

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044886**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.10.09

(21) Номер заявки
202291419

(22) Дата подачи заявки
2020.12.15

(51) Int. Cl. **C05F 11/02** (2006.01)
C05G 3/40 (2020.01)
C05G 5/12 (2020.01)

(54) **ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПИРОУГЛЕРОДА ДЛЯ ОСТРУКТУРИВАНИЯ ПОЧВЫ**

(31) **19217079.3**

(32) **2019.12.17**

(33) **EP**

(43) **2022.09.20**

(86) **PCT/EP2020/086074**

(87) **WO 2021/122503 2021.06.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
БАСФ СЕ (DE)

(72) Изобретатель:
**Хайндль Максимилиан, Флик Дитер,
Шайфф Фредерик, Виссемайер
Александр, Пройсс Райнер, Боде
Андреас (DE)**

(74) Представитель:
Беляева Е.Н. (BY)

(56) **US-A1-2013312472
US-B1-8361186
US-A1-2019002764
WO-A1-2018108681**

(57) Изобретение касается субстрата для оструктуривания почвы, содержащего гранулированный пироуглерод с плотностью 1,6-2,3 г/см³, удельной площадью поверхности 0,001-5 м²/г, измеряемой методом ртутной порометрии, размером частиц 0,3 мм (d10)-8 мм (d90) и содержанием углерода 95-100 мас.%. Настоящее изобретение также касается способа стимулирования роста растений на сельскохозяйственных полях, включающего нанесение гранулированного пироуглерода с плотностью 1,6-2,3 г/см³, удельной площадью поверхности 0,001-5 м²/г, измеряемой методом ртутной порометрии, размером частиц 0,3-8 мм и содержанием углерода 95-100 мас.%. Кроме того, настоящее изобретение касается применения гранулированного пироуглерода, содержащего гранулированный пироуглерод с плотностью 1,6-2,3 г/см³, удельной площадью поверхности 0,001-5 м²/г, измеряемой методом ртутной порометрии, размером частиц 0,3 мм (d10)-8 мм (d90) и содержанием углерода 95-100 мас.%, в качестве структурообразователя почвы для сельскохозяйственных полей и/или садоводства.

044886 B1

044886 B1

Настоящее изобретение включает применение гранулированного пироуглерода с плотностью 1,6-2,3 г/см³, удельной площадью поверхности 0,001-5 м²/г, размером частиц 0,3 мм (d10)-8 мм (d90) и содержанием углерода 95-100 мас.% для оструктурирования почвы, например, для стимулирования роста растений, стимулирования дренирования почвы и предотвращения эрозии, испарения, закупорки, образования корки и заиления. Пироуглерод предпочтительно используют в качестве мульчи.

Почва является наиболее важным производственным фактором для фермеров, и поэтому главная задача фермера состоит в том, чтобы предотвратить эрозию, испарение и заиление. Мульчу в настоящее время используют для борьбы с эрозией, испарением, сорняками и истощением гумуса. В качестве мульчи обычно используют растительные остатки промежуточной культуры или солому предыдущего урожая.

Недостаток мульчи заключается в том, что органическая масса связывает активные ингредиенты, такие как гербициды, и тем самым снижает их действие. Посев мульчи также требует значительных временных и денежных затрат.

Помимо посева мульчи, иногда на полях разбрасывают компост. В зависимости от типа компоста в течение нескольких дней может сохраняться неприятный запах.

US 2,877,599 раскрывает, что сажа, имеющая большой объем для своего веса, может включаться в почву, чтобы затемнить ее и улучшить нагрев от солнечного излучения, а также поглощение и удержание воды. US 2,877,599 раскрывает, что сажа настолько легкая и рыхлая (размер агрегатов 85-500 нм, агрегатов 1-100 мкм, плотность 1,7-1,9 г/см³), в некотором смысле крайне летучая, что ее нельзя осаждать непосредственно на землю. Простое ее разбрасывание приводит к тому, что значительный процент сажи "испаряется" в воздух, а оставшаяся часть быстро уносится или сносится ветром. В US 2,877,599 подводится итог о том, что сажу практически невозможно добавлять непосредственно в почву. Таким образом, US 2,877,599 раскрывает структурообразователь почвы в форме компактных гранул, содержащий 5-40%, предпочтительно 10-20% сажи, до 50% гипса, до 1% связующего вещества и до 95% органического волокнистого материала, т.е. шлама с предприятий по переработке сточных вод, отработанного щелока с бумажных фабрик или гумуса. Структурообразователь почвы наносят на почву в количестве в диапазоне 200 фунтов (90 кг)-2 тонны на акр (0,405 га). Желательно, чтобы структурообразователь почвы проник в землю на глубину двух дюймов в течение двух лет. Гранулы имеют диаметр и длину в диапазоне от $\frac{1}{4}$ до $\frac{3}{16}$ дюйма.

US 3,345,773 раскрывает использование углеродистых твердых частиц диаметром 0,08-0,5 дюйма в качестве мульчи для стимулирования прорастания и роста растений за счет нагревания почвы, предотвращения коркообразования на почве и удержания в ней влаги. Описаны различные полезные твердые углероды, например, уголь, т.е. лигниты, антрациты, а также битумные угли и кокс, полученный из углей и нефти. По определению твердый углерод включает твердые вещества, состоящие в основном из углерода с содержанием летучих веществ менее чем около 25 мас.% и полученные из источников угля или углеводородов. Мульчу наносят на твердое вещество, чтобы обеспечить слой над семенами толщиной 0,125-1,5 дюйма. Предпочтительно, углеродсодержащие твердые вещества смешивают с водонепроницаемым материалом для создания водного барьера.

US 3,341,318 раскрывает состав мульчи, содержащий композиции лигнинсульфоната, побочный продукт бумажной промышленности, технический углерод и воду. Эти составы мульчи обеспечивают повышенную температуру почвы, тем самым способствуя более качественному прорастанию семян сельскохозяйственных культур, более раннему появлению всходов и созреванию, сохраняют почвенную влагу, уменьшают потери почвы, выдуваемой ветром, легко распыляются без засорения форсунок аппликатора и не вызывают коррозии оборудования, которое используют для их внесения. При желании сажу можно исключить из мульчи, если ее используют в первую очередь для гербицидного воздействия.

JP 9310068 касается структурообразователя почвы, содержащего углеродный материал с высокой удельной площадью поверхности 30-500 м/г, состоящей из остатков сжигания отходов резиновых изделий.

Источники углерода неизвестного состава, т.е. углеродсодержащие отходы, потенциально опасны, поскольку они могут содержать компоненты, являющиеся вредными для окружающей среды или токсичными. Нормы охраны окружающей среды требуют, чтобы добавки к почве, например, структурообразователи, являлись безопасными и не добавляя в почву загрязняющих веществ.

Ввиду неизвестных компонентов, использующих отходы, WO 2012/15313 раскрывает систему для производства структурообразователя почвы, отличающуюся тем, что газообразный источник углеводородов подают на установку плазменного крекинга, а полученный плазменный углерод подают на установку, в которой плазменный углерод смешивают с субстратом для получения структурообразователя почвы, обогащенного углеродом. В качестве субстрата для смешивания с углеродом могут выступать различные виды почвы, такие как песок, глина или органические отходы. В документе сообщается о том, что плазменный углерод с небольшими размерами конкреций (<100 нм) имеет несколько преимуществ в качестве структурообразователя почвы, поскольку он поглощает УФ-излучение и за счет этого обеспечивает защиту микроорганизмов, жизненно важных для хороших условий роста в почвах, подверженных сильному солнечному излучению. В WO 2012/15313 речь идет о том, что большая площадь поверхности

от 50 до 1000 м²/г важна для улучшения влагоудерживающих свойств и, соответственно, предотвращения обезвоживания почвы. Помимо того недостатка, что для гранулирования сажи приходится прикладывать определенные усилия, WO 2012/15313 раскрывает, что субстраты на основе сажи имеют постоянную тенденцию к пылеобразованию. Пыль усиливает эрозию и истощение гумуса, и правила охраны окружающей среды требуют, чтобы почвенные добавки использовались в форме, не содержащей пыли.

