5 %.

Данное исследование всхожести семян редьки масличной провела научный сотрудник физико-технической лаборатории НИИ ЯП БГУ, к. б. н. Пушкина Надежда Викторовна.

Энергия прорастания редьки масличной:

контроль - 74 %;

2 с - 70 %;

4 с - 74 %.

На глаз - обработанные проростки длиннее и более зеленые (возможно, содержат больше фотосинтетических пигментов).

На седьмой день:

всхожесть:

контроль - 76 %;

2 с - 74 %; 4 с - 84 %;

длина корней и побегов:

2 с: длина корня + 285 %; длина побега + 400 % к контролю;

4 с: длина корня + 134 %; длина побега + 212,5 %.

На четырнадцатый день:

всхожесть:

контроль - 74 %;

2 с - 76 %; 4 с - 82 %;

длина корней и побегов

2 с: длина корня + 310 %; длина побега + 475 % к контролю;

4 с: длина корня + 237,5 %; длина побега + 325 %.

На фиг. 2 приведены фотографии обработанного и контрольного образцов после прорастания.

На фиг. 3 приведены фотографии обработанного и контрольного образцов через 14 дней после прорастания.

На фиг. 4 приведены фотографии процесса обработки образцов (семенного материала) в кипящем слое с образованием плазмы тлеющего разряда.

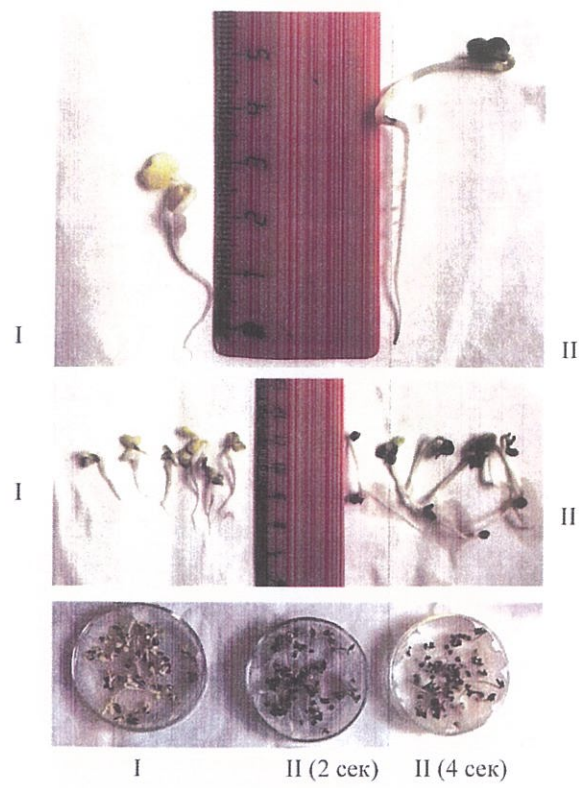
Из данного исследования следует, что плазменная обработка ускоряла прорастание семян и увеличивала продуктивность редьки масличной. Использование предлагаемого устройства позволило увеличить всхожесть семян и скорость их роста, при этом достаточное время обработки семян 2 с, в то время как использование известных прототипов предусматривает время обработки от 5 до 30 с. Физиологический эффект от предлагаемого устройства наблюдался на фоне существенно меньших энергозатрат.

Как видно из приведенного выше исследования, использование предлагаемого устройства позволяет повысить качество плазменной обработки семян редьки масличной, повысить производительность (за счет снижения времени обработки), снизить удельные энергозатраты (за счет более высокого КПД устройства по сравнению с устройствами, реализующими иной способ генерирования плазмы), стабилизировать температуру в камере обработки и исключить вероятность перегрева семян (за счет активного перемешивания в псевдооживленном слое), обеспечить непрерывность работы устройства, стимулировать высокую жизнеспособность семян. Кроме того, предлагаемое устройство позволяет существенно расширить сферу стимулирования продукционного процесса сельскохозяйственных культур.

