

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202291079** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.07.07

(22) Дата подачи заявки
2020.10.06

(51) Int. Cl. **C05C 11/00** (2006.01)
C05D 9/02 (2006.01)
C05G 5/12 (2020.01)
C03C 3/087 (2006.01)
C05D 9/00 (2006.01)

(54) ПРИМЕНЕНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСТЕНИЯ КРЕМНИЕМ В УСВОЯЕМОЙ ФОРМЕ, СПОСОБ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭТОГО СТЕКЛА И НОВЫЙ ПОРОШОК УКАЗАННОГО СТЕКЛА

(31) **FR1911152**

(32) **2019.10.08**

(33) **FR**

(86) **PCT/FR2020/051744**

(87) **WO 2021/069825 2021.04.15**

(71) Заявитель:

**АГРО ИННОВЕЙШН
ИНТЕРНЭШНЛ; СЭН-ГОБЭН
ИЗОВЕР (FR)**

(72) Изобретатель:

**Аркун Мустафа, Жамуа Франк, Ивен
Жан-Клод, Ролли Камила (FR)**

(74) Представитель:

Фелицына С.Б. (RU)

(57) Изобретение находит применение, в частности, в области сельского хозяйства. Применение алюмосиликатного стекла для обеспечения растения кремнием в усвояемой форме, способ обработки растения с использованием этого стекла и новый порошок указанного стекла. Предметом настоящего изобретения является применение алюмосиликатного стекла для обеспечения растения кремнием в усвояемой форме, способ обработки растения с использованием этого стекла и новый порошок указанного стекла. В соответствии с изобретением это алюмосиликатное стекло содержит следующие компоненты в массовом содержании, варьирующемся в пределах, определенных ниже: SiO₂ - 30-60%; Al₂O₃ - 10-26%; CaO+MgO+Na₂O+K₂O - 15-45%.

202291079

A1

A1

202291079

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСТЕНИЯ КРЕМНИЕМ В УСВОЯЕМОЙ ФОРМЕ, СПОСОБ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭТОГО СТЕКЛА И НОВЫЙ ПОРОШОК УКАЗАННОГО СТЕКЛА

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение находит применение, в частности, в области сельского хозяйства.

Настоящее изобретение в целом относится к применению определенного алюмосиликатного стекла в качестве источника кремния для обеспечения растения кремнием в усвояемой форме. Оно также относится к способу обработки растения с применением этого алюмосиликатного стекла. Наконец, оно относится, в качестве нового продукта, к порошкам этого алюмосиликатного стекла.

Уровень техники

Кремний является элементом, способствующим хорошему вегетативному развитию растений, таких как Solanaceae, Asteraceae, Poaceae и Sinapis Albae. Вообще говоря, кремний может усваиваться растениями только в виде кремниевой кислоты. Обычно он транспортируется в транспирационном потоке от корней к надземным органам, где накапливается и осаждается с образованием биогенных опалов, называемых фитолитами.

Исследования последних нескольких лет показали, что абсорбированный кремний повышает урожайность и качество сельскохозяйственных культур. В частности, было показано, что кремний улучшает засухоустойчивость и замедляет увядание некоторых растений при задержке полива. Он также может увеличить прочность стеблей риса или пшеницы, предотвращая их разрушение во время сильного дождя или сильного ветра.

Учитывая эти преимущества, были предприняты исследования по разработке составов для обеспечения растений кремнием в усвояемой форме.

Например, в документе WO 2010/040176 предлагается использовать в качестве источника усвояемого растениями кремния частицы натриево-известкового стекла, содержащие по меньшей мере 50% по массе кремнезема (SiO_2) и по меньшей мере 2% по массе оксида натрия (Na_2O). Однако для получения удовлетворительного эффекта эти частицы должны быть очень мелкими и иметь медианный размер, как правило, менее 37 мкм.

Способ, описанный в этом более раннем документе для изготовления этих стеклянных частиц, является относительно дорогостоящим для реализации в промышленном масштабе, так как требует длительного измельчения и использования замкнутого пространства, а также специальных средств индивидуальной защиты для получения и использования рассматриваемых частиц.

Кроме того, было отмечено, что частицы натриево-известково-силикатного стекла в соответствии с учением этого более раннего документа практически не выделяют кремний в присутствии кислот, обычно выделяемых растениями, и что количества фитоцитов, образующихся в растениях, обработанных этими частицами натриево-известкового стекла, остаются относительно низкими, что свидетельствует об ограниченном поглощении кремния.

В документе FR 3051463 было показано, что кремний стимулирует поглощение растениями азота, в частности, в форме мочевины. В этом документе упоминаются многие источники кремния, такие как твердые или жидкие минеральные формы, стеклообразные продукты или органические кремнеземы. В примерах, подчеркивающих стимуляцию поглощения азота, используется силикат натрия с добавлением никеля.

Однако было отмечено, что, несмотря на почти мгновенное растворение в присутствии кислот, которые могут образовываться в почве, силикат натрия приводит к ограниченному образованию фитоцитов в растениях, снова свидетельствуя об ограниченном поглощении кремния.

Раскрытие изобретения

В этом контексте задачей настоящего изобретения является решение технической проблемы, связанной с обеспечением источника кремния, усвояемого растениями и приводящего к образованию большого количества фитоцитов, который может быть получен и использован простым и недорогим способом в промышленном масштабе.

Было обнаружено, и это составляет основу настоящего изобретения, что определенные алюмосиликатные стекла, используемые, в частности, в форме частиц, являются особенно эффективными для обеспечения растений кремнием в усвояемой форме. Было показано, в частности, что эти стекла приводят к образованию большого количества фитоцитов, в отличие от источников кремния, описанных в предшествующем уровне техники. Кроме того, было отмечено, что это поступление кремния может быть достигнуто с использованием частиц более крупного размера, чем частицы, описанные в документе WO 2010/040176, и поэтому его получение в промышленных масштабах является более дешевым. Наконец, эти алюмосиликатные частицы могут быть без труда включены в композиции удобрений, в частности, в форме гранул, что делает их особенно удобными для применения в сельском хозяйстве.

Не ограничиваясь теорией, авторы изобретения полагают, что улучшенное поглощение кремния в усвояемой форме, демонстрируемое наличием в растении значительного количества фитоцитов, является результатом способности алюмосиликатного стекла конгруэнтно растворяться под действием органических кислот,

выделяемых растениями.

Так, было отмечено, что кремнезем, хотя и является структурным компонентом стекла, растворяется вместе с другими составляющими в кислых средах, идентичных органическим кислотам, выделяемым растениями. Поэтому снабжение растений кремнием осуществляется постепенным и контролируемым образом.

Кроме того, благодаря своему особому составу и, в частности, своему высокому содержанию глинозема, это алюмосиликатное стекло мало растворяется, если вообще растворяется, в водной среде, близкой к нейтральному pH, что позволяет включать его в состав удобрений, в частности, в форме гранул.

Таким образом, в соответствии с первым аспектом предметом настоящего изобретения является применение алюмосиликатного стекла, содержащего следующие компоненты, массовое содержание которых варьируется в пределах, определенных ниже:

SiO_2	30-60%
Al_2O_3	10-26%
$\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	15-45%

в качестве источника кремния, для обеспечения растения кремнием в усвояемой форме.

Согласно второму аспекту предметом настоящего изобретения является способ обработки растения, отличающийся тем, что для обеспечения этого растения кремнием в усвояемой форме к указанному растению или среде для выращивания указанного растения применяют алюмосиликатное стекло, как определено в последующем описании.

В соответствии с третьим аспектом предметом настоящего изобретения является порошок алюмосиликатного стекла, как определено выше, при этом указанный порошок имеет такое распределение частиц по размерам, что объемный медианный диаметр этих частиц «D50» составляет от 60 до 250 микрон, предпочтительно от 75 до 180 мкм.

Определения

Для целей настоящего описания:

«растение» означает растение, рассматриваемое как единое целое, включая его корневую систему, его вегетативный аппарат, зерна, семена и плоды;

«диаметр» частицы означает диаметр эквивалентной сферы в объеме указанной частицы;

«DX» представляет собой выраженное в микронах значение диаметра частиц, такое, что в данном образце частиц, и учитывая распределения частиц по размеру в объеме, X% распределения имеет диаметр меньше, чем этот диаметр DX; например, в случае порошка, имеющего D90, равный 300 микрон, частицы, имеющие диаметр меньше

300 микрон, занимают 90% всего объема образца. Другими словами, в суммарном объемном распределении значение DX соответствует диаметру, для которого суммарная функция равна X%; распределение частиц по размеру в объеме может быть получено, в частности, с помощью лазерной дифракции;

«удобряющее вещество» означает любой продукт или композицию, использование которых предназначено для обеспечения или улучшения физических, химических или биологических свойств почвы и питания растений;

«удобрение» означает любое удобрение, основной функцией которого является обеспечение растений питательными веществами, которые могут быть основными, вторичными или микроэлементами;

«кремний-накопляющее растение» означает любое растение, которое может содержать более 1 масс.% кремния по отношению к сухой массе растения и молярное отношение Si/Ca составляет больше 1.

Общее определение алюмосиликатного стекла находится в рамках значения по изобретению.

Как правило, алюмосиликатное стекло, используемое в соответствии с изобретением, включает следующие компоненты, массовое содержание которых варьируется в пределах, определенных ниже:

SiO ₂	30-60%
Al ₂ O ₃	10-26%
CaO+MgO+Na ₂ O+K ₂ O	15-45%
K ₂ O	0-10%
Fe ₂ O ₃ (общее железо)	0-15%
P ₂ O ₅	0-4%

Предпочтительно содержание согласно изобретению.

Содержание SiO₂ предпочтительно находится в диапазоне от 35 до 49%, в частности, от 36 до 45% или даже от 38 до 44%.

Содержание Al₂O₃ предпочтительно составляет от 12 до 25%, в частности, от 14 до 24% или даже от 15 до 23%.