Хотя использование углерода в качестве структурообразователя почвы в литературе имеет долгую историю, о его широком применении ничего не известно.

В последнее время, с учетом истощения гумуса, изменения климата и вопросов управления органическими отходами в качестве многообещающего структурообразователя почвы упоминается биоуголь.

В основном заявлено три преимущества биоугля: Улучшение почвы, сокращение N₂O и секвестрация углерода. Большая площадь поверхности биоугля может обеспечить долгосрочное хранение воды, функциональные группы могут связывать питательные вещества, а черный цвет может улучшить прогревание почвы. Изменение физической среды обитания в отвалах может привести к трансформациям в микробном сообществе и обеспечить подавление выбросов N₂O. Полициклические ароматические соединения биоугля разлагаются медленнее, чем исходная биомасса, являющаяся поглотителем углерода.

Однако большинство недавних исследований показало лишь небольшое или незначительное влияние на урожайность. (Martin Bach, Burkhard Wilske & Lutz Breuer (2016): Current economic obstacles to biochar use in agriculture and climate change mitigation, Carbon Management (Текущие экономические препятствия для использования биоугля в сельском хозяйстве и смягчения последствий изменения климата, Управление Выбросами Углерода), DOI: 10.1080/17583004.2016.1213608; Steffens (2019), Kohlenstoff in den Boden bringen (Внесение углерода в почву). Lumbrico 3, 36-39; Borchard, N., Siemens, I, Ladd, B., Moller, A., Amelung, W. (2014) Application of biochars to sandy and silty soil failed to increase maize yield under common agricultural practice. Soil and Tillage Research (Внесение биочаров в песчаную и илистую почву не привело к увеличению урожайности кукурузы при обычной сельскохозяйственной практике. Исследование почвы и обработки почвы) 144, 184-194).

Средняя стоимость биоугля в настоящее время составляет около 400 евро за тонну. При использовании около 10 т/га прибыль от повышения урожайности оценивается в размере от 1 до 10 евро на тонну в год. При предполагаемом среднем периоде полураспада биоугля в 20 лет его крупномасштабное применение в сельском хозяйстве пока не выгодно (смотрите Bach, Miill und Abfall (2017); BUND (Союз охраны окружающей среды и природы) (2015), Terra Preta/Pyrolysekohle - BUND Einschätzung ihrer Umweltrelevanz (Пиролизный уголь - BUND (Оценка экологического значения)). Кроме того, сомнительно, что объемы биоугля, которые потенциально доступны в течение года, смогут удовлетворить рыночный спрос.

Таким образом, учитывая текущую стоимость биоугля, его экономическая целесообразность не может рекомендовать его повсеместное использование в сельскохозяйственном растениеводстве. Кроме того, процесс преобразования биомассы в пиролизованнный биоуголь также необходимо критически оценивать с точки зрения содержания загрязняющих веществ в продукте (особенно ПАУ).

В US 2013/312472 раскрыта композиция, содержащая пиролизованную биомассу, которую используют для улучшения почвы. Указанная пиролизованная биомасса может содержать более 95 мас.% углерода и может представлять собой гранулированную композицию с частицами размером 1 мм. В US 2013/312472 упоминается, что благодаря высокой пористости биоуголь накапливает питательные вещества и микроорганизмы, благодаря чему растения растут даже в сильно пористых почвах. Поверхность БЭТ анализируют на наличие древесины, соломы, зеленых отходов и водорослей и определяют, что она находится в диапазоне 20-200 м²/г при температуре пиролиза 600-750°C.

US 8361186 раскрывает, что материал биомассы может подвергаться пиролизу, и такой гранулированный пироуглерод может быть использован в качестве структурообразователя почвы. Установлено, что содержание углерода находится в диапазоне 10-99,5 мас.%, а площадь поверхности в диапазоне 1-5000 м²/г.

US 2019/002764 также раскрывает использование пиролизованного и обогащенного кислородом биоугля с оптимизированной гидрофильностью в качестве субстрата для кондиционирования почвы. Субстрат представляет собой гранулированный материал с размером частиц до 3 мм, содержанием углерода в диапазоне 65-75 мас.% и площадью поверхности в диапазоне 0,1-800 м²/г.

Кэтрин Вебер и Питер Куикер (Kathrin Weber and Peter Quicker) проанализировали множество образцов биоугля в своей работе Fuel 217 (2018)240-261. Содержание углерода находится в диапазоне 50-95 мас.%, плотность биоугля находится в диапазоне 0,4-0,75 г/см³, объемная плотность составляет около 0,3 г/см³ и БЭТ находится в диапазоне 1-700 м²/г, и общий объем порового пространства составляет 1-4,8 см³/г, а все параметры зависят от температуры пиролиза.

Общепринятым методом стимулирования прорастания семян и роста растений является покрытие черной фольгой. Недостатки хорошо известны: отсутствие инфильтрации воды, использование микропластика, дорогостоящий и трудоемкий способ, негативное влияние на ландшафт.

Помимо проблем эрозии и испарения почвы, серьезной проблемой ввиду возрастающего риска проливных дождей из-за изменения климата являются инфильтрация и закупорка воды. Под закупоркой по-

нимается смещение частиц почвы с ее поверхности каплями дождя или движением воды в целом. При ударе капель (град, сильный дождь, непрерывный дождь, орошение) почвенные агрегаты более или менее механически дробятся, и при этом удаляются мелкие частицы или отдельные зерна. Последствия закупорки: (i) выравнивание; это приводит к ускорению поверхностного стока; (ii) закрытие пор почвы; это приводит к снижению водопоглощения (инфильтрации) и (iii) образование корки после высыхания; это затрудняет проникновение прорастающих растений через поверхность почвы.

Задачей настоящего изобретения является предоставление способа стимулирования роста растений.

Еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление способа стимулирования роста растений за счет уменьшения эрозии ветром и/или дождем.

Еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление способа стимулирования роста растений за счет снижения потерь влаги в атмосферу и обеспечения за счет этого высокого содержания влаги в почве.

В дополнение, еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление способа стимулирования роста растений за счет увеличения способности поглощения лучистого тепла посевным ложем, уменьшения потребности в поливе, снижения риска закупорки, образования корки, заиливания и/или подавления роста сорняков.

Еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление структурообразователя почвы, который практически не содержит или вообще не содержит пыли, не имеет запаха и может временно храниться вне помещений.

Еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление структурообразователя почвы, с которым легко обращаться и который легко наносить, что позволяет точно дозировать его благодаря четкому гранулометрическому составу.

Еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление структурообразователя почвы, не содержащего загрязняющих веществ и безвредного для почвы и растений даже в больших количествах.

Еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление углеродсодержащего структурообразователя почвы, который не поддается биологическому разложению и поэтому не выделяет углекислый газ.

Еще одной задачей настоящего изобретения является предоставление структурообразователя почвы, являющегося альтернативой биоуглю, который доступен по разумной цене и в достаточном количестве для удовлетворения потребностей рынка.

В настоящем изобретении предложен субстрат для оструктурирования почвы, содержащий гранулированный пироуглерод с плотностью 1,6-2,3 г/см³, удельной площадью поверхности 0,001-5 м²/г, размером частиц 0,3 мм (d10)-8 мм (d90) и содержанием углерода 95-100 мас. %.

Размер частиц такой же, как у мелкого гравия (обычно 2-6 мм) или крупного песка (обычно 0,5-2 мм).

В настоящем изобретении предложен способ стимулирования роста растений в почве, который включает внесение в почву гранулированного пироуглерода с размером частиц 0,3-8 мм и содержанием углерода 95-100%.