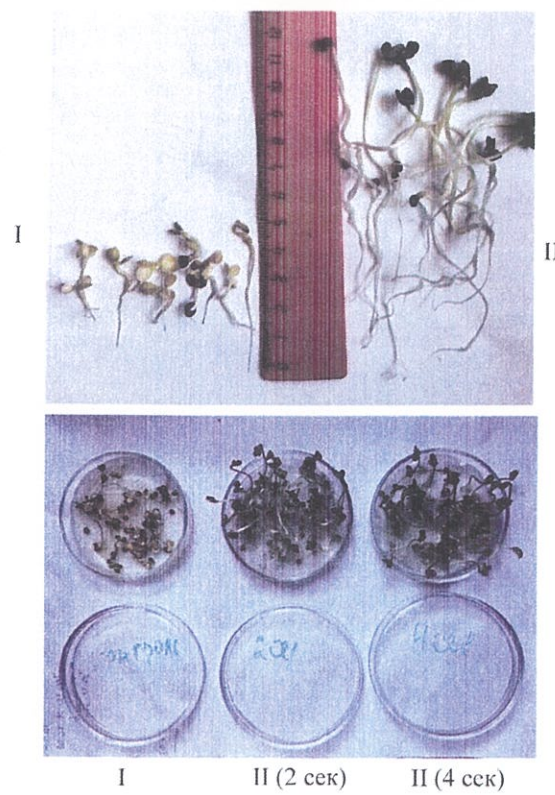
Необходимо отметить важные особенности предлагаемого технического решения. Прежде всего, последовательность включения устройства: 1) при снаряженной рабочей камере из питателя подаются семена; 2) включается и регулируется компрессор, так что идет ожижение слоя металлического порошка, а семена злаков потоком газа совершают хаотические движения под мелкоячеистой сеткой, ограничивающей сверху рабочую камеру; 3) включается на заданное время высоковольтный блок питания (и, соответственно, между электродами возникает облако высокотемпературной плазмы, оно видимо как ослепительное свечение, сопровождаемое характерным треском); 4) блок питания выключается, и далее следует процедура выгрузки семян в сбросовый бункер. Тут очевиден такой момент, что мы относим наше техническое решение к технологиям плазменной обработки семян, но на самом деле в данном предложенном решении семена не присутствуют в плазме высоковольтного электрического разряда. Они находятся на его периферии, в потоке воздуха, под верхней сеткой, служащей препятствием их улету за пределы рабочей зоны. Но семена, не попадая в зону плазменного разряда, в полной мере получают сопровождающие плазменный разряд физические действия, а именно: 1) повышенную температуру восходящего потока газа; 2) облучение ультрафиолетом от высокотемпературной плазмы; 3) воздействие озоном происхождением электрическим разрядом между электродами; 4) воздействие интенсивного микроволнового излучения, возникающего в псевдооживленном слое порошка металла в высоковольтном поле [13] (микроразряды между частицами порошка, краевые явления на остриях, локальные явления ускорения и торможения ионов и электронов в поле высокого градиента напряжения). Совокупность этих факторов и создает требуемый эффект - уничтожение всевозможных патогенов на поверхности семян и стимулирование всхожести семян.

Источники информации:

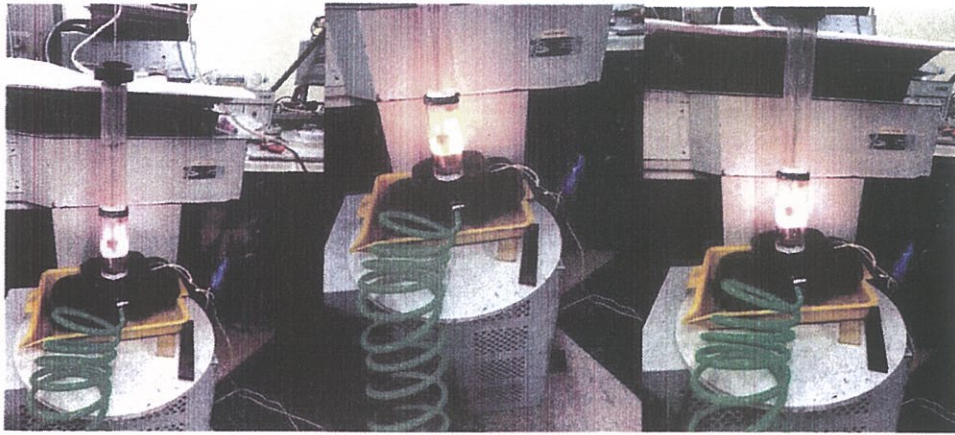
1. ЗУЕВ Н.А. и др. Исследование энергии прорастания и всхожести семян горчицы при сушке импульсным ИК-способом. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2011, № 2(47), с. 7-10.
2. КУЗИН А.М. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. Москва: Атомиздат, 1977, 275 с.
3. КОЗЬМИН Г. В. и др. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Обнинск, 2015, 400 с.
4. Плазменная технология обработки семян и плазменные семена [электронный ресурс]. Найдено на [<http://www.lana-pav.com/plazmennaya-texnologiya-obrabotki-semyan-i-plazmennye-semena.html>].
5. КОРНЕВ И.И. и др. Низкотемпературные методы стерилизации в профилактике хирургической инфекции. Хирургия. 2011, № 6, с. 43-47.
6. MOISAN M. et al. Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms. Int. Journal Pharmaceut. 2001, № 226(1), p. 1-21.
7. DREXEL A.J. Plasma Institute in Camden [электронный ресурс]: 1st International Workshop on Plasma Agriculture, IWOPA - 1 (May 15th-20th 2016, USA). Найдено на [[http://www.iwopa.org/program/IWOPA-1 %20 Abstracts.pdf](http://www.iwopa.org/program/IWOPA-1%20Abstracts.pdf)].
8. THIRUMDAS R. et al. Cold Plasma: A novel Non-Thermal Technology for Food Processing. Food Biophysics. 2015, № 10, p. 1-11.
9. АБДУЛЛИН И.Ш. и др. Исследование влияния неравновесной низкотемпературной плазмы на структуру дермы полуфабриката из шкур речных рыб: сазана и судака. Вестник Казанского технологич. ун-та. 2014, т. 17, № 1, с. 75-77.
10. RU 2781145 C2, 2022.
11. RU 2076555 C1, 1997.
12. EU 037157 B1, 2020 (прототип).
13. BY 12846, 2021.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 24309

(13) С1

(45) 2024.06.20

(51) МПК

A 01C 1/00 (2006.01)

H 01J 37/32 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН РАСТЕНИЙ

(21) Номер заявки: а 20230068

(22) 2023.03.10

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусская государственная ака-
демия авиации" (ВУ)

(72) Авторы: Шегидевич Артем Артуро-
вич; Мартынюк Виктор Иванович;
Пушкина Надежда Викторовна; Ва-
силевич Сергей Владимирович;
Гринчик Николай Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусская государственная
академия авиации" (ВУ)

(56) ЕА 037157 В1, 2021.

RU 2265304 С1, 2005.

RU 2317668 С2, 2008.

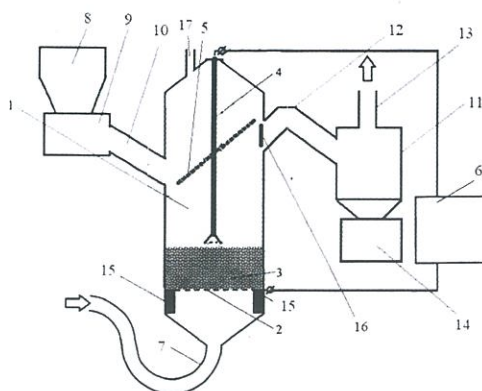
RU 2781971 С1, 2022.

RU 2724046 С2, 2020.

RU 2076555 С1, 1997.

(57)

Устройство для плазменной обработки семян растений, содержащее вертикально установленную рабочую камеру, в нижней части которой расположены штуцер подачи газа и катодный узел, выполненный в виде мелкоячеистой решетки с расположенным на ней слоем электропроводного порошка, расположенные в верхней части рабочей камеры штуцер отвода газа и анод, выполненный в виде металлического стержня с металлической решеткой или пластиной на нижнем торце стержня, направляющую сетку, жестко закрепленную на металлическом стержне под углом к горизонтали, высоковольтный источник питания переменного или постоянного тока, отрицательный электрод которого соединен с мелкоячеистой решеткой катода, а положительный - с анодом, соединенный с рабочей камерой через канал подачи семян питатель, соединенный с загрузочным бункером для семян, и соединенный с рабочей камерой через канал отвода семян, оборудованный заслонкой, циклон со штуцером отвода газа, соединенный со сбросовым бункером для обработанных семян.