Было обнаружено, что алюмосиликатное стекло с содержанием SiO₂ и Al₂O₃, попадающим в общие и предпочтительные диапазоны, определенные выше, обладает выгодным свойством способности конгруэнтно растворяться под действием органических кислот, выделяемых растениями, и, таким образом, выделять кремний, который может быть непосредственно усваиваться растениями. Также было обнаружено, что такое стекло мало растворяется, если вообще растворяется, в водных средах с pH, близким к

нейтральному, что особенно выгодно с промышленной точки зрения, поскольку это стекло можно использовать без каких-либо особых ограничений в производстве удобрений, особенно в форме гранул.

Сумма содержания CaO , MgO , Na_2O и K_2O (обозначается как $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) предпочтительно составляет от 20 до 40%, в частности, от 25 до 35%. Присутствие этих оксидов щелочноземельных и щелочных металлов облегчает плавление стекла, а также выгодным образом способствует растворению стекла при контакте с органическими кислотами.

Содержание CaO предпочтительно составляет от 8 до 30%, предпочтительно от 10 до 30%, в частности, от 12 до 28%. Содержание MgO предпочтительно составляет от 1 до 15%, в частности, от 1 до 12% или даже от 1 до 11%.

Содержание Na_2O предпочтительно составляет от 0 до 12%, в частности, от 1 до 10%. Содержание K_2O предпочтительно составляет от 0 до 8%, предпочтительно от 1 до 8%, в частности, от 1 до 7% или даже от 1 до менее 5%.

Согласно варианту осуществления сумма содержания CaO и MgO находится в диапазоне от 25 до 40%, в частности, от 27 до 35%, и сумма содержания Na_2O и K_2O находится в диапазоне от 0 до 6%, в частности, от 0 до 5% или даже от 1 до 5%.

В соответствии с другим вариантом осуществления сумма содержания CaO и MgO составляет от 10 до 25%, в частности, от 12 до 20%, и сумма содержания Na_2O и K_2O составляет от 8 до 15%, в частности, от 9 до 13%.

Общее содержание оксида железа, выраженное в виде Fe_2O_3 , предпочтительно составляет от 0 до 13%, в частности, от 2 до 12% или даже от 4 до 12%. Оксид железа может присутствовать в виде оксида железа FeO и/или оксида железа Fe_2O_3 . Окислительно-восстановительный потенциал, определяемый как отношение содержания оксида железа, выраженного в виде FeO , к общему молярному содержанию оксида железа, выраженному в виде Fe_2O_3 , предпочтительно находится в диапазоне от 0,1 до 0,9, в частности, от 0,2 до 0,9.

Предпочтительно общее содержание SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O и Fe_2O_3 составляет по меньшей мере 94%, в частности, по меньшей мере 95% и даже по меньшей мере 96% или по меньшей мере 97%.

Содержание P_2O_5 предпочтительно составляет 4% или менее, в частности, 3% или даже 2% и даже 1%. Предпочтительно оно составляет не более 0,5% и даже равно нулю, за исключением неизбежных примесей.

Содержание BaO предпочтительно равно 5% или менее, в частности, 4% или даже 3% и даже 2% или 1%. Предпочтительно содержание составляет не более 0,5% и даже

равно нулю, за исключением неизбежных примесей.

Содержание SrO предпочтительно составляет 5% или менее, в частности, 4% или даже 3% и даже 2% или 1%. Предпочтительно оно составляет не более 0,5% и даже равно нулю, за исключением неизбежных примесей.

Содержание ZnO предпочтительно составляет 5% или менее, в частности, 4% или даже 3% и даже 2% или 1%. Предпочтительно оно составляет не более 0,5% и даже равно нулю, за исключением неизбежных примесей.

Содержание B₂O₃ предпочтительно составляет 5% или менее, в частности, 4% или даже 3% и даже 2% или 1%. Предпочтительно оно составляет не более 0,5% и даже равно нулю, за исключением неизбежных примесей.

Содержание TiO₂ предпочтительно равно 5% или менее, в частности, 4% или даже 3% и даже 2% или 1%.

Содержание ZrO₂ предпочтительно равно 5% или менее, в частности, 4% или даже 3% и даже 2% или 1%. Предпочтительно оно составляет не более 0,5% и даже равно нулю, за исключением неизбежных примесей.

Другие компоненты могут присутствовать в химическом составе алюмосиликатного стекла, используемого согласно изобретению, либо по своей природе, либо в виде примесей, присутствующих в сырье или поступающих из огнеупоров печи. Это может быть, в частности, SO₃, полученный в результате добавления сульфата натрия или кальция в качестве очистителя стекла.

Разумеется, что различные предпочтительные диапазоны, описанные выше, могут свободно комбинироваться друг с другом, поскольку не все комбинации могут быть перечислены по причинам требования краткости изложения.

Несколько предпочтительных комбинаций описаны ниже.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления алюмосиликатное стекло, используемое в соответствии с изобретением, имеет химический состав, включающий следующие компоненты в массовом содержании, варьирующемся в пределах, определенных ниже:

SiO ₂	35-49%
Al ₂ O ₃	12-24%
CaO+MgO+Na ₂ O+K ₂ O	20-40%
Fe ₂ O ₃	0-12%.

В соответствии с особенно предпочтительным вариантом осуществления это стекло имеет химический состав, включающий следующие компоненты в массовом содержании, варьирующемся в пределах, определенных ниже:

SiO ₂	36-45%
Al ₂ O ₃	14-23%
CaO+MgO+Na ₂ O+K ₂ O	25-35%
Fe ₂ O ₃	0-10%.

Различные предпочтительные диапазоны, перечисленные выше для других оксидов, конечно, применимы к этим предпочтительным вариантам осуществления. В частности, содержание P₂O₅ предпочтительно равно 4% или менее, в частности 3%, содержание BaO предпочтительно равно 5% или менее, в частности 4%, содержание SrO предпочтительно равно 5% или менее, в частности 4%, содержание ZnO предпочтительно равно 5% или менее, в частности 4%, содержание B₂O₃ предпочтительно равно 5% или менее, в частности 4%, содержание TiO₂ предпочтительно равно 5% или менее, в частности 4%, содержание ZrO₂ предпочтительно равно 5% или менее, в частности 4%.

Алюмосиликатное стекло, используемое в соответствии с изобретением, может быть изготовлено с помощью всех известных способов плавки. Стекловидную смесь, содержащую природное и/или искусственное сырье, нагревают до температуры по меньшей мере 1300°C, в частности, от 1400 до 1600°C с получением массы расплавленного стекла. Сырье выбирают, среди прочего, из кварцевого песка, полевого шпата, базальта, боксита, доменного шлака, нефелина, нефелинового сиенита, известняка, доломита, фонолита, карбоната натрия, карбоната калия, оксида железа, гипса, сульфата натрия, фосфата кальция. Стекловидную смесь нагревают, в частности, в стеклоплавильной печи с помощью пламени воздушных или погружных горелок и/или электродов, или в вагранке путем сжигания кокса.

Алюмосиликатное стекло получают после охлаждения полученной таким образом остеклованной смеси.

В контексте настоящего изобретения алюмосиликатное стекло, определенное выше, предпочтительно используется в форме частиц, в частности частиц, имеющих такое распределение по размерам, что объемный медианный диаметр этих частиц «D50» составляет от 60 до 250 микрон, предпочтительно от 75 до 180 микрон.

Предпочтительно эти частицы также будут иметь значение D90, составляющее от 150 до 600 микрон, предпочтительно от 150 до 350 микрон и еще более предпочтительно от 150 до 300 микрон.

Предпочтительно эти частицы также будут иметь значение D10, составляющее от 10 до 40 микрон, предпочтительно от 15 до 30 микрон.

Эти частицы могут быть получены путем измельчения стекла, полученного как указано выше, например, с помощью маятниковой мельницы, связанной с

аэродинамическим селектором, или шаровой мельницы. Эти частицы также могут быть получены путем измельчения стеклянных волокон.

Только что описанное алюмосиликатное стекло может быть выгодно использовано в способе обработки растения путем применения эффективного количества указанного стекла к указанному растению. Предпочтительно этот способ будет применяться к растению в условиях субоптимальной дозы азота, как будет понятно ниже в этом описании.

Растения испытывают абсолютную потребность в азоте. Действительно, азот является стержнем для их роста и определяющим урожайность питательным веществом, поскольку он является основным фактором, ограничивающим развитие растения. По этой причине рост, урожайность и качество урожая зависят от значительных поступлений азота.

На сегодняшний день применение азота в сельском хозяйстве составляет более 80 миллионов тонн в год во всем мире, и производство сельскохозяйственных культур должно продолжать расти вместе с растущим спросом мирового населения. Однако растущее применение азота в сельском хозяйстве создает экологические проблемы. В результате, повышение урожайности при одновременном сохранении окружающей среды за счет устойчивого сельскохозяйственного производства является серьезной проблемой для современного сельского хозяйства.

Использование удобрений, специально разработанных для лучшего удовлетворения потребностей растений в азоте, привело к значительному улучшению сельскохозяйственного производства. Однако эти удобрения являются дорогостоящими с точки зрения производства, и их применение может быть экологически проблематичным из-за потери в окружающую среду избыточного азота, который не усваивается растениями должным образом. Поэтому абсолютно необходимо максимально повысить эффективность использования азотных удобрений. Эта эффективность соответствует соотношению между производством (урожайностью) и единицами внесенных удобрений. Это зависит от нескольких сложных процессов, связанных с развитием растения, сорта (генетический фактор) и условий окружающей среды (климат, тип почвы и т.д.).

Хотя внесение большего количества азота приводит к повышению урожайности, это зависимость не является линейной. Существует «оптимальная» норма внесения, при которой будет достигнута оптимальная урожайность, т.е. выше которой урожайность не увеличится, поэтому избыток азота будет потерян в окружающей среде. Это приводит к низкой эффективности использования азота.