Настоящее изобретение также предусматривает прямое применение гранулированного пироуглерода без какого-либо процесса гранулирования в качестве структурообразователя почвы для сельскохозяйственных угодий и/или садоводства. Предпочтительно, в дополнение к мульче семян используют гранулированный пироуглерод.

Пироуглерод.

Слово "пироуглерод" относится к твердому углероду, полученному в результате пиролиза легких углеводородов в отсутствие кислорода (смотрите, например, Мурадов, Назим. "Производство водорода из ископаемого топлива с низким или почти нулевым содержанием CO₂: состояние и перспективы" ("Low to near-zero CO₂ production of hydrogen from fossil fuels: Status and perspectives.") Международный журнал водородной энергетики (International Journal of Hydrogen Energy) 42.20 (2017): 14058-14088). Предпочтительный гранулированный пироуглерод представляет собой твердый элементарный углерод высокой плотности, полученный осаждением на углеродные гранулы. Это предпочтительнее термической сажки, полученной с помощью термических/плазменных процессов, или наноструктурированного углерода, выращенного на металлических/оксидных катализаторах.

Пироуглерод может быть получен разложением газообразных углеводородных соединений, предпочтительно разложением метана и осаждением углерода на подходящие подложки (углеродные материалы, металлы, керамику и их смеси), предпочтительно в диапазоне температур 1000-2500 К и при давлении в диапазоне 0,5-5000 кПа (абс). Субстрат может быть пористым или непористым и может представлять собой несущую подложку в реакторе (предварительно установленная часть) либо гранулированный и порошкообразный материал. При использовании несущей подложки, содержащей каталитически активные металлы, предпочтительными являются металлы, которые оказывают положительное или не оказывают вообще никакого влияния на прорастание семян и рост растений и могут оставаться в почве подобно железу. Предпочтительной подложкой является углеродсодержащая, например пироуглерод,

что означает углерод, полученный в результате бескислородного термического разложения углеводородов в присутствии углеродсодержащей подложки при температурах $>1000^{\circ}\text{C}$. Размер частиц предпочтительной несущей подложки находится в диапазоне 0,3-8 мм, предпочтительно 0,5-5 мм, более предпочтительно 1-4 мм. Разложение может быть реализовано в виде неподвижного слоя, подвижного слоя, псевдооживленного слоя или увлеченного потока. Производство пироуглерода не ограничивается конкретным источником энергии, возможны производственные реакторы, работающие на ископаемом топливе, с электрическим или плазменным нагревом.

Широкий спектр микроструктур, например, изотропный, пластинчатый, зародышевый на подложке и с различным содержанием остаточного водорода может встречаться в пироуглероде в зависимости от условий осаждения (температуры, типа, концентрации и расхода исходного газа, площади поверхности подстилающей подложки и т.д.).

Обычно плотность пироуглерода находится в диапазоне 1,5-2,5 г/см³, 1,6-2,3 г/см³, предпочтительно 1,8-2,2 г/см³, более предпочтительно 1,9-2,15 г/см³ (реальная плотность в ксилоле, ISO 8004). Обычно объемная плотность пироуглерода находится в диапазоне 0,5-1,5 г/см³, предпочтительно 0,6-1,3 г/см³, более предпочтительно 0,7-1,1 г/см³.

Как правило, содержание углерода в пироуглероде находится в диапазоне 95-100 мас.%, предпочтительно 98-100 мас.%, более предпочтительно 99-100 мас.%, еще более предпочтительно 99,5-100 мас.%, еще более 99,75-100 мас.%, еще более 99,9-100 мас.%. Обычно примесями пироуглерода являются: S в диапазоне 0-1 мас.%, предпочтительно 0-0,5 мас.%, более предпочтительно 0-0,1 мас.%. Fe в диапазоне 0-1000 ч./млн, предпочтительно 0-500 ч./млн, Ni в диапазоне 0-250 ч./млн, предпочтительно 0-100 ч./млн, V в диапазоне 0-450 ч./млн, предпочтительно 0-250 ч./млн, более предпочтительно 0-100 ч./млн. Na в диапазоне 0-200 ч./млн, предпочтительно 0-100 ч./млн. Кислород находится в диапазоне 0-100 ч./млн, предпочтительно ниже предела обнаружения.

Обычно размер частиц гранулированного пироуглерода, непосредственно образующегося в результате разложения газообразных углеводородных соединений, находится в диапазоне 0,3 мм (d10)-8 мм (d90), предпочтительно 0,5 мм (d10)-5 мм (d90), более предпочтительно 1 мм (d10)-4 мм (d90).

Фракция размером частиц менее 0,1 мм, предпочтительно менее 10 мкм, более предпочтительно менее 5 мкм составляет не более 20 мас.ч./млн, более предпочтительно составляет не более 10 мас.ч./млн. Фракция размером частиц менее 0,1 мм, предпочтительно менее 10 мкм, более предпочтительно менее 5 мкм, находится в диапазоне 0-20 мас.ч./млн, предпочтительно 0-10 мас.ч./млн.

При необходимости, гранулированный пироуглерод, непосредственно образующийся в результате разложения газообразных углеводородных соединений, может быть классифицирован по желаемому размеру частиц или желаемому гранулометрическому составу, если это необходимо для конкретных областей применения в сельском хозяйстве. Для таких процессов отделения/классификации обычно используют универсальный классификатор.

Как правило, размер кристаллов (дифракционный рентгеновский анализ) в пироуглероде находится в диапазоне 20-60 Å, предпочтительно 30-50 Å, (XRD, ISO 20203).

Как правило, пористость гранулы пироуглерода составляет 0%-15%, предпочтительно 0,2%-10%, наиболее предпочтительно 0,2-5% (ртутная порометрия, DIN66133).

Как правило, удельная площадь поверхности пироуглерода, измеряемая методом ртутной порометрии (DIN66133), находится в диапазоне 0,001-10 м²/г, предпочтительно 0,001-5 м²/г, более предпочтительно 0,01-2 м²/г, еще более предпочтительно 0,05-2 м²/г.

Пироуглерод представляет собой гидрофобный материал с предпочтительным краевым углом смачивания капель воды более 70, предпочтительно более 80, более предпочтительно более 90.

Как правило, гранулированный пироуглерод, полученный разложением газообразных углеводородных соединений и осаждением углерода на подходящие подложки, не склонен к образованию пыли.

Предпочтительно, гранулированный пироуглерод, полученный разложением газообразных углеводородных соединений и осаждением углерода на подходящие подложки, может непосредственно быть использован в качестве структурообразователя почвы. Предпочтительно нет необходимости в каком-либо этапе гранулирования. Предпочтительно нет необходимости добавлять связующее вещество, наполнитель и т.д.

Разбрасывание гранулированного пироуглерода.

Структурообразователь почвы можно разбрасывать или применять на сельскохозяйственном поле (почве) в количестве в диапазоне 0,5-500 т/га, предпочтительно 2-200 т/га, более предпочтительно 5-20 т/га.

Толщина слоя структурообразователя почвы, предпочтительно перекрывающего посевное ложе, может варьироваться в зависимости от преобладающих условий посадки, таких как влажность почвы, тип высаживаемых растений и т.д.

Обычно толщина слоя структурообразователя почвы может составлять 0,5-50 мм; предпочтительно 1-20 мм, наиболее предпочтительно, 5-15 мм.

Благодаря такой гранулированной форме структурообразователь легко наносится и вносится в почву. Структурообразователь почвы можно вносить с использованием хорошо известного разбрасывателя,

например, разбрасыватель удобрений, который можно толкать/тянуть вручную или трактором. При необходимости, структурообразователь почвы вносится в верхний слой почвы с помощью почвоподготовительной техники, а в качестве альтернативы структурообразователь оставляют на поверхности почвы.

При необходимости, данный субстрат для оструктурирования почвы можно наносить в виде слоя поверх почвы до того, как семена будут высажены или после этого. Преимущество применения после посева семян заключается в том, что это позволяет избежать разрушения слоя гранулированного пироуглерода последующими операциями посева.