Фиг. 1

Изобретение относится к сельскому хозяйству, к области семеноводства, а также к области физико-химической обработки различных материалов.

Положительное влияние малых доз излучения на всхожесть, прорастание и урожайность семян растений сельскохозяйственных культур известно давно [1-3]. Впервые использование плазменной обработки отмечается в 1990 г., она была создана в Санкт-Петербурге, после чего была апробирована в Российской Федерации, Беларуси, Казахстане, США, Корее и т. д. [4]. Обработка плазмой происходит в специальной газовой среде с пониженным давлением. Плазменные семена (так принято называть обработанные плазмой семена) уже не первый год активно продаются на международном рынке и хорошо себя зарекомендовали.

Первоначально обработка холодной плазмой в основном служила для стерилизации чувствительных к температуре материалов [5, 6], чуть позже был отмечен положительный эффект инактивации патогенных микроорганизмов в пищевой промышленности, биомедицине [7-9], и в последнее десятилетие плазменная нетермическая обработка стала активно применяться в сельском хозяйстве.

Известны устройства для обработки семян электромагнитными полями, электрическим, тлеющим и плазменным разрядами, инфракрасным, ультрафиолетовым, лазерным, рентгеновским и гамма-облучением.

Известен способ обработки семян яровой пшеницы [10], характеризующийся тем, что семена пшеницы предварительно очищают от посторонних включений, примесей семян других сортов, после чего высушивают до естественной влажности 7-13 %, после чего загружают в технологическую камеру для плазменной обработки таким образом, чтобы семена были равномерно распределены по поверхности плоского анода, не касаясь друг друга, и далее осуществляют обработку семян в объемной низкотемпературной неравновесной аргоновой плазме, генерируемой тлеющим разрядом постоянного напряжения в электродной системе: многоострый катод - плоский анод, при атмосферном давлении и мощности воздействия на семена пшеницы $1,4 \cdot 10^{-3}$ - $1,6 \cdot 10^{-3}$ Вт/см³ продолжительностью 30-240 с. Для плазменной обработки семян использовался источник объемной холодной аргоновой плазмы на основе тлеющего разряда атмосферного давления.

Недостаток устройства, используемого в этом способе, состоит в низкой эффективности действия на семена, высокой удельной энергоемкости и цикличности работы устройства.

Известно устройство для плазменной обработки семян растений [11], содержащее камеру, присоединенную к источнику неорганического газа, электрический генератор, вакуумную систему и электроды, один из электродов выполнен в виде полого металлического элемента с возможностью циркуляции в нем охлаждающего агента, в качестве другого электрода использован металлический корпус камеры, внутри которой размещен транспортирующий механизм, а камера имеет загрузочный и сбросовый бункеры.

Недостатками данного устройства являются неравномерность обработки семян, а также сложность и дороговизна конструкции из-за необходимости поддержания вакуума, что требует решения ряда технических вопросов.

Наиболее близким к заявленному техническому решению, его прототипом является устройство для получения плазмы тлеющего разряда [12], содержащее рабочую камеру, размещенные на ней анодный и катодный узлы, систему подачи и отвода газов и систему электропитания, при этом рабочая камера установлена вертикально, катодный узел расположен в ее нижней части и выполнен в виде газоразрядной решетки с расположенным на ней слоем электропроводящего порошка.

Подача рабочего газа приводит к псевдооживлению слоя электропроводящего порошка на катоде, что позволяет существенно снизить рабочее напряжение и многократно увеличить объем генерируемой плазмы. Использование псевдооживленного слоя в качестве ка-

тогда позволяет значительно увеличить КПД устройства по сравнению с устройствами, реализующими иной способ генерирования плазмы.

Достоинством данного устройства является возможность более эффективного контакта семян с плазмой за счет применения псевдооживленного слоя электропроводного порошка.

Недостатком данного устройства является отсутствие устройств для оперативной подачи и отгрузки семян.

Задачей предлагаемого изобретения является создание устройства для плазменной обработки семян растений, позволяющего реализовывать более эффективную обработку семян в режиме контролируемой работы устройства.

Задача решается следующим способом.