Как показано на фиг. 1, в качестве примера в случае с пшеницей (*Triticum*

aestivum), внесение низкой дозы азота, равной 48, 96 или 144 кг N/га в год приводит к задержке роста и, следовательно, к низкой урожайности. С другой стороны, потери азота являются низкими. Оптимальное внесение азота в количестве 192 кг N/ га в год или избыток азота (количества, превышающие 192 кг N/ га в год) приводит к высоким урожаям, но сопровождается большими потерями азота и низкой эффективностью использования азота.

Таким образом, чтобы ограничить потери азота в окружающую среду и уменьшить влияние удобрений на окружающую среду, одновременно получая финансовую выгоду, важно достичь оптимального урожая при меньшем, чем оптимальное, количестве азота (поступление азота).

В этом контексте способ в соответствии с изобретением является особенно выгодным, так как было показано, что использование вышеупомянутого алюмосиликатного стекла позволяет повысить урожайность в условиях внесения субоптимальных доз азота до уровня, близкого или даже идентичного уровню, полученному в условиях внесения оптимальных доз азота, таким образом, полностью отвечая требованиям роста культуры.

Для целей настоящего описания «субоптимальная доза азота» означает дозу, соответствующую снижению по меньшей мере на 20%, предпочтительно по меньшей мере на 30% оптимальной дозы, рассчитанной для достижения оптимальной урожайности.

Оптимальная доза азота, необходимая для максимального увеличения производства, рассчитывается в соответствии с потребностями растения. Как показано в таблице 1, эти требования могут изменяться в зависимости от сорта и, помимо прочего, почвенно-климатических условий.

Таблица 1

Культуры	Оптимальная доза азота для достижения оптимальной урожайности (кг N/га)	Субоптимальная доза азота для достижения оптимальной урожайности (кг N/га)
Семя рапса	230 - 260	160 - 180
Сахарный тростник	120 - 150	84 - 105
Пшеница	240 - 280	168 - 195
Ячмень	160 - 180	112 - 126
Кукуруза	230 - 250	160 - 175
Подсолнечник	115 - 160	80 - 110
Травополье	140 - 200	100 - 140
Соя	80 - 150	55 - 105
Рис	160 - 180	110 - 125
Овес	160 - 180	110 - 125

Таким образом, делая возможным снижение доз вносимого азота при одновременном сохранении урожайности на своем оптимальном уровне, способ обработки в соответствии с изобретением обеспечивает ответ на нежелательные эффекты

подкормки нитратами на окружающую среду (проблема выщелачивания) или мочевиной (проблема улетучивания).

В конкретном варианте осуществления обрабатываемое растение выбирают из риса, травополя, семени рапса, подсолнечника, пшеницы, овса, сахарного тростника, ячменя, сои, кукурузы, предпочтительно травополя.

Таким образом, алюмосиликатное стекло, используемое в соответствии с изобретением, действует в качестве стимулятора механизмов роста и урожайности, особенно в условиях внесения субоптимальных доз азота в растение. Таким образом, настоящее изобретение охватывает применение алюмосиликатного стекла, как определено ранее, для увеличения урожайности в условиях внесения субоптимальных доз азота в растение.

Для целей изобретения «стимулятор урожайности в условиях внесения субоптимальных доз азота» означает действие, которое приводит к увеличению урожайности по меньшей мере на 10% в условиях поступления низких доз азота.

Алюмосиликатное стекло, используемое в соответствии с изобретением, также действует в качестве стимулятора эффективности использования азота, особенно в условиях внесения субоптимальных доз азота в растение. Таким образом, настоящее изобретение также охватывает применение алюмосиликатного стекла, как определено ранее, для повышения эффективности использования азота в условиях внесения субоптимальных доз азота в растение.

Для целей изобретения «стимулятор эффективности использования азота в условиях поступления субоптимальных доз азота» означает активность, которая приводит к повышенному увеличению эффективности использования азота по меньшей мере на 10% в условиях поступления низких доз азота.

В способе по изобретению растение обеспечивают эффективным количеством алюмосиликатного стекла для стимуляции урожайности и эффективности использования азота в условиях субоптимальных доз азота. Выражение «эффективное количество» означает количество, необходимое для увеличения урожайности и эффективности использования азота в растении в условиях внесения субоптимальных доз азота по меньшей мере на 10%, по меньшей мере на 15%, по меньшей мере на 20%, по меньшей мере на 25%, по меньшей мере на 30%, предпочтительно по меньшей мере на 30%, по меньшей мере на 35%, по меньшей мере на 40%, по меньшей мере на 45%, предпочтительно по меньшей мере на 50%, по меньшей мере на 55%.

Увеличение урожайности измеряют путем определения биомассы, произведенной растением. Термин «увеличение» относится к растению, не получившему эффект от

алюмосиликатного стекла.

Увеличение эффективности использования азота измеряется путем определения соотношения между урожайностью и количеством азота, внесенного в растение. Термин «увеличение» относится к растению, которое не получало никакого эффекта от алюмосиликатного стекла.

В способе обработки растения в соответствии с изобретением алюмосиликатное стекло преимущественно поступает в растение через корни.

Эта обработка может применяться, в частности, в поле, а также в теплицах, возможно, в беспочвенных субстратах (гидропоника).

В конкретном варианте осуществления растение обеспечивают алюмосиликатным стеклом в количестве от 2 кг/га (килограмм/га) до 1000 кг/га. В этом варианте осуществления алюмосиликатное стекло предпочтительно равномерно распределяют по полю или урожаю растений.

В другом конкретном варианте осуществления растение обеспечивают алюмосиликатным стеклом в твердой форме в виде порошкообразных/пылевидных или гранулированных удобрений, предпочтительно в количестве от 5 до 800 кг/т удобрения (Т) и предпочтительно порядка от 50 до 300 кг/т удобрения (Т).

Таким образом, алюмосиликатное стекло может быть использовано в качестве добавки в композициях удобрений, таких как минеральные и органические удобрения, в качестве усилителя урожайности и эффективности использования азота в условиях внесения субоптимальных доз азота в растение. В частности, это стекло может быть комбинировано с другими удобряющими веществами, обычно используемыми в составах удобрений.

В конкретном варианте осуществления изобретения эффективное количество алюмосиликатного стекла используют в композиции удобрения в сочетании с одним или несколькими удобряющими веществами. Удобряющие вещества, которые могут быть использованы вместе с алюмосиликатным стеклом, могут быть различных видов и выбраны, например, из мочевины, раствора азота, сульфата аммония, нитрата аммония, каменного фосфата, хлорида калия, сульфата аммония, нитрата магния, нитрата марганца, нитрата цинка, нитрата меди, фосфорной кислоты, борной кислоты. Предпочтительно это дополнительное удобрение выбирают из мочевины, сульфата аммония, нитрата аммония, раствора азота и/или нитрата калия.

Изобретение также относится к способу стимуляции урожайности и эффективности использования азота в условиях внесения субоптимальных доз азота в растение, отличающемуся тем, что он включает внесение в указанное растение или в

почву эффективного количества алюмосиликатного стекла, как определено ранее.

Алюмосиликатное стекло в соответствии с изобретением может быть включено в составы, предназначенные для производства удобрений в гранулированной форме.

Эти гранулы могут быть изготовлены обычным способом, либо сухим, например, путем уплотнения порошковой смеси между двумя цилиндрическими валками, либо влажным, например, путем смачивания порошковой смеси жидким связующим с последующей сушкой и сортировкой и/или просеиванием.

Эти гранулы могут, в частности, иметь следующий массовый состав:

Азот	от 20 до 28%
SO ₃	от 18 до 23%
CaO	от 4 до 8%
SiO ₂	от 6 до 10%

Эти гранулы предпочтительно получают мокрым способом путем смешивания мочевины, сульфата аммония, хлорида калия, карбоната кальция и связующего для гранулирования.

Настоящее изобретение теперь будет проиллюстрировано следующими неограничивающими примерами со ссылкой на прилагаемые фиг. 1-5.

В этих примерах, если не указано иное, проценты даны по массе, а температура соответствует комнатной температуре.

Применялись следующие сокращения:

л: литр

об./об.: объем/объем

кг N/га в год: килограмм азота на гектар в год.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет собой график, показывающий влияние применения азотных удобрений на (i) урожайность зерна (сплошная линия и линия с ромбами), (ii) потери азота при выщелачивании (гистограмма) и (iii) эффективность использования азота (пунктирная линия и линия с квадратами).

Фиг. 2 представляет собой график, показывающий процентное содержание кремния (алюмосиликатного стекла согласно изобретению), растворенного в различных кислотах.

Фиг. 3 представляет собой график, показывающий процентное содержание кремния (из алюмосиликатного стекла согласно изобретению, силиката кальция, диатомовой земли и натриево-известково-силикатного стекла), растворенного в различных кислотах (яблочная кислота А, щавелевая кислота В, лимонная кислота С и

янтарная кислота D).

На фиг. 4 воспроизведены снимки, показывающие образование фитоцитов в листе риса (*Oryza sativa*), обработанном алюмосиликатным стеклом согласно изобретению (V1) и силикатом натрия.

Фиг. 5 представляет собой график, который представляет урожайность растений райграсса, т.е. сухую массу растений райграсса, (i) с питанием, не содержащим азота (столбец «0»); (ii) с питанием, содержащим 60 кг/га азота, (столбец «60»); (iii) с питанием, содержащим 100 кг/га азота (столбец «100»); эта доза считается субоптимальной дозой азота, которая не обеспечивает оптимального выхода, (iv) с питанием, которое включает 140 кг/га азота (столбец «140»), эта доза считается оптимальной дозой азота, которая позволяет достичь оптимального выхода, и (v) с питанием, которое содержит 100 кг/га азота и 50 кг/га алюмосиликатного стекла в соответствии с изобретением (столбец «100 + алюмосиликатное стекло»).

Фиг. 6 представляет собой график, показывающий эффективность использования азота в растениях райграсса, т.е. сухую массу растений райграсса, деленную на количество вносимого азота, (i) с питанием, которое содержит 60 кг/га азота (столбец «60»); (ii) с питанием, которое содержит 100 кг/га азота (столбец «100»); (iii) с питанием, которое содержит 140 кг/га азота (столбец «140»); (оптимальная доза азота, которая позволяет достичь оптимального выхода) и (iv) с питанием, которое содержит 100 кг/га азота и 50 кг/га алюмосиликатного стекла в соответствии с изобретением (столбец «100 + алюмосиликатное стекло»).