Структурообразователь почвы можно наносить в виде одного слоя на все посевное ложе или, в качестве альтернативы, его можно наносить узкой полосой, покрывающей только посевной ряд. В еще одном варианте осуществления изобретения структурообразователь почвы можно наносить периодическими или прерывистыми полосами по посевному ряду для облегчения операций прореживания.

При необходимости, субстрат для оструктурирования почвы можно смешивать с другими часто используемыми субстратами для оструктурирования, такими как удобрения, известковый материал, общеизвестный почвоулучшитель, среда для выращивания, ингибитор и/или биостимулятор растений согласно нормам Регламента (ЕС) 2019/1009, и применять в качестве смеси. При необходимости, размер частиц субстрата для оструктурирования почвы может быть адаптирован к субстрату для совместного оструктурирования, например, через классификацию.

При необходимости, настоящий субстрат для оструктурирования почвы может содержать различные органические или неорганические добавки, например, агрохимически активное вещество из группы фунгицидов, бактерицидов, гербицидов и/или регуляторов роста растений.

Преимущества.

В данном случае был найден структурообразователь почвы, который не содержит пыли, не имеет запаха, прост в обращении и применении. Углерод, полученный в результате разложения газообразных углеводородных соединений, может быть непосредственно использован в качестве структурообразователя почвы без какого-либо этапа гранулирования.

Настоящий структурообразователь почвы может быть использован в качестве мульчи, верхнего слоя, и его не нужно вносить в почву.

Кроме того, углеродсодержащий структурообразователь почвы может оставаться в почве без превращения в углекислый газ.

Кроме того, данный структурообразователь снижает эрозию почвы ветром. Кроме того, структурообразователь почвы по настоящему изобретению, используемый в качестве мульчи, уменьшает потерю влаги из почвы в атмосферу и тем самым сохраняет высокое содержание влаги в почве. Несмотря на то, что эта информация уже была приведена в WO 2012/15313, этот эффект сохранения высокого содержания влаги в почве невозможно измерить при использовании сажи в качестве структурообразователя почвы при той же норме внесения (например, 16 т/га).

Данный структурообразователь почвы демонстрирует хорошие свойства инфильтрации и закупорки воды, а также хорошую гидропроводность почвы.

Данный структурообразователь почвы может удовлетворить рыночный спрос. Небольшой завод по производству водорода обычно производит 10000 нм³/ч водорода с использованием пиролиза метана, 21400 т/год пироуглерода будет производиться в качестве побочного продукта, завод по производству водорода среднего масштаба обычно производит 50000 нм³/ч, и таким образом, получается 107000 т/год пироуглерода в качестве побочного продукта, а крупный завод по производству водорода обычно производит 100 000 нм³/ч, что дает 214 000 т/год пироуглерода в качестве побочного продукта.

Пример.

1. Сравнение пироуглерода с биоуглем.

Характеристики.

В рамках экспериментов испытания были проведены с гранулированным пироуглеродом и биоуглем.

Таблица 1
Характеристика гранулированного пироуглерода и биоугля

	Гранулированный пироуглерод	Биоуголь 1	Биоуголь 2	Биоуголь 3	Биоуголь 4
Биоуголь		Изготовлен из древесины ели (Prodana GmbH)	Изготовлен из корня виноградной лозы (Hochschule Geisenheim University)	Изготовлен из зеленых черенков (Hochschule Geisenheim University)	Изготовлен из пшеничной соломы (Hochschule Geisenheim University)
Содержание углерода	98 мас. %	86 мас. %	-**	-**	-**
Размер частиц	1,5 - 2,0 мм	1-2 мм	-**	-**	1-2 мм
БЭТ	<0,05 м ² /г	58,9 м ² /г	-**	-**	113 м ² /г
Поверхность Ленгмюра	0,13 м ² /г	82,1 м ² /г	-**	-**	156 м ² /г
Плотность	1,93 ± 0,03 г/см ³	< 1* г/см ³	1,13 ± 0,01 г/см ³	0,95 ± 0,13 г/см ³	< 1* г/см ³
Объемная плотность	1,28 г/см ³	0,227 г/см ³	-**	-**	0,187 г/см ³

* Плавает на поверхности, даже если раствор содержит увлажняющий реагент.

** Данные пока недоступны.

Гранулированный пироуглерод получали разложением природного газа и нанесением на носитель прокаленного нефтяного кокса (носитель с размером частиц 0,5-2,5 мм, содержанием серы 1,1 мас. % и истинной плотностью в ксилоле 2,09 г/см³) в кипящем слое при температуре 1100 -1300 °С и давлении 1-2 бар (аба).

БЭТ: измерена в соответствии с описанием в DIN ISO 9277.

Плотность: удельный вес (плотность) определяли по закону Архимеда в чистой воде (см. Википедию). Часть экспериментов была проведена в воде с добавлением увлажняющего реагента для снижения поверхностного натяжения воды, чтобы и гидрофобные частицы могли погружаться в воду, если удельный вес составляет ≥ 1 г/см³.

Объемная плотность: ASTM C559 "Стандартный метод определения объемной плотности путем физического измерения промышленных углеродных и графитовых изделий".

СЭМ (см. фиг. 2).

Образцы пироуглерода и биоугля обрызгивали парами платины и фотографировали с помощью сканирующего электронного микроскопа Zeiss Gemini SEM 500.

2. Ветровая эрозия.

Модель эксперимента: установка аэродинамической трубы с градиентом различных скоростей ветра от 0 до 7 км/ч (измерено ручным аэрометром Lechler Pocketwind IV, который помещали на перевернутые чашки Петри, на которые также наносили материалы (пироуглерод, сажа, биоуголь 1, биоуголь 4 в сухих условиях).

2.1. Скорость ветра.

Перевернутые чашки Петри, на которые выкладывали 1,5 г материала, помещали в аэродинамическую трубу и увеличивали скорость ветра.

Таблица 2
Скорость ветра, с которой первые частицы были снесены с чашек Петри

	Скорость ветра
Пироуглерод	5,5 км/ч
Сажа	3,6 км/ч
Биоуголь 1	1,6 км/ч
Биоуголь 4	1,4 км/ч

2.2. Потери материала.

Перевернутые чашки Петри, на которые выкладывали 1,5 г материала, помещали в аэродинамическую трубу при скорости ветра 6,4 км/ч. После 5 мин воздействия ветра оставшийся на чашках Петри материал взвешивали.

Таблица 3
Материал, оставшийся на чашках Петри после 5 мин воздействия

	Материал, оставшийся на чашках Петри [г]	Материал, оставшийся на чашках Петри [%]
Пироуглерод	1,49 г	99 %
Сажа	1,38 г	93 %
Биоуголь 1	0,58 г	39 %
Биоуголь 4	0,54 г	36%

Покрытие верхнего слоя почвы пироуглеродом или сажей уменьшает эрозионное воздействие ветра благодаря высокой плотности и малой площади поверхности. Биоуголь, имеющий низкую плотность и структурированную поверхность большой площади, обеспечивает большую контактную поверхность для ветра в сухих условиях.

3. Сравнение пироуглерода с сажей.

Характеристики.

В рамках экспериментов испытания были проведены с гранулированным пироуглеродом и сажей.

Таблица 4
Характеристика гранулированного пироуглерода и сажи

	Гранулированный пироуглерод	Сажа (Cancarb Thermax N990 ultra pur)
Содержание углерода	98 мас. %	>95 мас. %
Размер частиц	1,5 - 2,0 мм	280 нм
БЭТ	<0,05 м ² /г	10,3 м ² /г
Поверхность Ленгмюра	0,13 м ² /г	15 м ² /г
Плотность	1,98 г/см ³	1,7-1,9 г/см ³

Гранулированный пироуглерод получали разложением природного газа и нанесением прокаленного нефтяного кокса на носитель (с размером частиц 0,5-2,5 мм, содержанием серы 1,1 мас. % и истинной плотностью в ксилоле 2,09 г/см³) в кипящем слое при температуре 1100-1300°C и давлении 1-2 бар (абс).