Устройство для плазменной обработки семян растений, содержащее вертикально установленную рабочую камеру, в нижней части которой расположены штуцер подачи газа и катодный узел, выполненный в виде мелкоячеистой решетки с расположенным на ней слоем электропроводного порошка, расположенные в верхней части рабочей камеры штуцер отвода газа и анод, выполненный в виде металлического стержня с металлической решеткой или пластиной на нижнем торце стержня, направляющую сетку, жестко закрепленную на металлическом стержне под углом к горизонтали, высоковольтный источник питания переменного тока, отрицательный электрод которого соединен с мелкоячеистой решеткой катода, а положительный - с анодом, соединенный с рабочей камерой через канал подачи семян питатель, соединенный с загрузочным бункером для семян, и соединенный с рабочей камерой через канал отвода семян, оборудованный заслонкой, циклон со штуцером отвода газа, соединенный со сбросовым бункером для обработанных семян.

Сущность заявляемого технического решения поясняется фиг. 1, где приведено схематическое изображение устройства. На фиг. 1 приняты следующие обозначения:

- 1 - рабочая камера;
- 2 - решетка;
- 3 - порошок;
- 4 - анод;
- 5 - направляющая сетка, жестко закрепленная на аноде под углом к горизонтали;
- 6 - источник электропитания;
- 7 - штуцер подачи газа;
- 8 - загрузочный бункер;
- 9 - питатель;
- 10 - канал подачи семян;
- 11 - циклон;
- 12 - канал отвода семян;
- 13 - штуцер отвода газа;
- 14 - сбросовый бункер;
- 15 - основание;
- 16 - заслонка;
- 17 - штуцер.

Как видно из фиг. 1, заявляемое устройство состоит из установленной вертикально рабочей камеры 1, в нижней части которой смонтированы решетка 2 с расположенным на ней порошком 3, совместно образующие катод, а в верхней части расположен анод 4. Анод 4 выполнен в виде металлического стержня с направляющей сеткой 5 и металлической решеткой или плоской пластиной (электродом) на нижнем торце. На решетку 2 и анод 4 подается напряжение от источника высоковольтного электропитания 6. Рабочий газ подается через штуцер подачи газа 7, расположенный в нижней части рабочей камеры 1. Для подачи семян рабочая камера соединена с загрузочным бункером 8 и питателем 9 каналом 10 подачи семян. Для отвода семян рабочая камера соединена с циклоном 11 ка-

налом 12 отвода семян. Газ удаляется из рабочей камеры 1 через штуцер отвода газа 13, расположенный за циклоном 11. Семена в циклоне отделяются от газового потока и падают в сбросовый бункер 14. Во избежание перегрева тонкой решетки 2 в процессе работы она снабжена массивным металлическим основанием 15, служащим теплоотводом. Для предотвращения преждевременного выноса семян из рабочей камеры канал отвода семян оборудован заслонкой 16. При закрытой заслонке псевдоожижающий газ выходит через штуцер 17.

Рабочая камера устройства - это пространство внутри вертикальной кварцевой трубы, ограниченное снизу металлической впускной решеткой и сверху направляющей сеткой, препятствующей выносу семян интенсивным потоком газового реагента (воздуха).

Устройство работает следующим образом. Решетка 2 присоединяется к отрицательному электроду источника электропитания, а анод 4 - к положительному. Включением источника электропитания 6 на электроды подается рабочее напряжение, порошок 3 при этом заряжается отрицательно. Поскольку расстояние между решеткой 2 со слоем порошка 3 и анодом 4 в данный момент велико, ток через устройство не протекает. Затем через штуцер подачи газа 7 в рабочую камеру 1 подается газ (газовая смесь). Под действием потока газа порошок 3 псевдоожижается, расстояние между порошком 3, несущим отрицательный заряд, и анодом 4, заряженным положительно, значительно сокращается, и возникает электрический пробой, который ионизирует газовый промежуток. В следующий момент времени вследствие лавинной ионизации газа в межэлектродном пространстве рабочей камеры 1 загорается плазма. Режим горения плазмы задается в соответствии с требованиями техпроцесса и регулируется расходом газа, напряжением между электродами и силой протекающего тока. Из загрузочного бункера 8 с помощью питателя 9 по каналу 10 семена растений самотеком поступают в рабочую камеру. Так как семена имеют меньшую плотность (меньше 1 г/см^3), чем частицы электропроводящего слоя (насыпная плотность порошка железа - $1,66 \text{ г/см}^3$), то они (т. е. семена) потоком газа поднимаются и скапливаются в верхней части рабочей камеры, где совершают интенсивные колебательные и крутильные движения (наблюдаемые визуально при выключенном высоковольтном источнике электропитания). Газ свободно проходит через направляющую сетку 6 и выходит через штуцер 17. При этом расход газа подбирается таким, чтоб поддерживалось псевдооживление слоя и при этом семена не выносились за пределы рабочей камеры, уносу семян препятствует направляющая сетка в верхней части рабочей камеры. По истечении времени, требуемого для обработки определенного сорта семян, поворотом анода на 180° обеспечивается доступ семян к каналу отвода семян с открытием заслонки 16 в канале 12 отвода смеси газа, и семенной материал поступает в циклон 11 и сбросовый бункер 14 сбора обработанных семян. При этом частицы псевдооживленного слоя по причине высокой плотности не поднимаются до этого уровня отвода. Направляющая сетка 5 обеспечивает подвод всех семян к каналу отвода семян. При этом газ свободно проходит через канал 12 отвода семян, циклон 11 и сбросовый бункер 14 и выходит через штуцер 13 отвода газа. Далее снижается расход газа, закрывается заслонка 16 и включается подача следующей партии семян.