Фиг. 7 представляет собой гистограмму, показывающую распределение частиц стеклянного порошка по размерам, используемого в соответствии с изобретением.

Описание вариантов осуществления

Пример 1. Получение частиц алюмосиликатного стекла в соответствии с изобретением.

Две композиции алюмосиликатного стекла, иллюстрирующие изобретение, изготавливали путем плавления подходящей стеклообразной смеси в соответствии с обычным способом получения расплавленной стеклянной массы.

Составы этих двух алюмосиликатных стекол приведены в таблице 2 ниже.

Таблица 2

	«Стекло 1»	«Стекло 2»
SiO ₂	40,8	43,1
Al ₂ O ₃	16,8	22,8
Na ₂ O	1,7	6,2
K ₂ O	1,4	4,0
MgO	6,0	1,8

CaO	25,0	14,6
Fe ₂ O ₃	5,8	5,8
Примеси	2,5	1,7

После охлаждения полученную массу стекла измельчали с помощью маятниковой мельницы, соединенной с аэродинамическим селектором (мельница, в которой дробление происходит путем дробления стекла между неподвижным цилиндрическим кольцом с вертикальной осью и центробежными валками за счет вращения их поддержки).

Размер частиц стекла, полученных таким образом, измеряли методом лазерной дифракции, и на фиг. 7 показано распределение этих частиц по размерам.

В этом примере использовали следующие рабочие условия:

- используемое устройство:

Mastersizer 2000, Malvern

Accessory Hydro Cell 2000

- рабочие параметры:

Жидкий процесс

Диспергатор: спирт

Показатель преломления (частица): 1,52

Индекс поглощения (частица): 0,01

Скорость перемешивания: 2000 об/мин

Использование ультразвука: нет

Время измерения: 6 секунд

Время холостого измерения: 6 секунд

Диапазон затемнения: 6,21%.

Полученный порошок имел следующие характеристические значения:

D90: 189 микрон

D50: 81 микрон

D10: 18,4 микрон

Пример 2. Демонстрация свойств растворения алюмосиликатного стекла в соответствии с изобретением в присутствии органических кислот.

Растения выделяют через свои корни различные органические кислоты, такие как, в частности, лимонная кислота, молочная кислота, яблочная кислота, щавелевая кислота, янтарная кислота, муравьиная кислота, уксусная кислота, пировиноградная кислота, малеиновая кислота, щавелевоуксусная кислота, аскорбиновая кислота, изолимонная кислота.

Чтобы продемонстрировать особые свойства растворения алюмосиликатного стекла в соответствии с изобретением в этих органических кислотах, частицы стекла 1,

полученные в примере 1, обрабатывали согласно следующему протоколу.

Приготовление сред с различными органическими кислотами

Было приготовлено несколько сред, и их состав представлен в следующей таблице

3:

Таблица 3

Среда	Состав среды	pH среды
Сверхчистая вода	Сверхчистая вода	7,0
Серная кислота	Сверхчистая вода, доведенная до pH 2 концентрированной серной кислотой	2,0
Азотная кислота	Сверхчистая вода, доведенная до pH 2 концентрированной азотной кислотой	2,0
Хлористоводородная кислота	Сверхчистая вода, доведенная до pH 2 концентрированной хлористоводородной кислотой	2,0
Фосфатно-цитратный буфер	360 мл 0,5М Na_2HPO_4 + 220 мл 0,5М лимонной кислоты + 1420 мл сверхчистой воды	4,5
Фосфатно-оксалатный буфер	360 мл 0,5М Na_2HPO_4 + 220 мл 0,5М щавелевой кислоты + 1420 мл сверхчистой воды	4,2
Фосфатно-тарtratный буфер	360 мл 0,5М Na_2HPO_4 + 220 мл 0,5М винной кислоты + 1420 мл сверхчистой воды	4,4
Лимонная кислота 2%	40 г лимонной кислоты в 2 л сверхчистой воды	2,0
Янтарная кислота 2%	40 г янтарной кислоты в 2 л сверхчистой воды	2,5
Щавелевая кислота 2%	40 г щавелевой кислоты в 2 л сверхчистой воды	1,2
Винная кислота 2%	40 г винной кислоты в 2 л сверхчистой воды	2,0
Яблочная кислота 2%	40 г яблочной кислоты в 2 л сверхчистой воды	2,1
Глюкуроновая кислота 2%	40 г глюкуроновой кислоты в 2 л сверхчистой воды	2,1
Пировиноградная кислота 2%	40 г пировиноградной кислоты в 2 л сверхчистой воды	1,6
Малоновая кислота 2%	40 г малоновой кислоты в 2 л сверхчистой воды	1,8
Глюконовая кислота 2%	40 г глюконовой кислоты в 2 л сверхчистой воды	2,3
Фосфатный буфер	2,75 г KH_2PO_4 в 2 л сверхчистой воды, доведенный до pH 8,5	8,5
Фосфатный буфер	2,75 г KH_2PO_4 в 2 л сверхчистой воды, доведенный до pH 11	11

Тест на растворение

По 100 мг каждого продукта помещали в коробку для таблеток объемом 60 мл. Добавляли по 50 мл каждой среды растворения и затем подвергали непрерывному перемешиванию на роторном шейкере (Heidolph reax 2). После 48 ч перемешивания образцы фильтровали через фильтровальную бумагу с диаметром пор 15 мкм. Кремний измеряли для определения процента растворения в каждой среде.

Измерение кремния

Результаты показаны на фиг. 2.

Как можно видеть, алюмосиликатное стекло в соответствии с изобретением растворяется в присутствии органических кислот, обычно выделяемых растениями.

С другой стороны, отмечается, что в водной среде, близкой к нейтральному pH,

выделения кремния не происходит.

Эта фигура также показывает, что эффект растворимости алюмосиликатного стекла связан не только с pH, поскольку растворение кремния является относительно слабым в сильных кислотах, таких как серная, азотная или хлористоводородная кислота.

Другие испытания показали, что выделение кремния конгруэнтно с выделением других компонентов стекла.

Пример 3. Демонстрация свойств растворения алюмосиликатного стекла согласно изобретению в присутствии органических кислот по сравнению с другими формами кремния.

Чтобы продемонстрировать особые свойства растворения алюмосиликатного стекла согласно изобретению в определенных органических кислотах и иметь возможность сравнить это растворение с растворением других форм кремния, частицы стекла 1, полученные в примере 1, силикат кальция, диатомовую землю и натриево-известково-силикатное стекло, иллюстрирующие содержание документа WO 2010/040176, обрабатывали в соответствии со следующим протоколом:

Изготовление сред с различными органическими кислотами

Готовили 4 среды, каждая из которых содержала фосфатный буфер и органическую кислоту:

Среда 1 на основе яблочной кислоты состоит из: 360 мл 0,5M Na_2HPO_4 , 220 мл 0,5M яблочной кислоты, доведенная до 2 л сверхчистой водой. Измеренное значение pH равно 4,9

Среда 2 на основе лимонной кислоты состоит из: 360 мл 0,5M Na_2HPO_4 , 220 мл 0,5M лимонной кислоты, доведенная до 2 л сверхчистой водой. Измеренное значение pH равно 4,5

Среда 3 на основе щавелевой кислоты состоит из: 360 мл 0,5M Na_2HPO_4 , 220 мл 0,5M щавелевой кислоты, доведенная до 2 л сверхчистой водой. Измеренное значение pH равно 4,2

Среда 4 на основе янтарной кислоты состоит из 2% янтарной кислоты, приготовленной из 40 г янтарной кислоты с добавлением 2 л сверхчистой воды. Измеренное значение pH равно 2,4

Тест на растворение

По 100 мг каждого продукта помещали в коробку для таблеток объемом 60 мл. Добавляли 50 мл среды для растворения и затем подвергали непрерывному перемешиванию на роторном шейкере (Heidolph reax 2). Затем отбирали последовательные образцы раствора через 1, 2, 5, 8, 24 и 48 ч перемешивания.

Отобранные образцы фильтровали через фильтровальную бумагу с диаметром пор 15 мкм. Для каждого образца проводили анализ кремния для определения кинетики его растворения в среде.

Измерение содержания кремния

Определение содержания кремния (Si) в образцах проводили для каждого образца и для каждого времени отбора проб методом оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой с использованием ICP-OES (оптическая эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, Thermo Elemental Co. Iris Intrepid II XDL).

Результаты показаны на фиг. 3.

Как можно видеть, алюмосиликатное стекло в соответствии с изобретением постепенно растворяется в присутствии органических кислот, обычно выделяемых растениями, таких как яблочная кислота А, щавелевая кислота В, лимонная кислота С или янтарная кислота D). С другой стороны, в этих средах не происходит выделения кремния для изделий из диатомовой земли или натриево-известково-силикатного стекла.

Пример 4. Демонстрация образования фитолитов в растении, обработанном алюмосиликатным стеклом согласно изобретению

Подготовка растительного материала

Семена риса *Oryza sativa* L. Var ARELATE помещали в условия +4°C за день до прорастания, чтобы обеспечить однородность всходов. Затем их высевали на слой перлита в емкостях, содержащих деминерализованную воду, и оставляли в темноте на 10 дней, прежде чем поместить на свет. Через 7 дней сеянцы пересаживали в 2-литровые горшки, содержащие смесь глиняных шариков и вермикулита (50%/50%; об./об.), а затем подвергали различным обработкам во время пересадки. Растения поливали три раза в неделю раствором Хоугланда: KNO_3 (0,2 мМ); $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,4 мМ); KH_2PO_4 (0,2 мМ); $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,6 мМ), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0,4 мМ); H_3BO_3 (20 мкМ); $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (5 мкМ); $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (3 мкМ); $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,7 мкМ); $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,7 мкМ) и Fe-EDTA (200 мкМ). Эксперимент проводили в теплице для выращивания при 22°C с фотопериодом 12 ч день/12 ч ночь. Растения собирали через 48 дней после обработки.