3.1. Образование биомассы.

Применение (см. фиг. 1) и методы испытаний.

Вегетационный опыт с кукурузой.

Почву Лимбургерхоф (суглинистый песок, pH 6,8) использовали в "вегетационных сосудах Митчерлиха", наполненных 6,4 кг сухой почвы в каждый горшок. В качестве основного удобрения в каждом горшке использовали 99 мг магния в виде MgSO₄ и 0,436 г фосфора, 1,1 г калия в виде K₂HPO₄ и 1 г натрия в виде NH₄NO₃.

Образцы углерода либо равномерно смешали с почвой (применение, обработка А), либо равномерно смешали с 1 кг почвы, которая была помещена поверх других неизменных 5,4 кг почвы (применение В), либо образцы углерода поместили поверх почвы после появления всходов кукурузы через девять дней после посева (применение С), см. фиг. 1.

При площади почвы 314 см² на один горшок 2, 4, 8, 16 т С/га равно 6,3, 12,5, 25, 50 г ц/горшок соответственно.

Шесть семян кукурузы обыкновенной сорта "Амадео" высеяли в горшки (5 июня 2019 г.). После появления всходов растения сначала равномерно прореживали до трех растений в горшке, а затем до одного растения в горшке, которое далее культивировали до полного созревания. В качестве второй подкормки горшки удобряли 1 г N в виде NH₄NO₃ и, наконец, в качестве третьей подкормки в каждый горшок вносили 6,7 г комплексного удобрения Nitrophoska® perfect (15+5+20S+2+8+следовых элементов) 28 июня.

Каждую операцию обработки углеродом повторяли 4 раза, так что с необработанным контрольным образцом проводили в общей сложности 8 повторных обработок. Горшки разместили полностью случайным образом на конвейерном столе в Вегетационном зале в Лимбургерхофе и подвергали воздействию естественного облучения и температуры с момента посева до сбора урожая. Функция и характеристики Вегетационного зала в Лимбургерхофе были описаны Юнгом (1967).

С понедельника по пятницу горшки поливали два раза в день в полуавтоматическом режиме после взвешивания до 70% от максимальной водоудерживающей способности почвы. (Различия в весе горшков

из-за добавления образцов углерода учитывали по дополнительному весу). В субботу и воскресенье горшки поливали два раза в день согласно принципам садоводства по мере необходимости без взвешивания.

Урожай собирали 2 октября путем разделения побега на початок и остальную часть растения, чтобы можно было определить как общее содержание сухого вещества (табл. 5), так и содержание сухого вещества в початке (табл. 6) после сушки растительной биомассы в печи с принудительной вентиляцией при 80°C до постоянного веса.

Применение А: равномерное смешивание со всей почвой в горшке (0-15 см, 6,4 кг почвы).

Применение В: равномерное перемешивание только с верхним слоем почвы (0-3 см, 1 кг почвы).

Применение С: мульчирование поверх почвы через 9 дней после появления всходов.

3.1.1. Применение (см. фиг. 1) и методы испытаний.

Фиг. 1: почву обрабатывали двумя формами углерода (пироуглерод, сажа) с разной скоростью и в разных местах.

3.1.2. Сравнение результатов испытаний.

Таблица 5

Общее количество сухого вещества побегов на растение кукурузы и горшок в граммах, как среднее значение n повторений, \pm стандартное отклонение и как процент от необработанных контрольных образцов=100%. Распределение пироуглерода (Руго-С) и сажи ("применение") показано на фигуре 1. "-" означает, что обработку не проводили. Статистика (однофакторный дисперсионный анализ): н.с.=нет существенной разницы между средствами контроля и обработки, (+)=разные с $P<0,1$, *=существенно разные с $P<0,05$, ** с $P<0,01$, *** с $P<0,001$

Применение	Контрольные растения	Руго-С (2 т/га)	Руго-С (4 т/га)	Руго-С (8 т/га)	Руго-С (16 т/га)	Сажа (2 т/га)	Сажа (4 т/га)	Сажа (8 т/га)	Сажа (16 т/га)
А	105,2 ±5,9 (n = 8) (100%)	113,8± 15,3 (n = 4) (108%) н.с.	105,3± 7,5 (n = 4) (100%) н.с.	113,3± 13,6 (n = 4) (108%) н.с.	114,4± 15,9 (n = 4) (109%) н.с.	113,2± 4,1 (n = 4) (108%) *	117,6± 5,3 (n = 4) (112%) **	115,7± 13,2 (n = 4) (110%) н.с.	116,4± 4,7 (n=4) (110%) **
	117,7±12,7 (n=16) (106%) *					115,7±7,2 (n=16) (110%) **			
В	105,2 ±5,9 (n = 8) (100%)	-	109,2± 11,8 (n = 4) (104%) н.с.	118,5± 7,1 (n = 4) (113%) **	111,9± 13,5 (n = 4) (106%) н.с.	-	108,0± 13,8 (n = 4) (103%) н.с.	110,5± 5,5 (n = 4) (105%) н.с.	102,0± 6,6 (n = 4) (97%) н.с.
		-	113,2 ±10,9 (n = 12) (108%) н.с. (+)			-	106,8 ±9,3 (n = 12) (101%) н.с.		
С	105,2 ±5,9 (n = 8) (100%)	-	-	125,5± 6,0 (n = 4) (119%) ***	113,1± 10,3 (n = 4) (107%) н.с.	-	-	-	104,3± 13,0 (n = 4) (99%) н.с.

Таблица 6

Общее количество сухого вещества в початке на растение кукурузы и горшок в граммах, как среднее значение n повторений, \pm стандартное отклонение и как процент от необработанных контрольных образцов=100%. Распределение пироуглерода (Pyro-C) и сажи ("применение") показано на фигуре 1. "-" означает, что обработку не проводили. Статистика (однофакторный дисперсионный анализ): н.с.=нет существенной разницы между средствами контроля и обработки, (+)=разные с $P<0,1$, *=существенно разные с $P<0,05$, ** с $P<0,01$, *** с $P<0,001$.

Применение	Контроль растения	Pyro-C (2 т/га)	Pyro-C (4 т/га)	Pyro-C (8 т/га)	Pyro-C (16 т/га)	Сажа (2 т/га)	Сажа (4 т/га)	Сажа (8 т/га)	Сажа (16 т/га)	
А	67,2 $\pm 5,0$ (n = 8) (100%)	72,8 $\pm 14,0$ (n = 4) (108%) н.с.	68,3 $\pm 4,8$ (n = 4) (102%) н.с.	70,7 $\pm 12,8$ (n = 4) (105%) н.с.	76,1 $\pm 10,3$ (n = 4) (113%) н.с. (+)	74,6 $\pm 2,5$ (n = 4) (111%) *	79,4 $\pm 3,6$ (n = 4) (118%) **	77,8 $\pm 9,6$ (n = 4) (116%) *	76,9 $\pm 3,8$ (n = 4) (111%) **	
	70,0 \pm 10,3 (n=16) (107%) н.с.					77,2 \pm 5,3 (n=16) (115%) ***				
	В	67,2 $\pm 5,0$ (n = 8) (100%)	-	72,7 $\pm 9,5$ (n = 4) (108%) н.с.	78,9 $\pm 5,0$ (n = 4) (117%)* н.с.	73,5 $\pm 12,1$ (n = 4) (109%) н.с.	-	70,6 $\pm 7,2$ (n = 4) (105%) н.с.	75,0 $\pm 4,2$ (n = 4) (112%) *	67,0 $\pm 6,2$ (n = 4) (100%) н.с.
-		75,0 \pm 8,9 (n = 12) (112%) *			-		70,9 \pm 6,4 (n = 12) (106%) н.с.			
С		67,2 $\pm 5,0$ (n = 8) (100%)	-	-	83,7 $\pm 5,2$ (n = 4) (123%) ***	73,2 $\pm 8,6$ (n = 4) (107%) н.с.	-	-	-	66,9 $\pm 8,8$ (n = 4) (98%) н.с.