Были проведены испытания устройства с использованием семян редьки масличной. Семена обрабатывали плазмой с использованием предлагаемого устройства в течение 2 и 4 с. Визуальные наблюдения за процессом воздействия показывали, что семена в процессе увлекаются потоком воздуха в верхнюю часть реактора и под действием того же потока совершают вращательные и колебательные движения в воздушной струе. При этом поверхность семян подвергается равномерному воздействию по крайней мере четырех факторов: воздействию озона, облучению ультрафиолетом, подсушиваются в потоке горячего воздуха и подвергаются микроволновому излучению. После плазменной обработки учитывали всхожесть семян и длины корней и побегов. Эксперимент проводился в 2-кратной повторности по 50 шт. для каждого образца. В результате получили следующие значения.

Всхожесть:

контроль (без обработки) - 76 %;

2 с обработки - 74 %;

4 с обработки - 84 %.

Длина корней и побегов:

2 с обработки: длина корня + 285 %; длина побега + 400 % к контролю;

4 с обработки: длина корня + 134 %; длина побега + 212,5 %.

Данное исследование всхожести семян редьки масличной провела научный сотрудник физико-технической лаборатории НИИ ЯП БГУ, к. б. н. Пушкина Надежда Викторовна.

Энергия прорастания редьки масличной:

контроль - 74 %;

2 с - 70 %;

4 с - 74 %.

На глаз - обработанные проростки длиннее и более зеленые (возможно, содержат больше фотосинтетических пигментов).

На седьмой день:

всхожесть:

контроль - 76 %;

2 с - 74 %; 4 с - 84 %;

длина корней и побегов:

2 с: длина корня + 285 %; длина побега + 400 % к контролю;

4 с: длина корня + 134 %; длина побега + 212,5 %.

На четырнадцатый день:

всхожесть:

контроль - 74 %;

2 с - 76 %; 4 с - 82 %;

длина корней и побегов

2 с: длина корня + 310 %; длина побега + 475 % к контролю;

4 с: длина корня + 237,5 %; длина побега + 325 %.

На фиг. 2 приведены фотографии обработанного и контрольного образцов после прорастания.

На фиг. 3 приведены фотографии обработанного и контрольного образцов через 14 дней после прорастания.

На фиг. 4 приведены фотографии процесса обработки образцов (семенного материала) в кипящем слое с образованием плазмы тлеющего разряда.