Питание, которое не включало алюмосиликатное стекло (контроль)

Эти растения получали только описанный выше питательный раствор с периодичностью три раза в неделю. Растения выращивали в теплице для выращивания при 22°C с фотопериодом 12 ч день/12 ч ночь.

Питание, которое включало алюмосиликатное стекло в соответствии с примером 1

Эти растения получали описанный выше питательный раствор три раза в неделю.

Алюмосиликатное стекло добавляли при пересадке в дозе 50 кг/га (соответствует 21 кг/га SiO_2). Растения выращивали в теплице для выращивания при 22°C с фотопериодом 12 ч день/12 ч ночь.

Питание, которое включало силикат натрия

Эти растения получали описанный выше питательный раствор три раза в неделю. Силикат натрия добавляли при пересадке в дозе 42,6 кг/га, чтобы иметь такой же эквивалент SiO_2 (21 кг/га). Растения выращивали в теплице для выращивания при 22°C с фотопериодом 12 ч день/12 ч ночь.

Наблюдение и количественная оценка фитоцитов в растениях

Для каждого из условий культивирования (контроль, алюмосиликатное стекло и силикат натрия) формировали четыре партии по четыре собранных растения (1 партия = 1 биологический повтор). Метод наблюдения фитоцитов основан на автофлуоресценции фитоцитов, разработанный Dabney III et al. Plant Methods (2016) 12:3 A novel method to characterize silica bodies in grasses.

Срединный срез каждой листовой пластинки вырезали вдоль листа каждого растения, помещали между двумя предметными стеклами и затем помещали в муфельную печь при 500°C на 3 часа для полного обугливания образцов листьев. После охлаждения предметные стекла помещали под флуоресцентный микроскоп (Zeiss Axio Observer Z1) при 10-кратном увеличении. Автофлуоресценцию фитоцитов измеряли с использованием фильтра GFP с возбуждением в диапазоне 450-490 нм и эмиссией в диапазоне 500-550 нм. Количественную оценку фитоцитов проводили с использованием программного обеспечения «Zen 2 Pro». Путем предварительного отбора области одного и того же воздуха на изображении и для каждой модальности, подсчитывали количество фитоцитов с использованием программного обеспечения «количество фитоцитов/мм²».

Полученные данные представляли в виде снимков (для наблюдения фитоцитов) или средних значений (для количества фитоцитов), и изменчивость результатов представляли в виде стандартной ошибки среднего для $n=4$. Статистическую обработку результатов проводили с использованием критерия Стьюдента.

Накопление фитоцитов в растениях показано на фиг. 4.

Вывод: у растений, обработанных алюмосиликатным стеклом, отмечается большее накопление фитоцитов в листьях. Количество фитоцитов в присутствии алюмосиликатного стекла увеличилось на +86% по сравнению с контролем, и на +93% по сравнению с силикатом натрия. Это свидетельствует о лучшем поглощении кремния растением в присутствии алюмосиликатного стекла в соответствии с изобретением.

Дополнительные испытания, результаты которых здесь не приводятся, показали,

что натриево-известковое стекло, иллюстрирующее содержание WO 2010/040176, также приводит к ограниченному образованию фитолитов.

Пример 5. Демонстрация улучшенной урожайности и эффективности использования азота в условиях субоптимальных доз азота в растении, обработанном алюмосиликатным стеклом согласно изобретению

Подготовка растительного материала

Семена райграса *Lolium perenne* L. Var Abys высевали с плотностью 240 кг/га (соответствует 2 г семян на горшок) в 2-л горшках, содержащих смесь почвы и песка (50/50 – об./об.), а затем помещали в теплицу при следующих условиях: дневная температура 25°C и фотопериод 12 ч / ночная температура 20°C и фотопериод 12 ч. Используемая почва имела следующие характеристики: песчано-глинистая почва, pH 7,1, и содержала 1,6% органического вещества. В течение всего испытательного периода растения поливали по массе для поддержания почвы на уровне 70% от ее полевой влагоемкости.

Термин «полив по массе», используемый в данном описании, означает, что полив осуществляется в количестве, позволяющем компенсировать потери воды, которые могут возникнуть в результате эвапотранспирации. В этом случае воду добавляют в количестве, которое вернет массу горшка к ее первоначальной массе.

Для извлечения остаточного азота из почвы для получения кривой отклика на азот растения культивировали в течение 24 дней перед первым срезом. Этот первый срез не подвергали анализу, потому что на этом этапе не применялась никакая обработка, цель которой состояла в том, чтобы поглотить остаточный азот, изначально присутствующий в почве. Последующие обработки проводили через 28 дней после посева (через 4 дня после первого среза), варьируя количество вносимого азота (0, 60, 100, 140 кг/га):

- первую подкормку азотом проводили через 28 дней после посева;
- вторую срезку/сбор проводили через 68 дней после посева;
- вторую подкормку азотом проводили через 69 дней после посева;
- третью срезку/сбор проводили через 103 дня после посева.

Затем биомассу растений, собранных во время второй и третьей срезки, объединяли с получением общей биомассы.

Были сделаны следующие наблюдения.

Питание, которое не включало азот - (0 кг/га)

Азотные подкормки к рассаде не применялись. Это состояние считается состоянием дефицита азота, поскольку оно не позволяет достичь оптимального урожая. Растения поливали по массе в течение всего испытательного периода, чтобы

поддерживать почву на уровне 70% ее полевой влагоемкости.

Питание, которое включало 60 кг азота на гектар - (60 кг/га)

Эти растения получили 60 кг N/га при первой подкормке в виде мочевины, а при второй подкормке азот не применяли. Это состояние рассматривается как состояние дефицита азота, поскольку оно не позволяет достичь оптимального урожая. Растения поливали по массе в течение всего испытательного периода, чтобы поддерживать почву на уровне 70% ее полевой влагоемкости.

Питание, которое включало 100 кг азота на гектар - (100 кг/га)

Эти растения получили 60 кг N/га в виде мочевины при первой подкормке и 40 кг N/га в виде мочевины при второй азотной подкормке. Это условие считается условием субоптимального содержания азота, поскольку оно не позволяет достичь оптимального урожая. Растения поливали по массе в течение всего испытательного периода, чтобы поддерживать почву на уровне 70% от ее полевой влагоемкости.

Питание, которое включало 140 кг азота на гектар - (140 кг/га)

Эти растения получили 60 кг N/га в виде мочевины при первой подкормке и 80 кг N/га в виде мочевины при второй азотной подкормке. Это условие считается условием оптимального содержания азота, поскольку оно позволяет достичь оптимального урожая. Растения поливали по массе в течение всего испытательного периода, чтобы поддерживать почву на уровне 70% от ее полевой влагоемкости.

Питание, которое включало 100 кг азота на гектар и 50 кг/га алюмосиликатного стекла по примеру 1 (стекло 1)

Эти растения получали 60 кг N/га в виде мочевины при первой подкормке и 40 кг N/га в виде мочевины при второй азотной подкормке. Алюмосиликатное стекло было обеспечено при первой подкормке в дозе 50 кг/га и в сочетании с мочевиной. Это условие считается условием субоптимального содержания азотна, поскольку оно не позволяет достичь оптимального урожая. Растения поливали по массе в течение всего испытательного периода, чтобы поддерживать почву на уровне 70% от ее полевой влагоемкости.

Измерение урожайности и эффективности использования азота

Урожайность определяли путем оценки биомассы листьев в соответствии со следующим протоколом.

Для каждого из условий выращивания (0, 60, 100, 140 и 100 + 100 алюмосиликатного стекла) и для каждого среза/сбора (второй и третий срез/сбор) формировали по шесть партий собранных растений (1 партия = 1 биологическому повтору). Надземные части (листья и стебли) растений взвешивали (свежая биомасса),

затем сушили в печи (при 70°C в течение 2 дней) с получением общей сухой биомассы. Биомассу из второго и третьего сбора добавляли с получением общей биомассы. Измерения сухой биомассы растений, которые представляют урожай, показаны на фиг. 5. Полученные данные представлены в виде среднего значения, а изменчивость результатов представлена в виде стандартной ошибки среднего значения для $n=6$. Статистическую обработку результатов проводили с использованием критерия Стьюдента.

Вывод: В условиях субоптимальной дозы азота (т.е. 100 кг/га), растения, обработанные алюмосиликатным стеклом в соответствии с изобретением, показали значительное увеличение на 12% урожайности, что выражается в лучшем росте райграса в этих условиях низкой дозы азота. На фиг. 5 также показано, что растения, получившие субоптимальную дозу азота и алюмосиликатное стекло, имеют такую же урожайность, что и растения, получившие оптимальную дозу азота (140 кг/га). Этот результат свидетельствует о том, что алюмосиликатное стекло в соответствии с изобретением стимулирует урожайность в условиях субоптимальной дозы азота и позволяет достичь такой же урожайности, как у растений, получивших оптимальную дозу азота.

Затем рассчитывали эффективность использования азота с помощью следующей формулы, представленной Good et al. 2004; Dawson et al. 2008:

Эффективность использования азота = $\frac{\text{Общая полученная биомасса (срез 1 + срез 2)}}{\text{Общее количество внесенного азота}}$

Полученные показатели эффективности использования азота показаны на фиг. 6. Полученные данные представлены в виде среднего значения, а изменчивость результатов представлена в виде стандартной ошибки среднего значения для $n=6$. Статистическую обработку результатов проводили с использованием критерия Стьюдента.