Добавление как пироуглерода, так и сажи в среднем увеличило производство биомассы кукурузы в диапазоне эквивалента от 2 до 16 т/га (табл. 5 и 6). Единственным исключением является самая высокая норма внесения сажи (16 т/га), которая попадает только в самый верхний слой почвы или поверх почвы после появления всходов (применение В и С). В этом случае либо не наблюдалось увеличение количества сухого вещества, либо в среднем имело место некоторое снижение роста. Внесение пироуглерода поверх почвы после появления всходов в дозах 8 или 16 т/га наоборот увеличивало как общее количество сухой массы всходов в среднем на 13% (табл. 5), так и количество сухого вещества в початке кукурузы на 17% (табл. 6), которые были статистически значимы по обоим параметрам (не показаны).

В среднем и с точки зрения статистики сажа стимулировала рост несколько больше, чем гранулированный пироуглерод в диапазоне норм внесения при равномерном распределении в почве (применение А). Картина меняется, когда эти два источника углерода концентрируются в самых верхних 3 см почвы (применение В) или размещаются поверх почвы (применение С). В этих случаях в среднем и статистически пироуглерод превосходил сажу.

3.3. Биоразлагаемость.

Тест на биоразлагаемость проводили путем измерения дыхания почвы после добавления пироуглерода и сажи при норме внесения 313 мг на 50 г почвы (почва Лимбургерхоф; суглинистый песок, pH 6,8), что эквивалентно примерно 2 т С/га. В качестве контрольных образцов использовали почву без добавок или с добавлением 50 мг молотой пшеничной соломы на 50 г почвы (0,32 т/га). Дыхание почвы измеряли с помощью системы WTW OxiTop (Вайльхайм, Германия), помещенной в инкубаторы при 20°C в соответствии со способом, описанным в работе Robertz et al. (1999) и Malkomes and Lemnitzer (2009).

В табл. 7 солома вызывала сильное дыхание почвы, в то время как ни пироуглерод (гранулированный или молотый), ни сажа не вызывали более высокого уровня выделения CO₂, чем неизменная почва. (Пироуглерод растирали вручную в ступке пестиком до тех пор, пока невооруженным глазом практически не было видно гранул). Тенденции различий в дыхании почвы между формами углерода или по сравнению с необработанной почвой никогда не были статистически значимыми (не показано).

Таблица 7

Дыхание почвы (выбросы CO₂) Лимбургерхоф, накопленной с течением времени при 20°C без или с добавлением соломы или источников углерода Пироуглерод и сажа; MW=среднее значение, n=4, ±SD=стандартное отклонение

Время инкубации [недель]	Почва без добавления С		Молотая солома (0,32 т С/га)		Гранулированный пироуглерод (2 т/га)		Молотый пироуглерод (2 т/га)		Сажа (2 т/га)	
	MW	±SD	MW	±SD	MW	±SD	WM	±SD	MW	±SD
1	0,7	0,2	19,1	0,7	1,0	0,2	1,0	0,2	0,8	0,2
2	1,5	0,3	26,3	0,8	1,6	0,4	1,9	0,4	1,7	0,3
3	2,4	0,3	29,5	0,8	2,5	0,5	2,8	0,4	2,6	0,3
4	3,1	0,4	31,7	0,8	3,1	0,4	3,4	0,4	3,3	0,4
5	3,7	0,4	33,4	0,8	3,8	0,4	4,1	0,5	4,0	0,4
6	4,3	0,4	34,7	0,8	4,2	0,6	4,6	0,6	4,5	0,5
7	4,9	0,5	35,0	0,3	4,8	0,6	5,3	0,6	5,2	0,5
8	5,5	0,5	35,4	0,2	5,3	0,6	5,8	0,7	5,8	0,6
9	6,0	0,5	35,7	0,2	5,8	0,6	6,3	0,7	6,3	0,6
10	6,4	0,6	36,4	0,2	6,3	0,6	6,7	0,8	6,8	0,6
11	7,0	0,6	36,9	0,2	6,7	0,6	7,2	0,8	7,3	0,7
12	7,4	0,6	37,2	0,3	7,1	0,6	7,6	0,8	7,7	0,7
13	7,8	0,6	37,5	0,4	7,5	0,6	7,9	0,8	8,1	0,7
14	8,4	0,6	37,5	0,7	8,5	0,6	9,0	0,8	8,7	0,7
15	8,9	0,6	38,6	0,9	8,9	0,6	9,4	0,9	9,2	0,7
16	9,4	0,6	39,6	1,0	9,4	0,6	9,9	0,9	9,6	0,8
17	9,9	0,6	40,5	1,1	9,8	0,6	10,3	0,9	10,1	0,7

3.4. Склонность к пылеобразованию.

Склонность к пылеобразованию измеряли с применением метода испытаний Хойбаха (DIN 55992). Сравнивали 100 г удобрения на основе мочевины в приллированном виде (современный уровень техники), гранулированный пироуглерод и сажу.

Таблица 8
Пылеобразование

	Пылеобразование (г)	Пыль (г) / 100 кг структурообразователя почвы
Удобрение на основе мочевины	0,0006	0,6
Гранулированный пироуглерод	0,0002	0,2
Сажа	0,01	10

В качестве контрольного образца служило хорошо известное пылеобразование приллированной мочевины. Как видно, по сравнению с мочевиной пироуглерод показал только около 30% пылеобразования, тогда как сажа продемонстрировала пылеобразование более чем в 15 раз больше, чем мочевина, согласно измерениям по методу теста Хойбаха.

3.5. Способность к водонакоплению.

500 г воздушно-сухой почвы Лимбургерхоф (состав: песок 73%, ил 24%, глина 3%, pH в CaCl₂ 6,8) увлажнили 110 мл деминерализованной воды и засыпали 16 т/га (7,07 г) пироуглерода или сажи в стакане с внутренним диаметром 7,5 см, работающем при 21-22°C и относительной влажности 40-50%. Каждую операцию обработки повторяли трижды.

Таблица 9
Количество испарения (в г/стакан, 44,1 см²), см. фиг. 3

	30,5 ч ±SD	47,5 ч ±SD	72 ч ±SD	95,5 ч ±SD	169 ч ±SD
Контрольный образец, почва без покрытия	11,76 ± 0,76	17,83 ± 1,04	26,77 ± 1,64	34,70 ± 2,08	60,59 ± 4,00
Почва с пироуглеродным покрытием	9,16 ± 0,66	14,02 ± 0,94	21,00 ± 1,50	27,23 ± 1,92	47,58 ± 3,56
Почва с покрытием из сажи	11,27 ± 0,64	17,23 ± 0,88	25,96 ± 1,37	33,69 ± 1,77	59,02 ± 3,84

Таблица 10
Скорость потери воды

	Скорость потери воды [мл/ч]	Усредненная потеря воды по сравнению с контрольным экспериментом без покрытия (установлена на 100 %).
Контрольный образец, почва без покрытия	8,60	100 %
Почва с пироуглеродным покрытием	6,76	79 %
Почва с покрытием из сажи	8,38	97 %

Из табл. 9 и 10 видно, что потери влаги в атмосферу можно уменьшить за счет покрытия верхнего слоя почвы пироуглеродом, что обеспечит высокое содержание влаги в почве, тогда как технический углерод существенно не снижает потери влаги. Следствием этого эффекта является более высокое содержание воды в почве из-за мульчирующего слоя пироуглерода, который затем доступен для большего роста растений.

3.6. Способность к водопоглощению.

Вначале образцы высушивали. Влажность воздуха постепенно увеличивали от 0 до 90% с шагом 10%, в то время как критерием для следующего этапа было колебание массы <0,05% за 45 мин.