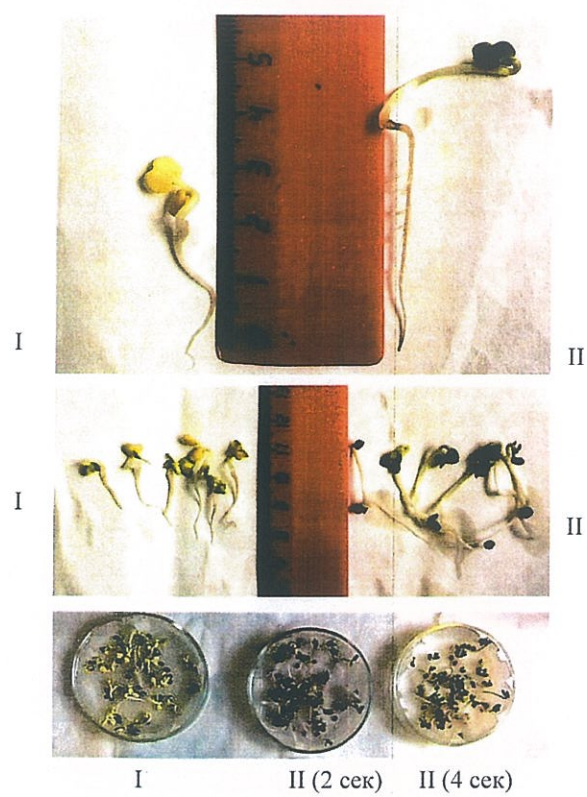
Из данного исследования следует, что плазменная обработка ускоряла прорастание семян и увеличивала продуктивность редьки масличной. Использование предлагаемого устройства позволило увеличить всхожесть семян и скорость их роста, при этом достаточное время обработки семян 2 с, в то время как использование известных прототипов предусматривает время обработки от 5 до 30 с. Физиологический эффект от предлагаемого устройства наблюдался на фоне существенно меньших энергозатрат.

Как видно из приведенного выше исследования, использование предлагаемого устройства позволяет повысить качество плазменной обработки семян редьки масличной, повысить производительность (за счет снижения времени обработки), снизить удельные энергозатраты (за счет более высокого КПД устройства по сравнению с устройствами, реализующими иной способ генерирования плазмы), стабилизировать температуру в камере обработки и исключить вероятность перегрева семян (за счет активного перемешивания в псевдооживленном слое), обеспечить непрерывность работы устройства, стимулировать высокую жизнеспособность семян. Кроме того, предлагаемое устройство позволяет существенно расширить сферу стимулирования продукционного процесса сельскохозяйственных культур.

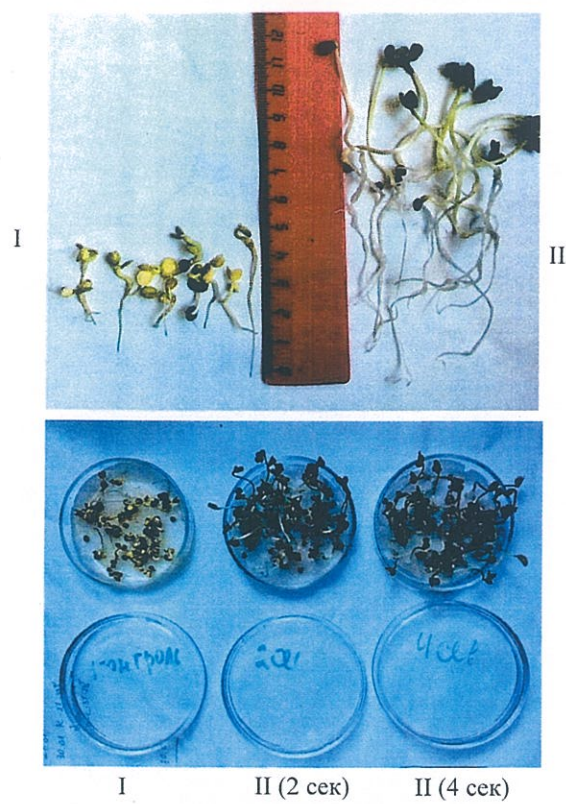
Необходимо отметить важные особенности предлагаемого технического решения. Прежде всего, последовательность включения устройства: 1) при снаряженной рабочей камере из питателя подаются семена; 2) включается и регулируется компрессор, так что идет ожижение слоя металлического порошка, а семена злаков потоком газа совершают хаотические движения под мелкоячеистой сеткой, ограничивающей сверху рабочую камеру; 3) включается на заданное время высоковольтный блок питания (и, соответственно, между электродами возникает облако высокотемпературной плазмы, оно видимо как ослепительное свечение, сопровождаемое характерным треском); 4) блок питания выключается, и далее следует процедура выгрузки семян в сбросовый бункер. Тут очевиден такой момент, что мы относим наше техническое решение к технологиям плазменной обработки семян, но на самом деле в данном предложенном решении семена не присутствуют в плазме высоковольтного электрического разряда. Они находятся на его периферии, в потоке воздуха, под верхней сеткой, служащей препятствием их улету за пределы рабочей зоны. Но семена, не попадая в зону плазменного разряда, в полной мере получают сопровождающие плазменный разряд физические действия, а именно: 1) повышенную температуру восходящего потока газа; 2) облучение ультрафиолетом от высокотемпературной плазмы; 3) воздействие озоном происхождением электрическим разрядом между электродами; 4) воздействие интенсивного микроволнового излучения, возникающего в псевдооживленном слое порошка металла в высоковольтном поле [13] (микроразряды между частицами порошка, краевые явления на остриях, локальные явления ускорения и торможения ионов и электронов в поле высокого градиента напряжения). Совокупность этих факторов и создает требуемый эффект - уничтожение всевозможных патогенов на поверхности семян и стимулирование всхожести семян.