Вывод: В условиях субоптимальной дозы азота (т.е. 100 кг/га) растения, обработанные алюмосиликатным стеклом в соответствии с изобретением, показали значительное увеличение эффективности использования азота, составляющее 11%, что привело к лучшему повышению урожайности на единицу азота, вносимого в этом условии внесения низкой дозы азота. Этот результат также показывает, что растения, получившие субоптимальную дозу азота и алюмосиликатное стекло, имеют эффективность использования азота на 42% выше, чем у растений, получивших оптимальную дозу азота (140 кг/га). Таким образом, алюмосиликатное стекло в соответствии с изобретением повышает эффективность использования азота в условиях субоптимальных доз азота.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Применение алюмосиликатного стекла, включающего следующие компоненты в массовом содержании, варьирующемся в пределах, определенных ниже:

SiO_2	30-60%
Al_2O_3	10-26%
$\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	15-45%

в качестве источника кремния, для обеспечения растения кремнием в усвояемой форме.

2. Применение по п. 1, отличающееся тем, что в указанном алюмосиликатном стекле содержание SiO_2 по массе составляет от 35 до 49%, предпочтительно от 36 до 45% и еще более предпочтительно от 38 до 44%.

3. Применение по п. 1 или 2, отличающееся тем, что в указанном алюмосиликатном стекле содержание Al_2O_3 по массе составляет от 12 до 25%, предпочтительно от 14 до 24%, более предпочтительно от 15 до 23%.

4. Применение по любому из пп. 1-3, отличающееся тем, что в указанном алюмосиликатном стекле суммарное массовое содержание CaO , MgO , Na_2O и K_2O составляет от 20 до 40%, предпочтительно от 25 до 35%.

5. Применение по любому из пп. 1-4, отличающееся тем, что в указанном алюмосиликатном стекле:

- массовое содержание CaO составляет от 8 до 30%, предпочтительно от 12 до 28%;

и

- массовое содержание MgO составляет от 1 до 15%, предпочтительно от 1 до 12%.

6. Применение по любому из пп. 1-5, отличающееся тем, что в указанном алюмосиликатном стекле:

- массовое содержание Na_2O составляет от 0 до 12%, предпочтительно от 1 до 10%;

- массовое содержание K_2O составляет от 0 до 8%, предпочтительно от 1 до 7%, более предпочтительно от 1 до 5%.

7. Применение по любому из пп. 1-6, отличающееся тем, что в указанном алюмосиликатном стекле:

- суммарное массовое содержание CaO и MgO составляет от 25 до 40%, предпочтительно от 27 до 35%; и

- суммарное массовое содержание Na_2O и K_2O составляет от 0 до 6%, предпочтительно от 0 до 5%, предпочтительно от 1 до 5%.

8. Применение по любому из пп. 1-6, отличающееся тем, что в указанном алюмосиликатном стекле:

- суммарное массовое содержание CaO и MgO составляет от 10 до 25%, предпочтительно от 12 до 20%; и

- суммарное массовое содержание Na_2O и K_2O составляет от 8 до 15%, предпочтительно от 9 до 13%.

9. Применение по любому из пп. 1-8, отличающееся тем, что указанное алюмосиликатное стекло содержит оксид железа и тем, что:

- общее массовое содержание оксида железа, выраженное в форме Fe_2O_3 , составляет от 0 до 13%, предпочтительно от 2 до 12%, более предпочтительно от 4 до 12%.

10. Применение по любому из пп. 1-9, отличающееся тем, что в указанном алюмосиликатном стекле общее массовое содержание SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O и Fe_2O_3 составляет по меньшей мере 94%, предпочтительно по меньшей мере 95% и более предпочтительно по меньшей мере 97%.

11. Применение по любому из пп. 1-10, отличающееся тем, что указанное алюмосиликатное стекло содержит следующие компоненты в массовом содержании, варьирующемся в пределах, определенных ниже:

SiO_2	35-49%
Al_2O_3	12-24%
$\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	20-40%
Fe_2O_3	0-12%.

12. Применение по п. 11, отличающееся тем, что указанное алюмосиликатное стекло содержит следующие компоненты в массовом содержании, варьирующемся в пределах, определенных ниже:

SiO_2	36-45%
Al_2O_3	14-23%
$\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	25-35%
Fe_2O_3	0-10%.

13. Применение по любому из пп. 1-12, отличающееся тем, что указанное алюмосиликатное стекло находится в форме частиц, имеющих такое распределение по размерам, что объемный медианный диаметр частиц «D50» составляет от 60 до 250 микрон, предпочтительно от 75 и 180 микрон.

14. Способ обработки растения, отличающийся тем, что для обеспечения этого растения кремнием в усвояемой форме, алюмосиликатное стекло по любому из пп. 1-13 наносят на указанное растение или вводят в среду для выращивания указанного растения.

15. Способ обработки растения по п. 14, отличающийся тем, что указанное выше

растение находится в условии субоптимальной дозы азота.

16. Способ по п. 14 или 15, отличающийся тем, что указанное выше растение выбрано из риса, травополья, семени рапса, подсолнечника, пшеницы, овса, сахарного тростника, ячменя, сои, кукурузы.

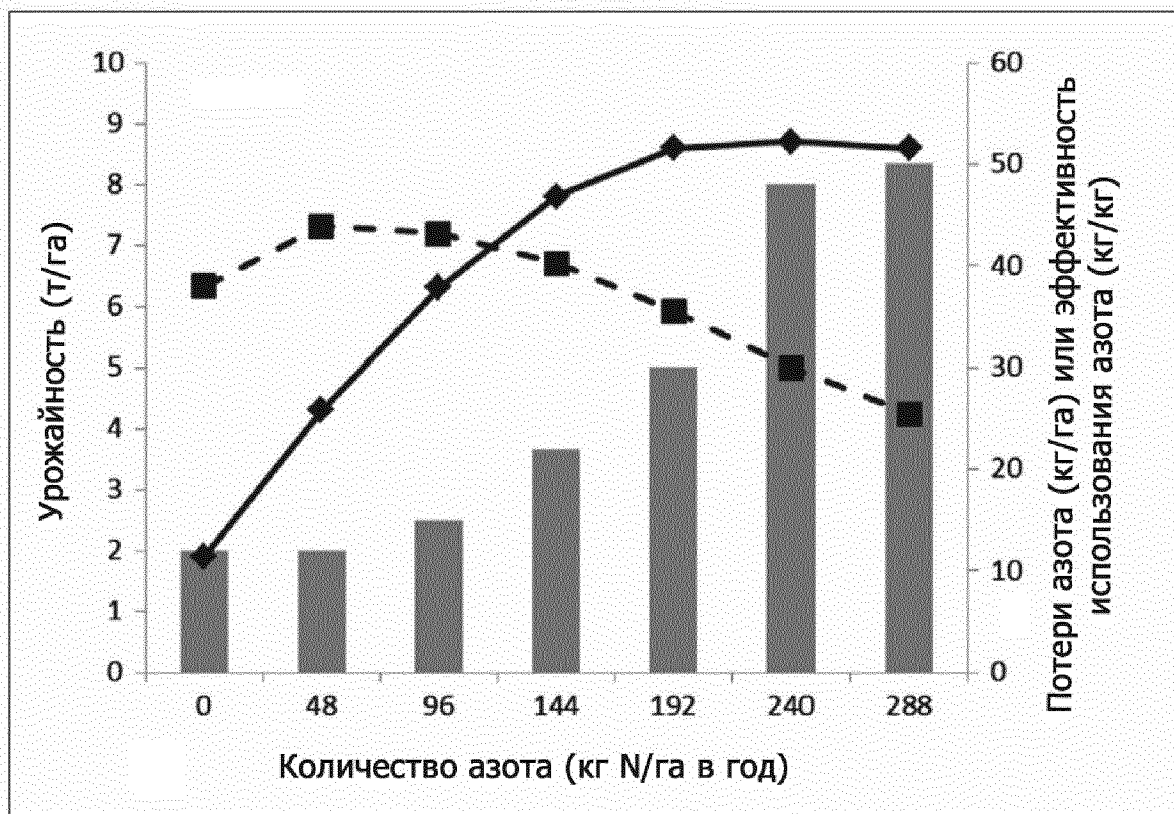
17. Способ обработки по любому из пп. 14-16, отличающийся тем, что алюмосиликатное стекло доставляют в растение в количестве от 20 до 500 кг/т, предпочтительно от 50 до 300 кг/т, предпочтительно в твердой форме, еще более предпочтительно в составе удобрения в виде порошка или гранул.

18. Способ обработки по любому из пп. 14-17, отличающийся тем, что указанное алюмосиликатное стекло подается в растение через корни.