Таблица 11
Водопоглощение

Образец	Водопоглощение [мас. %]	Начальное значение относительной влажности воздуха	Продолжительность	Конечное значение относительной влажности воздуха	Температура
Сажа	0,031%	0%	147ч	70%	25°C
Биоуголь 1	7,25%	0%	147ч	70%	25°C
Биоуголь 4	12,5%	0%	147ч	70%	25°C
Пироуглерод	0,0023%	0%	147ч	70%	25°C

В табл. 11 показано низкое водопоглощение сажи и пироуглерода по сравнению с биоуглем из-за малой площади поверхности и ее гидрофобности.

Ссылочные материалы.

Jung, J. (Юнг, Й.) (1967): Eine neue Vegetationshalle zur Durchführung von Gefäßversuchen (Новый растительный зал для проведения сосудистых испытаний). Z. Acker- u. Pflanzenb. 126, 293-297.

Malkomes, H.-P., Lemnitzer, B. (2009): "Vergleich der mittels URAS und OxiTop Control gemessenen Substrat-induzierten Kurzzeitatmung im Boden beim mikrobiologisch-ökotoxikologischen Monitoring von Pflanzenschutzmitteln. I. Einfluss eines Herbiziden Referenzmittels und eines Neutralsalzes" ("Сравнение кратковременного дыхания, вызванного субстратом, измеренного с помощью URAS и OxiTop Control, в почве при микробиологико-экоотоксикологическом мониторинге средств защиты растений. I. Влияние гербицидного базового средства и нейтральной соли"), Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst (Информационный бюллетень Немецкой службы защиты растений), 60, 104-112.

Robertz, M., Muckenheim (Робертц, М., Мукенхайм), Th., Eckl, S., Webb, L. (1999): "Kostengünstige Labormethode zur Bestimmung der mikrobiellen Bodenatmung nach DIN 19737" ("Экономичный лабораторный метод определения микробиологического почвенного дыхания в соответствии с DIN 19737"), Wasser & Boden (Вода и Почва), 51/5, 48-53.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Субстрат для оструктуривания почвы, содержащий гранулированный пироуглерод с плотностью 1,6-2,3 г/см³, удельной площадью поверхности 0,001-5 м²/г, измеряемой методом ртутной порометрии, размером частиц от 0,3 мм для d10 до 8 мм для d90 и содержанием углерода 95-100 мас. %.

2. Субстрат для оструктуривания почвы по п.1, отличающийся тем, что гранулированный пироуглерод имеет плотность 1,8-2,2 г/см³.

3. Субстрат для оструктуривания почвы по п.1 или 2, отличающийся тем, что гранулированный пироуглерод имеет удельную площадь поверхности в диапазоне 0,01-2 м²/г, измеряемую методом ртутной порометрии.

4. Субстрат для оструктуривания почвы по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что гранулированный пироуглерод имеет объемную плотность 0,5-1,5 г/см³.

5. Субстрат для оструктуривания почвы по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что фракция частиц размером менее 5 мкм составляет не более 10 мас.ч./млн.

6. Субстрат для оструктуривания почвы по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что гранулированный пироуглерод представляет собой гидрофобный материал с краевым углом смачивания капель воды более 70.

7. Субстрат для оструктуривания почвы по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что субстрат выступает в качестве подложки для различных органических или неорганических добавок, например, для агрохимически активного вещества из группы фунгицидов, бактерицидов, гербицидов и/или регуляторов роста растений.

8. Субстрат для оструктуривания почвы по любому из пп.1-7, содержащий мульчу семян.

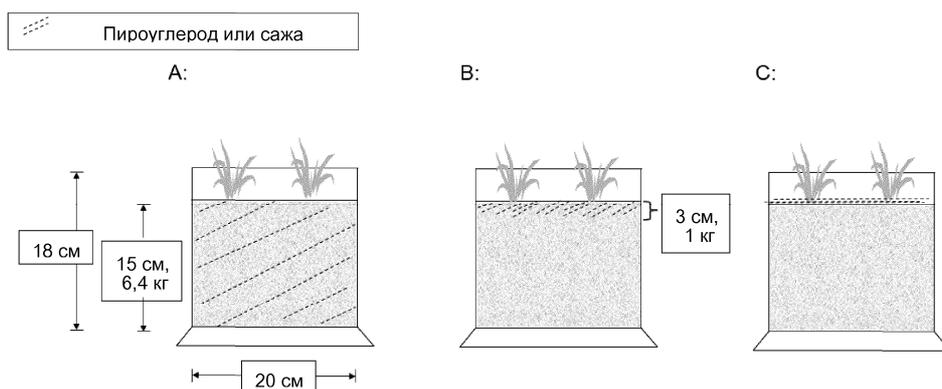
9. Способ стимулирования роста растений на сельскохозяйственных полях, включающий нанесение гранулированного пироуглерода с плотностью 1,6-2,3 г/см³, удельной площадью поверхности 0,001-5 м²/г, измеряемой методом ртутной порометрии, размером частиц 0,3 мм-8 мм и содержанием углерода 95-100 мас. % на сельскохозяйственные поля.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что гранулированный пироуглерод разбрасывают по сельскохозяйственным полям в количестве в диапазоне 0,5-500 т/га.

11. Способ по п.9 или 10, отличающийся тем, что исходная толщина слоя гранулированного пироуглерода на сельскохозяйственных полях находится в диапазоне 1-50 мм.

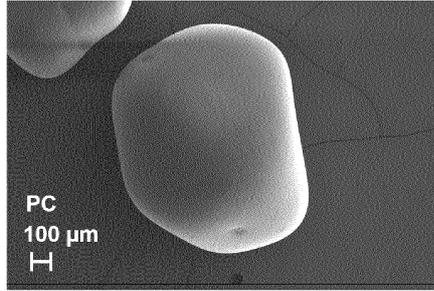
12. Применение гранулированного пироуглерода, содержащего гранулированный пироуглерод с плотностью 1,6-2,3 г/см³, удельной площадью поверхности 0,001-5 м²/г, измеряемой методом ртутной порометрии, размером частиц от 0,3 мм для d10 до 8 мм для d90 и содержанием углерода 95-100 мас. %, в качестве структурообразователя почвы для сельскохозяйственных полей и/или садоводства.

13. Применение по п.12, отличающееся тем, что гранулированный пироуглерод используют в качестве структурообразователя почвы в дополнение к мульче семян.

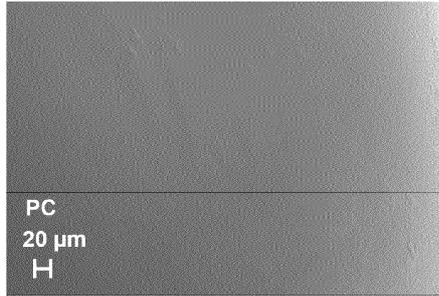


Фиг. 1

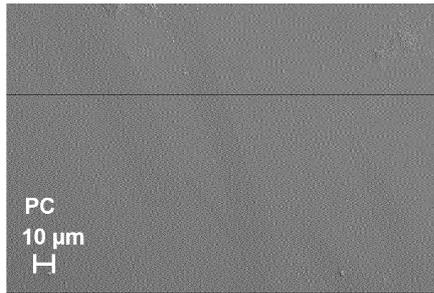
044886



Увеличение = 50 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 19,0 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 2,62e-006 мбар

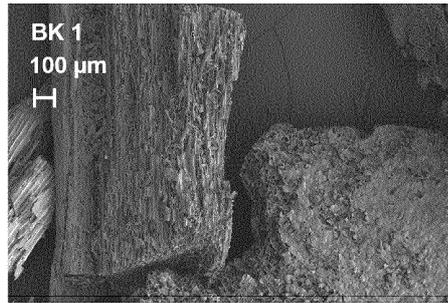


Увеличение = 200 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 11,2 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 3,10e-006 мбар