Источники информации:

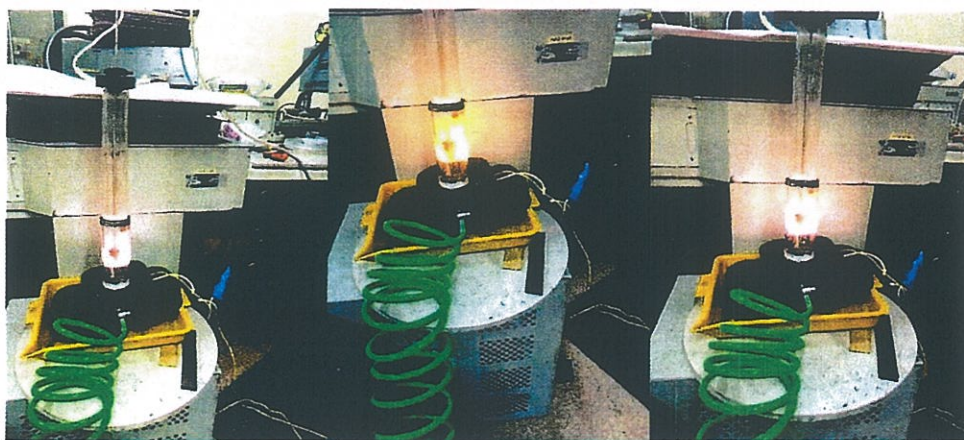
1. ЗУЕВ Н.А. и др. Исследование энергии прорастания и всхожести семян горчицы при сушке импульсным ИК-способом. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2011, № 2(47), с. 7-10.
2. КУЗИН А.М. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. Москва: Атомиздат, 1977, 275 с.
3. КОЗЬМИН Г. В. и др. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Обнинск, 2015, 400 с.
4. Плазменная технология обработки семян и плазменные семена [электронный ресурс]. Найдено на [<http://www.lana-pav.com/plazmennaya-tehnologiya-obrabotki-semyan-i-plazmennye-semena.html>].
5. КОРНЕВ И.И. и др. Низкотемпературные методы стерилизации в профилактике хирургической инфекции. Хирургия. 2011, № 6, с. 43-47.
6. MOISAN M. et al. Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms. Int. Journal Pharmaceut. 2001, № 226(1), p. 1-21.
7. DREXEL A.J. Plasma Institute in Camden [электронный ресурс]: 1st International Workshop on Plasma Agriculture, IWOPA - 1 (May 15th-20th 2016, USA). Найдено на [[http://www.iwopa.org/program/IWOPA-1 %20 Abstracts.pdf](http://www.iwopa.org/program/IWOPA-1%20Abstracts.pdf)].
8. THIRUMDAS R. et al. Cold Plasma: A novel Non-Thermal Technology for Food Processing. Food Biophysics. 2015, № 10, p. 1-11.
9. АБДУЛЛИН И.Ш. и др. Исследование влияния неравновесной низкотемпературной плазмы на структуру дермы полуфабриката из шкур речных рыб: сазана и судака. Вестник Казанского технологич. ун-та. 2014, т. 17, № 1, с. 75-77.
10. RU 2781145 C2, 2022.
11. RU 2076555 C1, 1997.
12. EU 037157 B1, 2020 (прототип).
13. BY 12846, 2021.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4