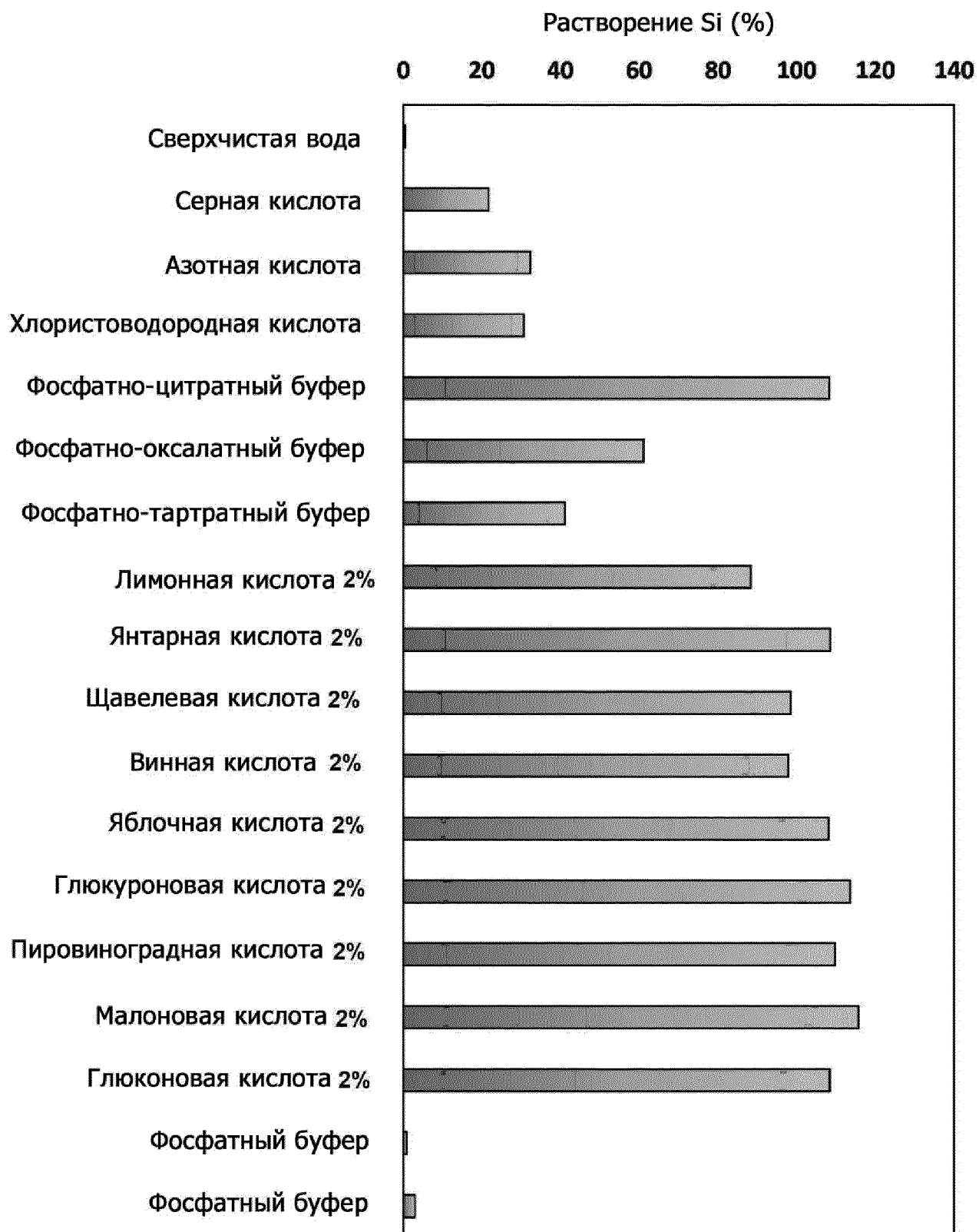
19. Порошок алюмосиликатного стекла, отличающийся тем, что:

- указанное стекло является таким, как определено по любому из пп. 1-13; и
- указанный порошок имеет такое распределение частиц по размерам, что объемный медианный диаметр этих частиц «D50» составляет от 60 до 250 микрон, предпочтительно от 75 до 180 микрон.

20. Композиция удобрения, отличающаяся тем, что содержит по меньшей мере один источник азота в смеси по меньшей мере с одним алюмосиликатным стеклом, как определено по любому из пп. 1-13.



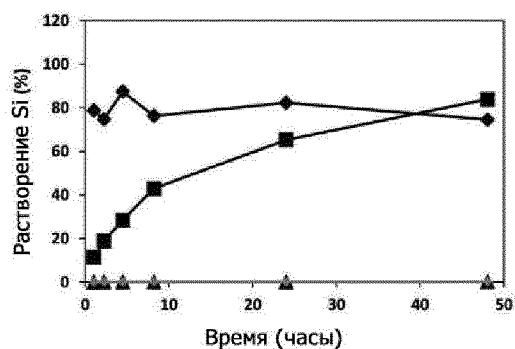
Фиг. 1



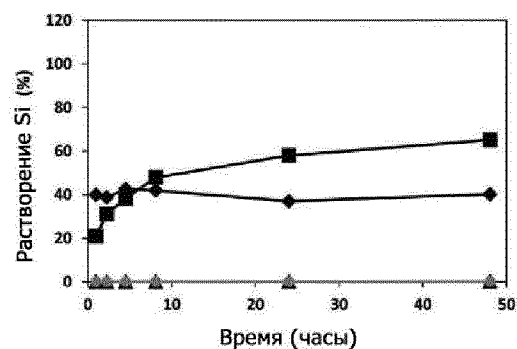
Фиг. 2

◆ Силикат кальция ■ Алумосиликатное стекло ▲ Диамитовая земля ● Натриево-известково-силикатное стекло

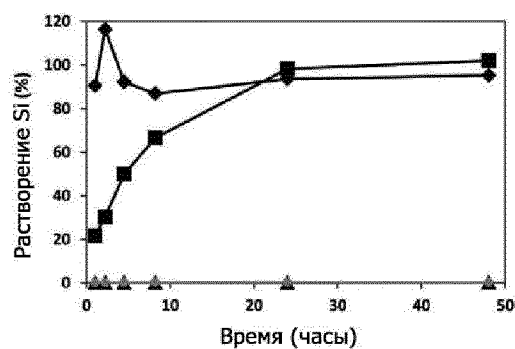
А - В присутствии яблочной кислоты (pH 4,9)



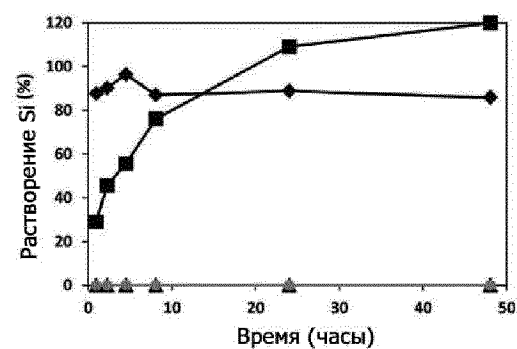
В - В присутствии щавелевой кислоты (pH 4,3)



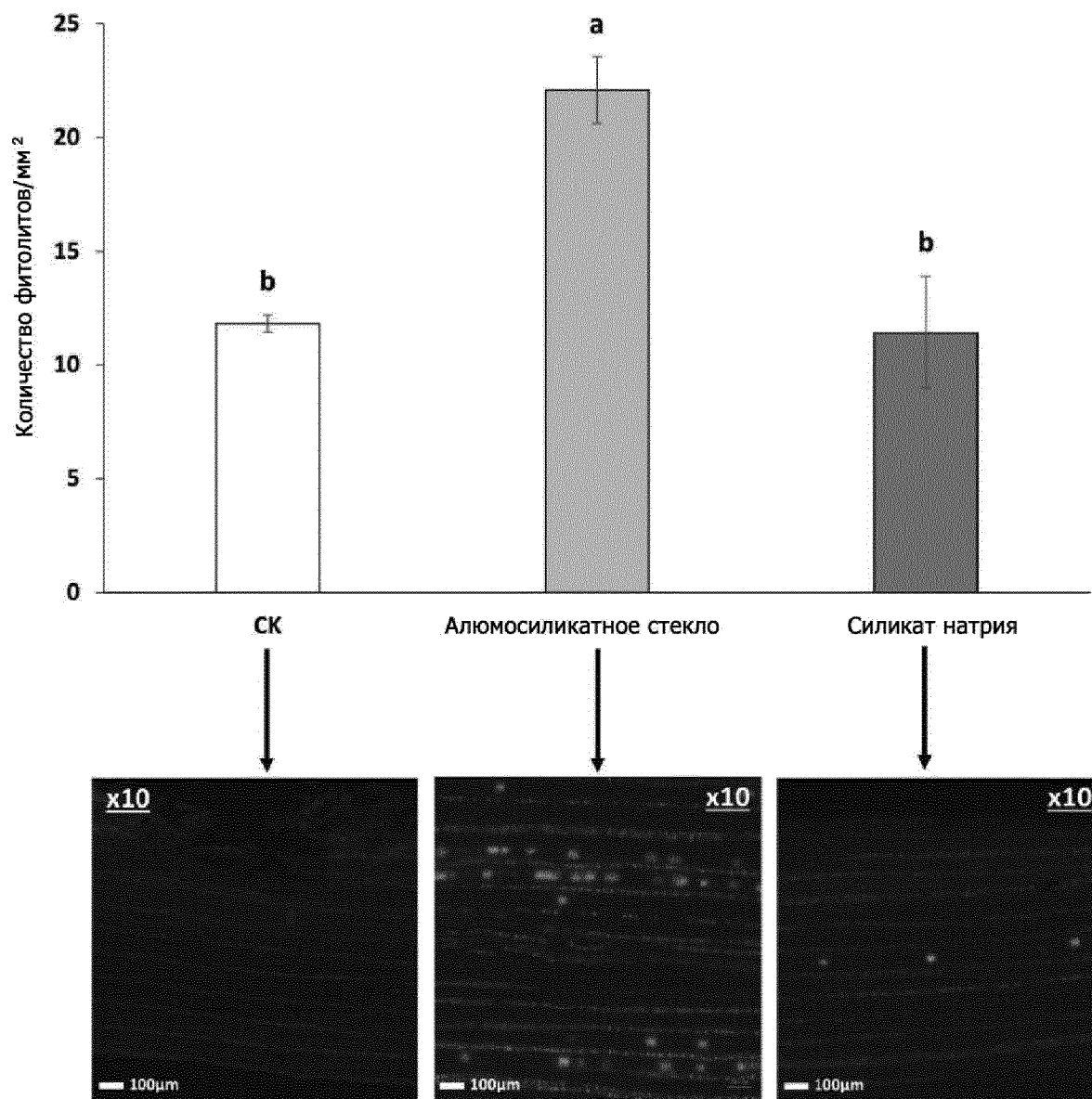
С - В присутствии лимонной кислоты (pH 4,5)