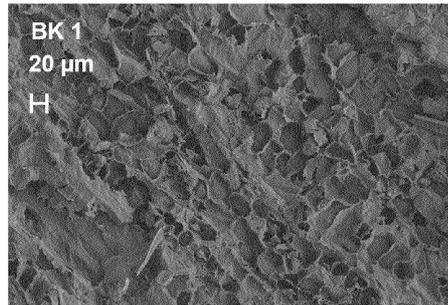


Увеличение = 500 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 11,3 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 2,92e-006 мбар

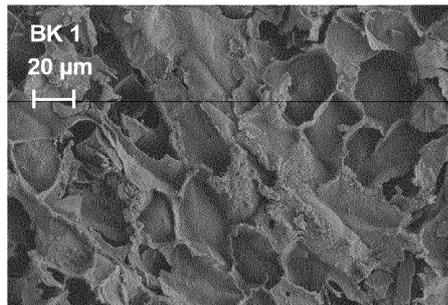
Фиг. 2а



Увеличение = 50 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 18,5 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 1,96e-006 мбар

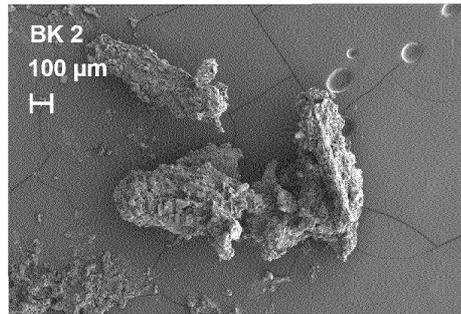


Увеличение = 200 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 11,5 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 4,03e-006 мбар

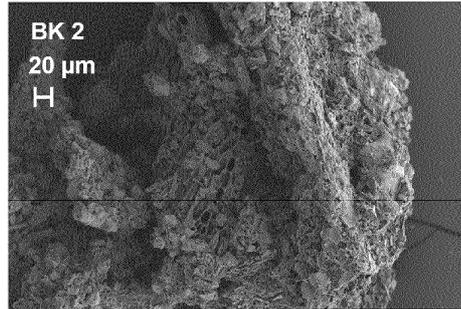


Увеличение = 500 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 11,5 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 3,47e-006 мбар

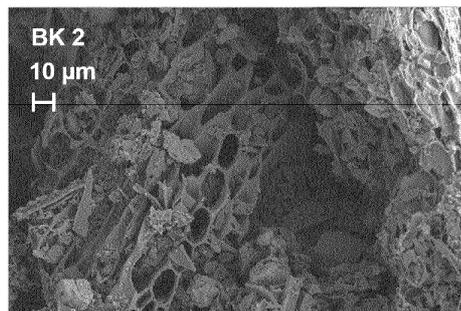
Фиг. 2b



Увеличение = 50 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 19,1 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 2,18e-006 мбар

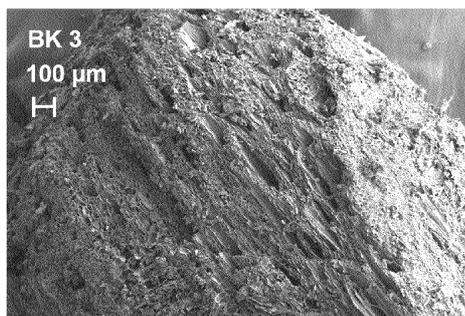


Увеличение = 200 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 10,5 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 2,33e-006 мбар

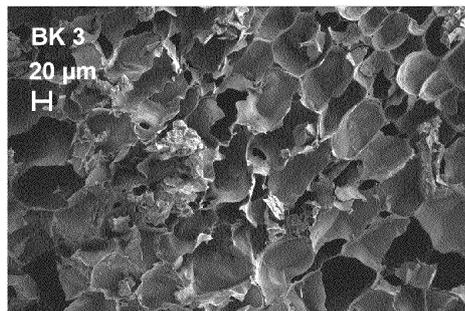


Увеличение = 500 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 10,5 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 2,27e-006 мбар

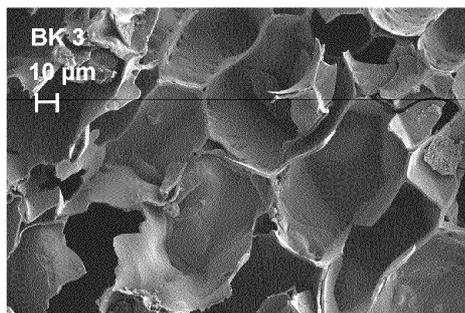
Фиг. 2с



Увеличение = 50 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 18,9 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 1,83e-006 мбар

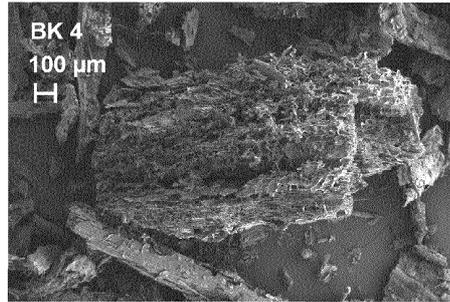


Увеличение = 200 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 17,6 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 1,91e-006 мбар

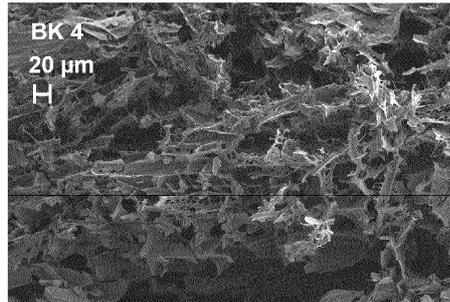


Увеличение = 500 X Сигнал A = SE2
Рабочий отрезок = 17,6 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
Вакуумная камера = 1,89e-006 мбар

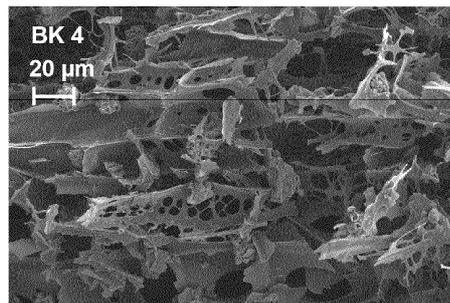
Фиг. 2d



Увеличение = 50 X Сигнал A = SE2
 Рабочий отрезок = 19,6 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
 Вакуумная камера = 1,76e-006 мбар

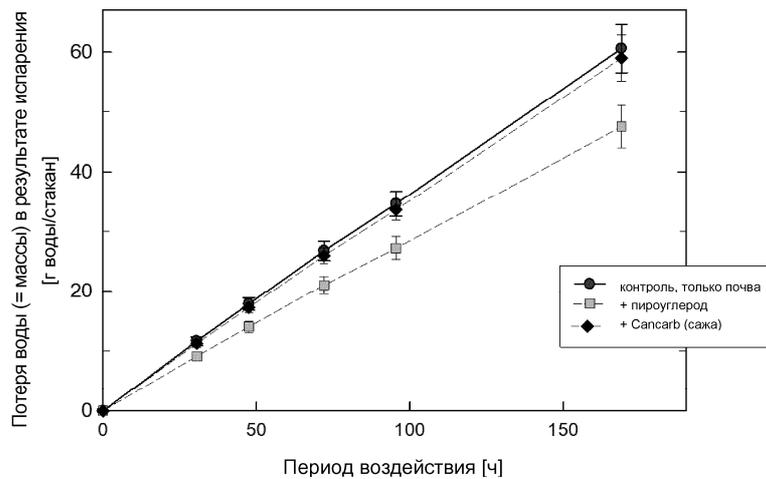


Увеличение = 200 X Сигнал A = SE2
 Рабочий отрезок = 19,5 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
 Вакуумная камера = 1,79e-006 мбар



Увеличение = 500 X Сигнал A = SE2
 Рабочий отрезок = 19,6 мм Высокое напряжение = 5,00Кв
 Вакуумная камера = 1,78e-006 мбар

Фиг. 2е



Фиг. 3