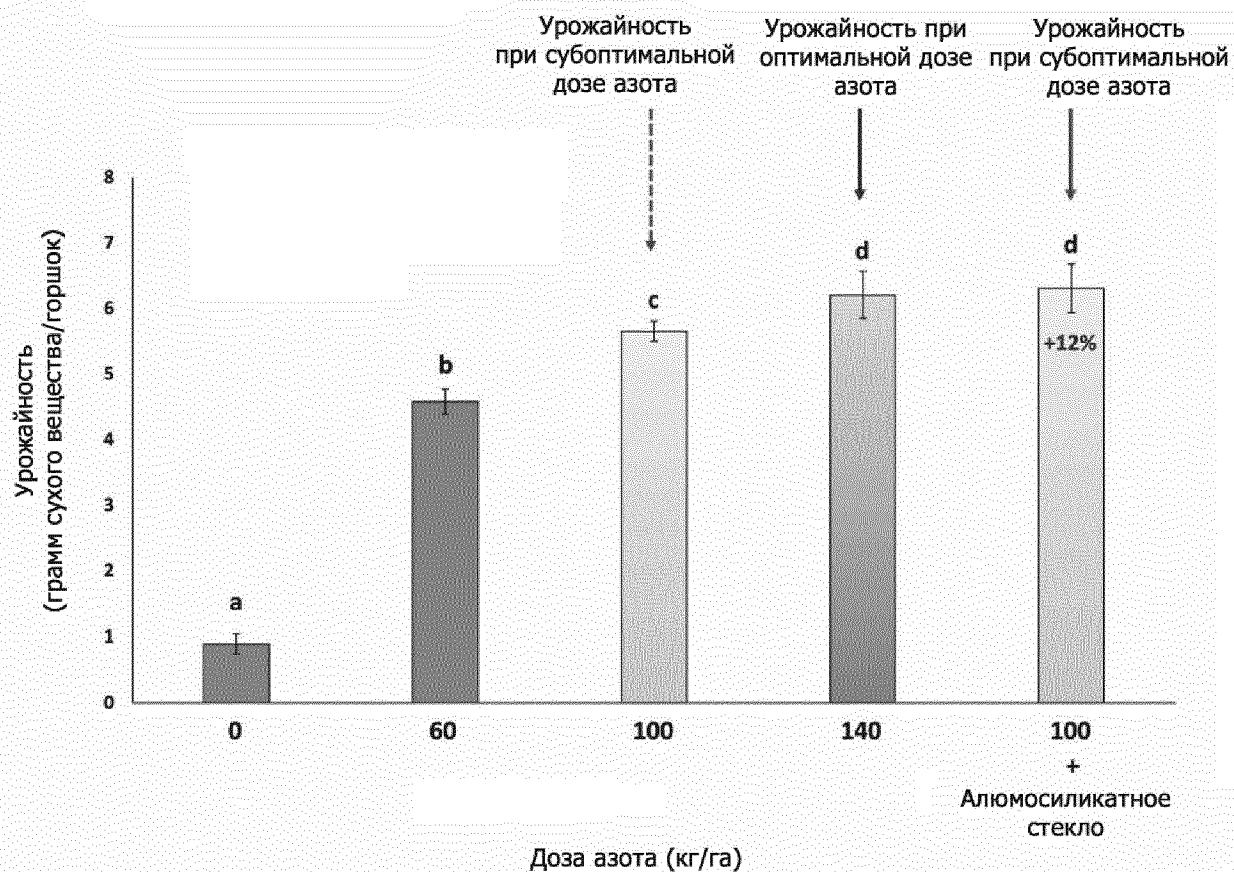
Д - В присутствии янтарной кислоты (pH 2,4)



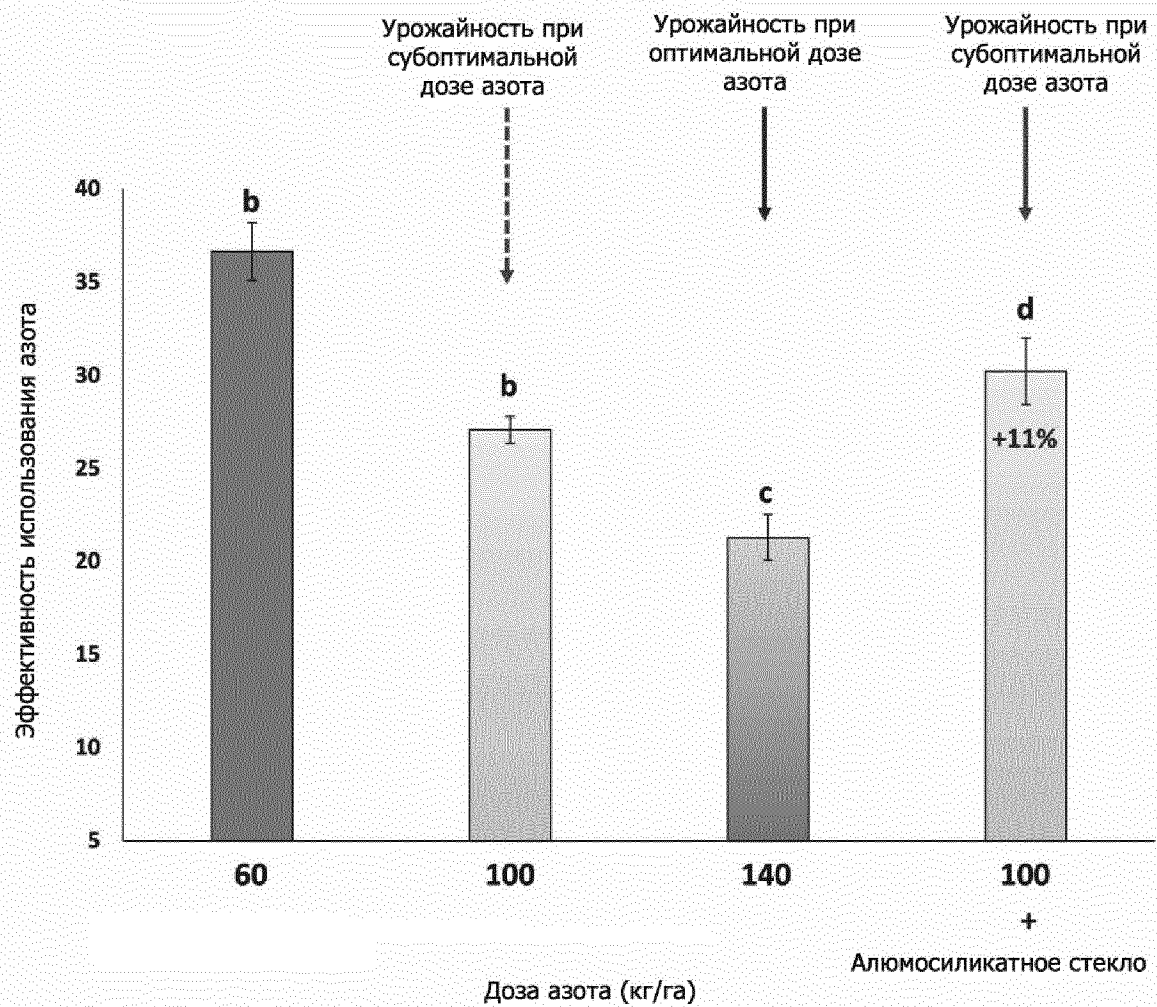
Фиг. 3



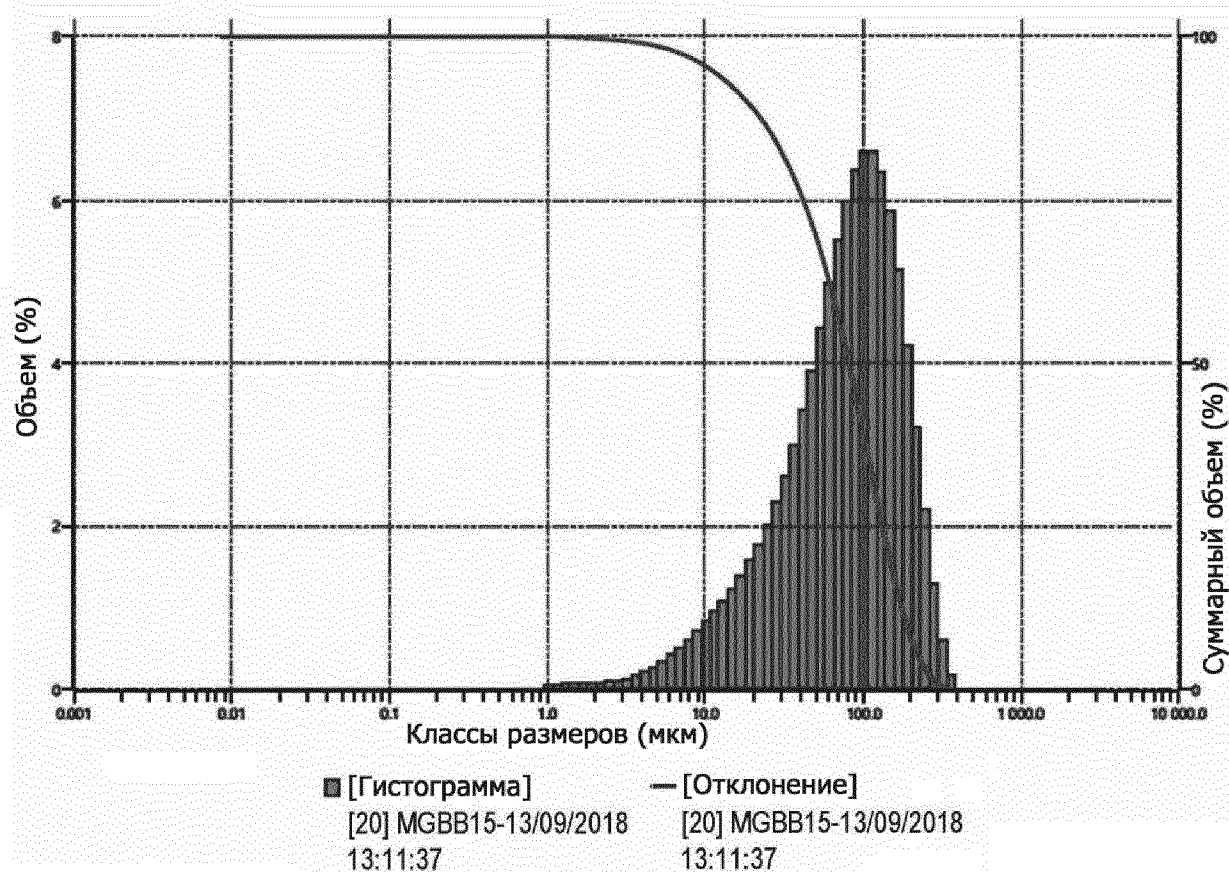
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7